

Résumé

Au cours des temps Néogène et Quaternaire les domaines du Moyen Atlas et de l'Anti Atlas ont été le siège d'une importante activité volcanique alcaline.

La province volcanique du Moyen Atlas est la plus vaste et la plus jeune du Maroc, elle comporte une centaine de pointements volcaniques, pour la plupart de petite taille représentée par des cônes stromboliens et des maars. Les produits volcaniques émis par ces édifices sont pour l'essentiel des volcanoclastites et des coulées de laves représentées par des basaltes alcalins, des basanites auxquelles sont associés des néphélinites et des basaltes sub-alcalins.

Le Massif de Saghro est un des deux grands appareils volcaniques alcalins récents de l'Anti-Atlas, il s'est développé dans un contexte distensif local mais compressif au niveau régional, très certainement lié au système de failles E-W de la marge sud du Haut Atlas. Les laves émises sont des Néphélinites à olivine, des Téphrites, des phonolites et des Basanites.

Mots-clés : Volcanisme, Quaternaire – Néogène – Moyen Atlas – Anti Atlas et Massif de Saghro.

Remerciement

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos sincères remerciements aux personnes qui avaient main à contribuer à son aboutissement.

Nos remerciements s'adressent d'abord à Monsieur **Mustapha IJAALI**, Doyen de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

Nous sommes profondément reconnaissant à **Mr. Rachid ZAHOUR** pour son encadrement efficace et généraux, qui nous a vraiment aidé à achever ce travail dès le début jusqu'à la fin avec patience et disponibilité, ainsi pour la confiance qu'il nous a accordé. Qu'il trouve ici le témoignage de notre respect.

Nos remerciements vont également à **Mr. Driss EL AZZAB** et **Mr. Abdelali CHAOUNI**, Qu'ils trouvent ici l'expression de notre gratitude pour avoir accepté de juger ce travail.

Nos remerciements sont aussi adressés au chef de département de l'environnement **Mr. Abdelali CHAOUNI**, et aussi à notre coordonnateur de la filière **Mr. Raouf JABRANE**, et les autres enseignants du département de l'environnement.

Nous remercions aussi nos familles qui nous ont aidé à poursuivre nos études jusqu'à aujourd'hui.

Sommaire

Remerciement.....	
Sommaire.....	
Liste des figures	
Liste des tableaux	

Chapitre I : Introduction générale

I. Introduction.....	8
II. Généralités sur le volcanisme.....	9
1. Définition.....	9
2. Classification des volcans	9
a/ Volcans type explosifs	10
b/Volcans type extrusifs.....	11
c/Volcans type effusifs.....	11
d/Volcans type mixtes.....	11
3. Répartition des volcans	11
3.1. Volcanisme des limites des plaques.....	11
a/ Volcanismes des dorsales	11
b/ Volcanisme lié aux zones de subduction.....	12
3.2. Volcanisme intra-plaque et points chauds.....	13
a/Volcanisme intra-plaque continentale.....	13
b/Volcanisme intra-plaque océanique.....	13
III. Cadre géologique.....	13
1. Moyen Atlas.....	14
1.1.Cadre géologique.....	14
2. L'Anti Atlas(Massif de Saghro)	15
2.1.Cadre géologique.....	15
IV. But de l'étude.....	16

CHAPITRE II : Etude de cas

I. Le volcanisme récent de l'Anti Atlas.....	18
1. Ages du volcanisme.....	18
2. Pétrographie	19
a. Néphélinites.....	19
b. Basanites.....	20
c. Téphirites.....	20
d. Phonolites.....	21
3.Mode de gisement du volcanisme.....	21
3.1. Définition des dômes volcaniques.....	21
II. Volcanisme récent du Moyen Atlas.....	22
1. Ages du volcanisme.....	23
2. Pétrographie.....	24
a. Les basaltes.....	24
b. Les basanites	25

c. Les néphélinites.....	26
3. Mode de gisement du volcanisme.....	26
3.1 Définition des maars et des cônes.....	27
a. Les maars.....	27
b. Les cônes	28
3.2. Exemples de maars et de cônes dans le Moyen Atlas	29
III. Etude comparative.....	31
Bibliographie.....	33

Liste des figures :

<i>Figure 1 :Morphologie et structure interne d'un volcan et de ses diverses manifestations externes.....</i>	<i>9</i>
<i>Figure2 :Les types d'activités volcaniques</i>	<i>10</i>
<i>Figure 3: Carte terrestre indiquant les limites entre les principales plaques tectoniques et la position des principaux volcans actifs.....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 4: Carte des principaux domaines structuraux du Maroc</i>	<i>13</i>
<i>Figure 5: Carte géologique simplifiée du Moyen Atlas</i>	<i>14</i>
<i>Figure 6 : Carte géologique du Jbel Saghro</i>	<i>16</i>
<i>Figure 7 : Carte géologique montrant le volcanisme récent du Jbel Saghro</i>	<i>19</i>
<i>Figure 8 :Vue microscopique des Néphélinites de Saghro .(A) :Néphélinites miocène.(B) :Néphélinites pléocène</i>	<i>20</i>
<i>Figure 9 :(C,D) Vue microscopique des basanites de Saghro</i>	<i>20</i>
<i>Figure 10 : Vue microscopique. (E) :Téphrites et (F) : Phonolites</i>	<i>21</i>
<i>Figure 11: Quelques aspects du volcanisme récent de Saghro</i>	<i>22</i>
<i>Figure 12 : Carte géologique simplifiée du Moyen Atlas.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure 13 : Vue macroscopique du basalte vacuolaire de Jbel Hebri.....</i>	<i>24</i>
<i>Figure 14 : Vue macroscopique du basalte massif de Jbel Hebri.....</i>	<i>25</i>
<i>Figure 15 :Aspect macroscopique et microscopique xénolites dans des Basaltes du Moyen Atlas.....</i>	<i>25</i>
<i>Figure 16 :Aspect microscopique des basanites de Timahdite.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 17 : Aspect macroscopique d'une néphélinite.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 18 :Carte pétrologique des différentes unités volcaniques du Moyen Atlas</i>	<i>27</i>

<i>Figure 19 : Dessin schématique de structure interne d'un maar de ses diverses manifestations externes</i>	<i>28</i>
<i>Figure 20 : Coupe schématique d'un cône volcanique</i>	<i>29</i>
<i>Figure 21 : Volcan strombolien de Jbel Hebri.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 22 : Maars de Jbel Hebri.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure 23 : Carte géologique du volcan de Timahdite</i>	<i>31</i>

Liste des tableaux :

<i>Tableau 1 : Tableau comparative des deux zones étudiées.....</i>	<i>32</i>
---	-----------

Chapitre I : Introduction générale

I. Introduction

Le volcanisme est l'ensemble des phénomènes de l'activité interne du globe qui permettent l'épanchement en surface, à l'état de laves, du magma terrestre, par l'intermédiaire des édifices appelés couramment volcans. Ces derniers représentent l'expression en surface des magmas ayant été formée en profondeur suite à une fusion partielle des roches d'origine mantellique ou crustale. La majorité des volcans se manifestent aux frontières convergentes (marges actives type chaîne des Andes, arcs insulaires type Japon) et divergentes (dorsales océanique). Les autres types d'activités volcaniques se localisent au niveau des rifts continentaux (type Rift africain) et des points chauds (type Hot Spot des îles d'Hawaii).

L'activité volcanique est l'une des sources potentielles de matière première et d'énergie. En effet, certains pays, où le sous-sol est pratiquement volcanique, comme l'Islande par exemple, exploitent la chaleur interne de la terre pour produire de l'énergie. En plus, de nombreux volcans, éteints ou en activités, encaissent des minéralisations comme le soufre, le cuivre, l'argent, le diamant...etc. Il faut signaler aussi que les roches volcaniques sont largement exploitées pour produire des matériaux de constructions comme les granulats et la pierre taillée pour le revêtement et la décoration des sols et des murs dans les constructions.

Par ailleurs, les volcans sont considérés comme des véritables catastrophes naturelles comme en témoigne Vésuve, l'un des volcans en Italie, qui est entré en activité en l'an 79, et a arasé la ville entière de Pompeii et ses milliers d'habitants.

Le Maroc compte de nombreux volcans qui ne sont toutefois plus en activité. L'histoire des volcans au Maroc remonte à l'époque néoproterozoïque inférieur pendant laquelle l'océanisation ayant affecté le domaine cratonique a conduit à la formation d'une croûte océanique avec des pillow lavas basaltiques actuellement spilitisées et sont associés à d'autres roches basiques et ultrabasiques des séquences ophiolitiques de Bou Azzer (788 ± 8 Ma) et de Khzama. Le volcanisme récent est également présent, il est de nature alcalin, dont d'âge varie généralement du Néogène (Miocène moyen-supérieur (15 à 6Ma)) au Quaternaire (1,8 - 0,5Ma). Il affleure aussi bien dans l'Anti-Atlas (Saghro, Sirowa) que dans le Moyen Atlas et la Meseta (Maroc central, Maroc oriental). Les volcans néogènes de Sirowa (11 à 3Ma) sont formés de trachytes et de phonolites). Leurs équivalents à Saghro (10 à 2,8Ma) sont constitués de phonolites, tephrites et néphélinites). Ceux du Maroc oriental Moulouya, Oujda...) sont datés entre 5,6 et 1,5Ma et sont constitués de basaltes, Hawaiïtes et basanites. Le volcanisme quaternaire du Maroc central (centré surtout entre les villages d'Aguelmous et Oulmès notamment à Ain Atlas, AssifTamerçit, Oued Boulahmayl). Il est formé de roches de

composition très variée: basaltes, phonolites, tephrites, néphélinites, basanites). Son équivalent de la province magmatique du Moyen Atlas est composé de basaltes, basanites et néphélinites (Azrou, Timahdite...).

II. Généralités sur le volcanisme

1. Définition

Les volcans sont des orifices ou des fissures dans la croûte où s'échappe le magma sous forme de laves, de gaz et de projections. Souvent, les produits volcaniques édifient un appareil sous d'une montagne conique (Fig. 1) creusée en son sommet d'une vaste dépression appelée cratère qui reste relié à la chambre magmatique par la cheminée volcanique. Mais d'une façon générale la forme de l'appareil volcanique dépend de la nature des produits émis.

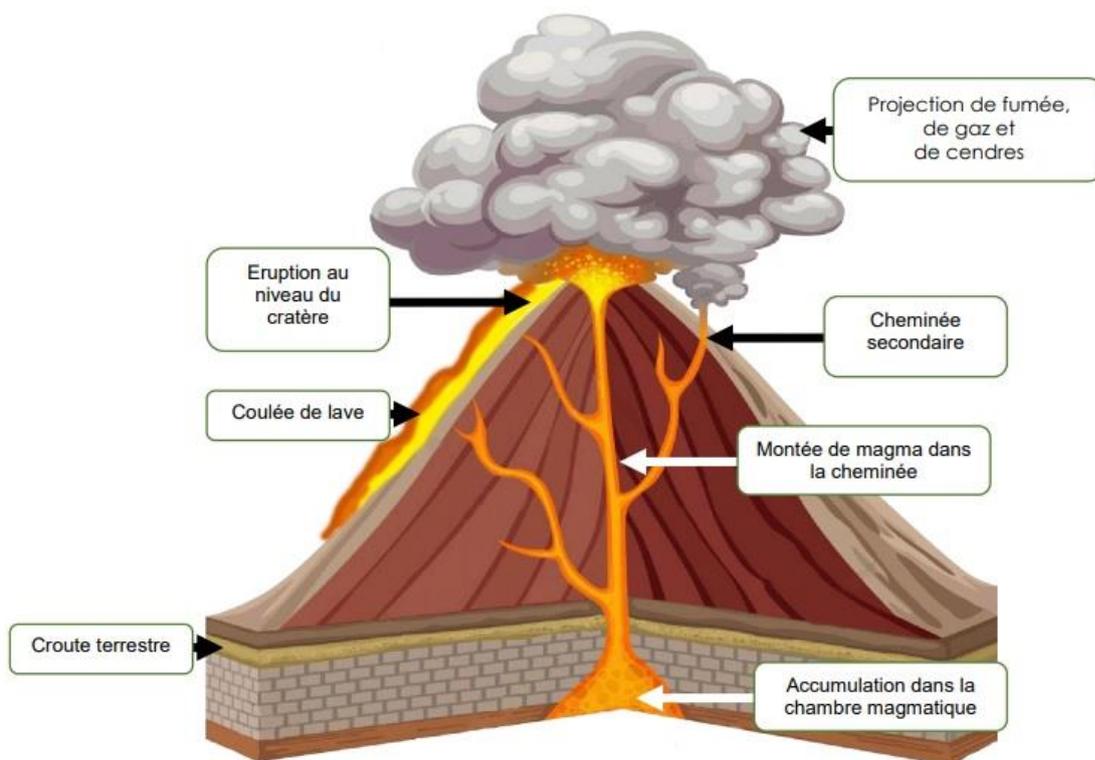


Figure 1: Morphologie et structure interne d'un volcan et de ses diverses manifestations externes

2. Classification des volcans

La forme des volcans et le type d'éruption volcanique dépendent de la nature des produits émis qui sont aux nombres de trois : Les gaz, les retombées (projections) et les laves (Fig. 2). En fonction de ces produits, les volcans peuvent être classés en quatre types :

a. volcans type explosifs (vulcanien)

Le terme de Vulcanien vient du nom Vulcano (île de Lipari en Italie). L'éruption de 1888/1890 a servi de prototype. L'activité volcanique est caractérisée par des violentes explosions avec des expulsions de gaz, de projections de cendres volcaniques, de projections de laves et de projections de bombes.

Les laves sont ordinairement acides, donc visqueuses et peu mobiles; il est fréquent qu'après solidification, il se forme dans le cratère une croûte sous laquelle s'accumulent des gaz qui ne trouvent pas d'issue. La pression de ces gaz augmente, il se produit finalement une explosion violente qui déclenche une éruption.

Au début de l'éruption, on observe des émanations abondantes de gaz mélangés à des cendres volcaniques. Des fumées de gaz sombres ou de nuages de vapeur incandescente s'élèvent à plusieurs kilomètres. Pendant l'éruption, les flancs du volcan et les régions voisines se couvrent d'une couche épaisse de cendres, de lapilli et de bombes volcaniques. Après solidification, les versants du volcan seront constitués de projections surtout des tufs volcaniques.

On classe dans ce type d'éruptions les volcans européens connus particulièrement en Italie comme **Etna**, **Vésuve** et **Vulcano**.

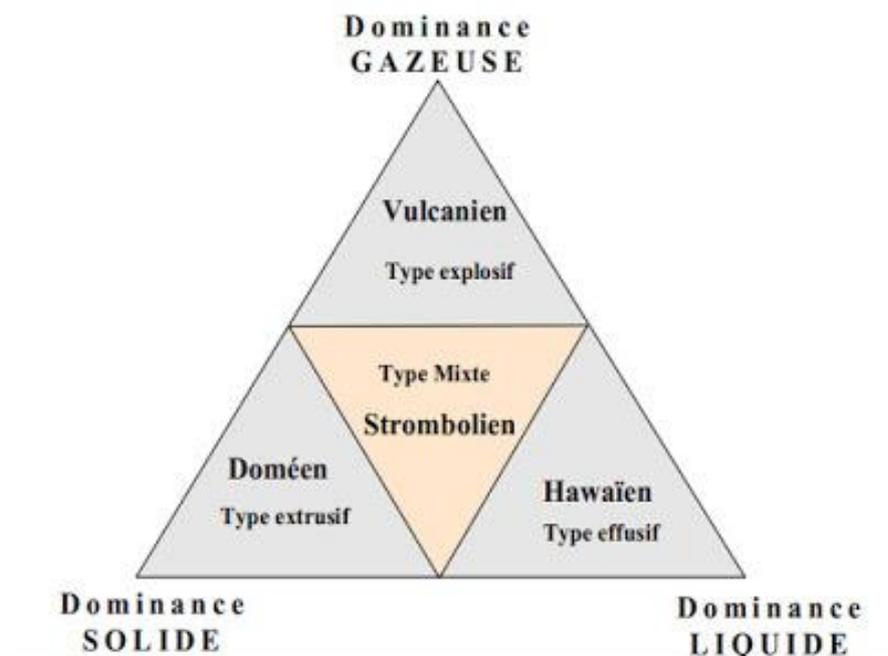


Figure 2 : Les types d'activités volcaniques (d'après Gèze, 1964).

b. volcans type extrusif (Peléen)

Le type péleén dérive de la Montagne Pelée en Martinique dont l'éruption de mai 1902 a détruit la ville de Saint-Pierre. Les laves sont acides et donc visqueuse. Elles se solidifient à proximité du point d'émission en édifiant des protrusions sous forme de dômes et d'aiguilles.

c. volcans type effusif(Hawaiien)

C'est le modèle des volcans des îles Hawaii au pacifique. Il est caractérisé par l'émission de lave partiellement liquide ($T=1200^{\circ}\text{C}$) qui s'écoule en majeure partie à la surface du volcan. Ce type a principalement lieu sur des volcans dits « rouges », comme ceux observés au niveau des points chauds, par exemple à Hawaï. La lave émise dans ces conditions est principalement de nature basaltique, mais elle peut aussi être andésitique ou dacitique. Elle est par ailleurs pauvre en silice, ce qui explique également sa faible viscosité.

d.volcans types mixtes(Strombolien)

Le volcanisme strombolien doit son nom au Stromboli, l'un des volcans de l'île de Lipari en Italie. Le volcan projette de temps en temps un jet de gaz, de laves et de projections qui retombent soit dans le cratère soit sur son flanc. Ce sont des volcans classiques avec un cône formé de projections et de coulées.

3. Répartition des volcans

Actuellement, on connaît plus de 1670 volcans actifs émergés sont recensés à travers le monde. Il y a cependant beaucoup plus de volcans éteints. Plus que 60 % des volcans se répartissent le long des côtes de l'océan pacifique (Japon, Philippines, Nouvelle Zélande, côte ouest du continent Américain...). C'est ce qu'on appelle le cercle de feu du Pacifique.

L'activité volcanique est manifestement liée aux mouvements des plaques lithosphériques. La répartition géographique (Fig. 3) des volcans permet de répertorier des volcans inter-plaques (volcans localisés aux limites et frontières des plaques) et des volcans intra-plaques (volcans localisés à l'intérieur des plaques).

3.1. Volcanisme des limites de plaques

a. Le volcanisme des dorsales

Les dorsales médio-océaniques constituent des chaînes volcaniques quasi-continues de 60 000 km de long, émergeant parfois (Islande). Elles sont le siège d'une importante anomalie thermique positive liée à une remontée de l'asthénosphère, probablement due à l'effet de courants de convection affectant le manteau. Dans ces lieux de distension favorables à la mise

en place de volcans, 2000 Km³ de magmas s'y épanchent chaque année, créant de la croûte océanique nouvelle. L'ouverture océanique est initialisée par un bombement, suivit par la formation d'un rift qui évolue vers la fin en océan. Il faut noter que certains rifts avortent alors que d'autres continuent à s'ouvrir parfois jusqu'au stade océan. Alors que la mer rouge atteint le stade océan, le rift Est-Africain demeure pour l'instant un stade intermédiaire. Si l'évolution continue, la croûte continentale de plus en plus amincie se fracture complètement et fait place à une croûte océanique.

Le plancher des océans étant constitué des basaltes tholéïitiques. La croûte océanique peut soit plonger sous la croûte continentale au niveau des zones de subduction, soit la chevaucher au niveau des zones d'obduction.

b. Volcanisme lié aux zones de subduction

Le volcanisme des zones de subduction provient de la fusion des roches du manteau supérieur sous l'action de la fusion de la plaque océanique plongeante ou encore sous l'action de l'eau chaude issue de sa déshydratation à haute profondeur. C'est le cas des volcans de la chaîne des Andes en Amérique de Sud (Chili, Colombie, Ecuador, Mexique...). Les volcans de cette chaîne résultent de la subduction de la plaque pacifique à l'Ouest sous la plaque américaine à l'Est. Comme exemple de volcans, on peut citer Le Fuego (Guatemala) et Sangans (Ecuador).

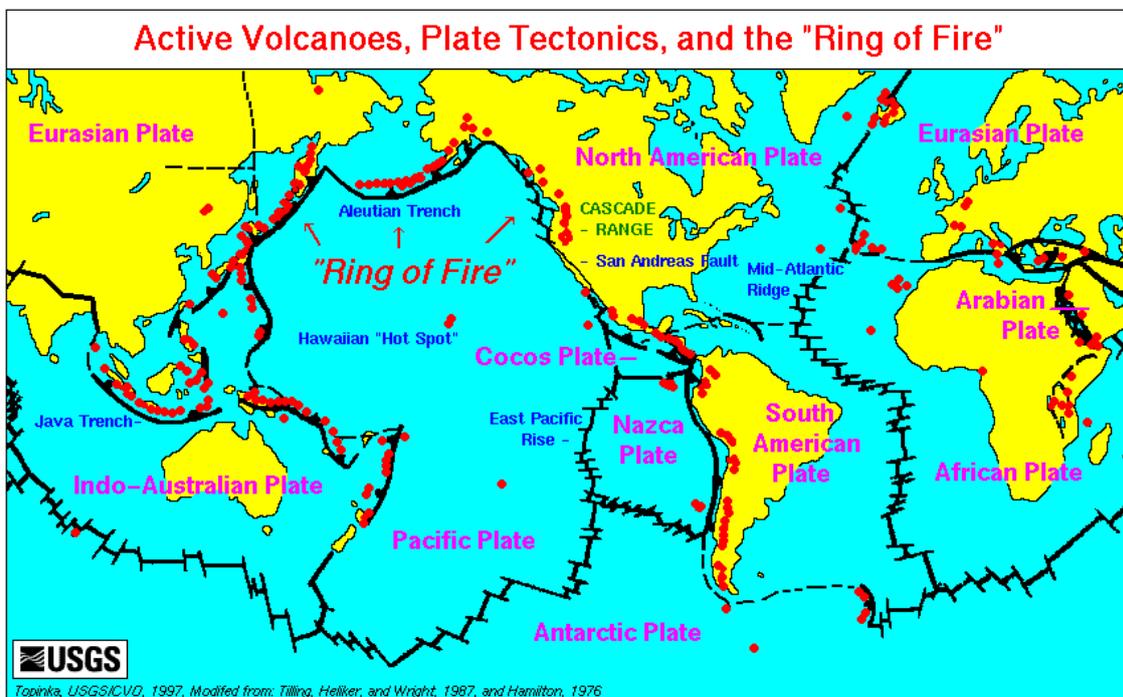


Figure 3 : Carte terrestre indiquant les limites entre les principales plaques tectoniques et la position des principaux volcans actifs.

3.2 Volcanisme intra-plaque et points chauds

Ce sont des volcans qui prennent naissance à l'intérieur d'une plaque océanique ou continentale. Ces volcans sont liés à des points chauds (hot spot), de 100km en moyenne de diamètre, relativement fixe par rapport aux plaques mobiles.

a. Volcanisme intra-plaque continentale

Il s'agit des volcans des rifts continentaux. Ces derniers se forment suite à une distension progressive qui affecte la lithosphère continentale.

b. Volcanisme intra-plaque océanique

C'est le cas des volcans des îles océaniques comme l'île Hawaii au Pacifique, les îles de Canari et de Cap vert en Atlantique.

III. Cadre géologique

L'histoire géologique du Maroc est marquée par les cycles orogéniques précambriens, hercynien et atlasique dont la succession est responsable du façonnement actuel du sous-sol marocain et de sa configuration structurale. En se basant sur des critères stratigraphiques et structuraux, le Maroc a été subdivisé en quatre domaines d'importances inégales (Piqué et al., 1994). Toutes les époques géologiques y sont représentées, depuis les terrains récents du domaine rifain au Nord, en passant par les terrains de la chaîne hercynienne et atlasique jusqu'aux formations précambriennes anciennes de la chaîne Anti-Atlasique (Fig 4).

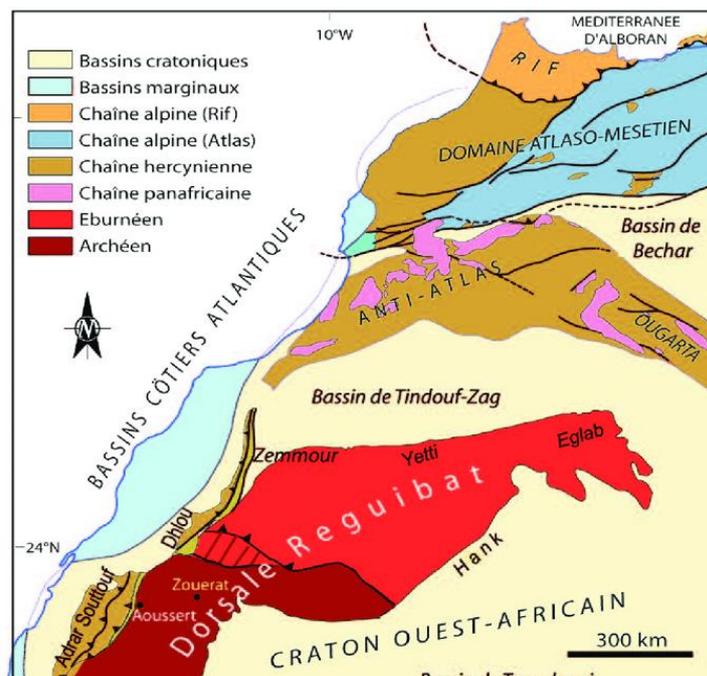


Figure 4 : Carte des principaux domaines structuraux du Maroc (Michard et al. 2010).

1. Moyen Atlas

1.1 Cadre géologique

A l'instar des chaînes atlasiques, le Moyen Atlas s'est édifié à la suite de la compression oligocène induite par la convergence Europe-Afrique. Il est limité au Nord par la plaine de Saïs et le front de la nappe rifaine, au Nord-Est par le bassin de Guercif, à l'Est et au Sud-Est par la dépression de la Moulouya et à l'Ouest par le Maroc central. Cette chaîne est constituée d'un socle de nature continentale, structuré durant l'orogénèse hercynienne et qui n'affleure qu'à la faveur de quelques boutonnières (Michard, 1976) et une couverture formée essentiellement de dépôts carbonatés d'âge Jurassique.

Bordé au Sud par l'accident Sud moyen-atlasique (ASMA), le Moyen Atlas est subdivisé en deux domaines structuraux de part et d'autre de l'accident Nord-Moyen-Atlasique (ANMA) (Choubert, 1956) : (1) au Nord-Ouest, le Causse moyen atlasique, formé d'un ensemble de plateaux carbonatés du Lias inférieur à moyen et structuré en blocs basculés et (2) au Sud-Est, le Moyen Atlas plissé organisé en rides anticlinales à ossature liasique qui séparent de larges dépressions synclinales.

Le Causse Moyen Atlasique est parsemé de nombreux appareils volcaniques d'âge tertiaire et quaternaire. Ces derniers constituent l'objet cette étude (Fig 5).

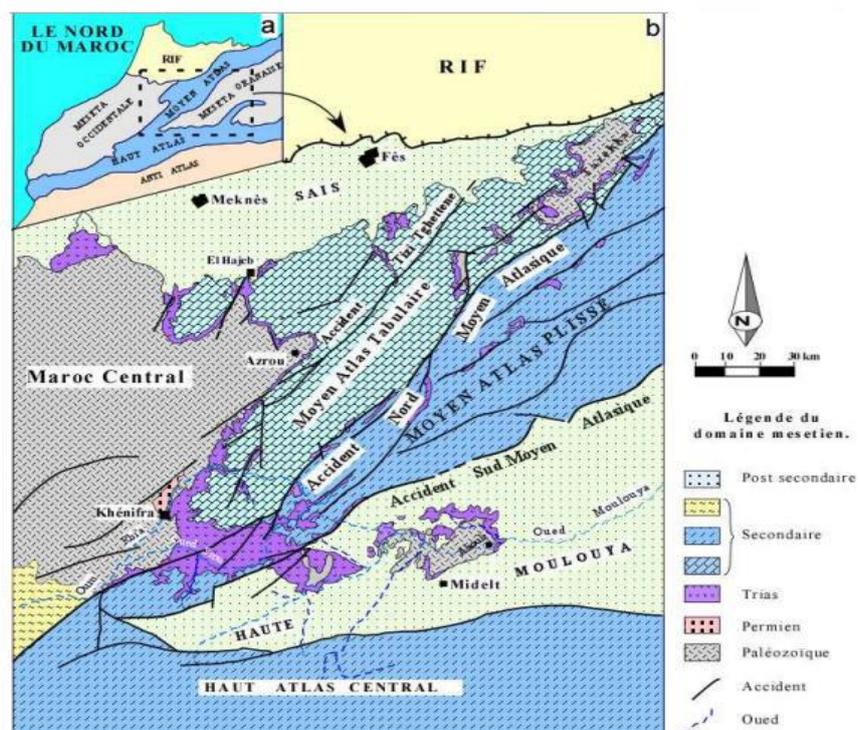


Figure 5: Carte géologique simplifiée du Moyen Atlas (Michard, 1976).

2. L'Anti-Atlas (Massif de Saghro)

2.1. Cadre géologique

L'Anti-Atlas, forme la chaîne montagneuse la plus méridionale du Maroc, orientée suivant une direction WSW-ENE. Il s'étend du pied du Haut-Atlas au Nord, aux premières falaises des Hamadas du Dra au Sud, ce domaine est limité à l'Est par les Hamadas du Guir et de Kem-Kem, et à l'Ouest par l'océan Atlantique. L'Anti-Atlas comprend trois unités géographiques (Choubert, 1963; Leblanc, 1975) : une partie occidentale s'étalant de l'Atlantique jusqu'au piedmont du Massif de Siroua formé par les massifs de Bas-Draa, Ifni et du Kerdous, une partie centrale correspondant aux massifs de Siroua et de Bou-Azzer, et enfin une partie orientale regroupant le massif de Saghro et de l'Ougnat. La séparation de ces différents domaines de la chaîne est soulignée par l'accident majeur de l'Anti-Atlas. Ce dernier correspond à un accident de direction moyenne WNW-ESE et continu sur près de 6000 km jusqu'au Kenya, via le Hoggar où il est connu sous le nom de linéament de Tibesti (Guiraud et al., 2000). Au Nord l'Anti-Atlas est limité par une zone faillée majeure appelée faille Sud Atlasique qui s'étend depuis la Tunisie jusqu'aux Iles Canaries (Gasquet, 1991). Les boutonnières de la chaîne anti-atlasique sont principalement constituées de terrains précambriens recouverts par des séries Adoudouniennes et paléozoïques.

Le massif de Saghro est situé dans la partie orientale de l'Anti-Atlas. C'est un puissant bombement qui s'élève à plus de 2000m d'altitude. Il est allongé selon une direction générale ENE-WSW, et il est limité au Nord par les vallées de Dadès et du Toudgha, est formé par un socle d'âge Précambrien II constituant le groupe de Saghro représenté par des dépôts détritiques et volcano-détritiques ainsi que des turbidites dont l'ensemble est intrudé par des granitoïdes (Thomas et al., 2004) ces formations sont déformées par l'orogénèse panafricaine à l'Est par l'Ougnat et le Tafilalet au Sud par le Jbel Bani et à l'Ouest par la vallée de Darâa. Il est. Le socle Précambrien II est recouvert par une couverture formée de roches volcaniques, volcanoclastiques et filoniennes qui occupent une large partie dans le massif de Saghro, ces roches sont attribuées à l'Ediacarien.

Le massif de Saghro est séparé du Haut-Atlas par le bassin d'Ouarzazate qui est comblé de sédiments d'âge Crétacé à Tertiaire. La série sédimentaire est d'abord marine, elle devient continentale à partir du Lutétien moyen à supérieur. Le bassin de sédimentation, d'abord réduit le long du Haut-Atlas, devient plus vaste à la fin de l'Oligocène et s'étend progressivement vers le sud au Néogène. Il a alors recouvert tout ou partie du massif du Saghro réduit à une simple ondulation. C'est vers la fin de la période de comblement du bassin d'Ouarzazate que s'amorce la surrection du massif. Le volcanisme se serait manifesté dès le

début de cette déformation. Les laves récentes se trouvent dans la partie orientale du Jbel Saghro et les masses principales situées pour l'essentiel au sud du massif granitique de Bou Gafer constituent les hauts reliefs de ces montagnes (Fig. 6). Des appareils volcaniques et des coulées se rencontrent autour de cette masse principale.

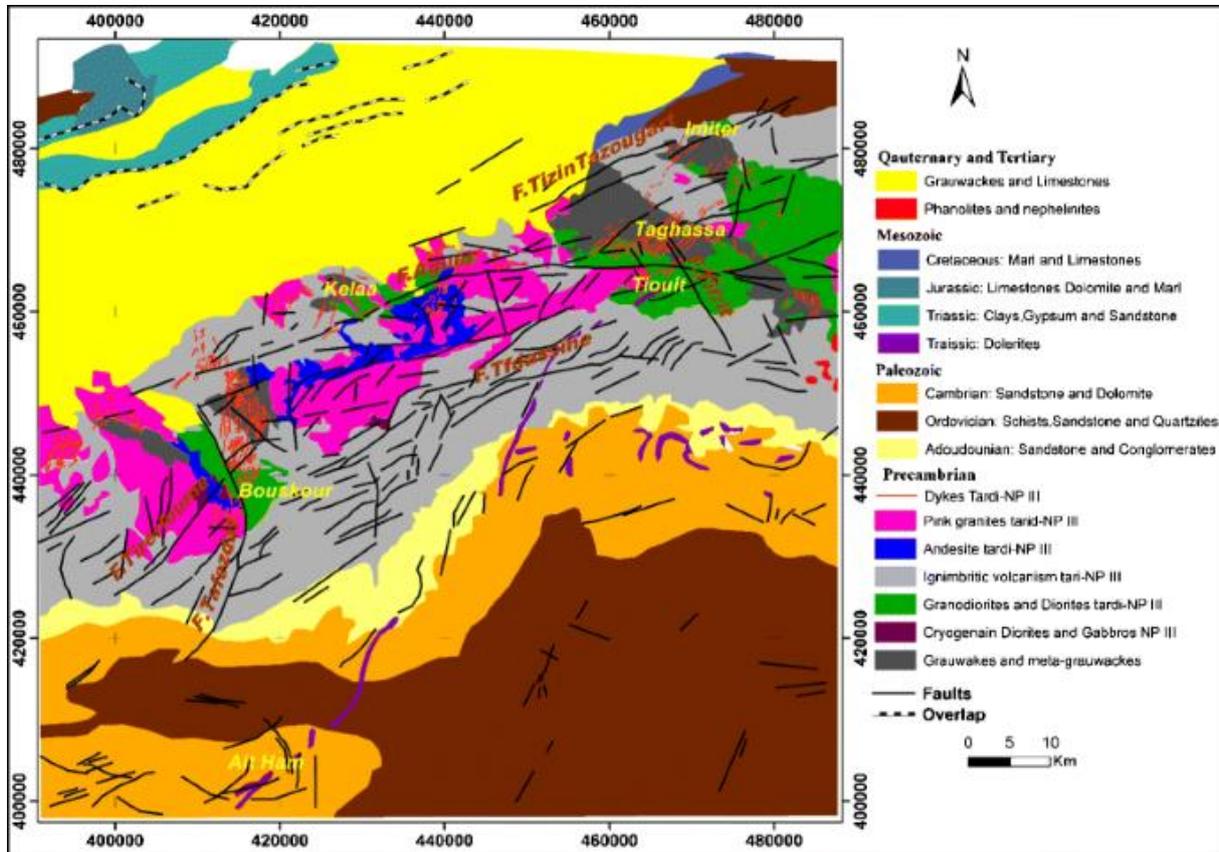


Figure 6: Carte géologique du Jbel Saghro, d'après Hindermeyer et al. (1977).

IV. But de l'étude

Le travail présenté dans ce mémoire représente une recherche bibliographique sur le volcanisme alcalin néogène et quaternaire qui affleure aussi bien dans l'Anti-Atlas (Saghro, Siroua) que dans le Moyen Atlas. Ce travail consiste à faire une étude pétrographique et de préciser le mode de gisement de chaque province.

Chapitre II : Etude de cas

I. Le volcanisme récent de l'Anti-Atlas

Le domaine de l'Anti-Atlas est caractérisée par le développement d'un volcanisme alcalin d'âge cénozoïque, en relation avec une tectonique d'extension au Sud du front de compression atlasique (Berrahma et al., 1993) ou, selon d'autres auteurs, avec un dôme asthénosphérique sous l'Atlas (Missenard, 2006). Les deux appareils volcaniques principaux sont le stratovolcan de Siroua et celui du Jbel Saghro. Ce dernier a concerné l'ensemble du Saghro oriental et Nord-oriental. Il constitue les hauts reliefs méridionaux du massif granitique de Bou Gafer, avec quelques points d'émission situés au Nord du massif. Le volcanisme est lié aux cassures qui limitent le Sud du Haut-Atlas. Les laves émises sont toutes des roches sous-saturées en silice. Deux séries volcaniques dans le massif du Saghro ont été distinguées. La première constitue la masse volcanique principale, au centre du strato-volcan, où le volcanisme a été actif au moins durant 4 Ma, entre 10 et 6 Ma. Cette première séquence est constituée, par des néphélinites à olivine, des téphrites et des phonolites. La deuxième séquence se rencontre au Nord de Jbel Saghro, dans la région de Foum el Kouss, Tadafat et Tachfachi (fig. 7). Elle est représentée uniquement par des néphélinites à olivine qui sont plus jeunes puisque les âges mesurés sont compris entre 5,5 Ma et 2,8 Ma.

Le volcanisme du Saghro, comme celui de l'ensemble des jeunes volcans du Maroc, s'est développé en réponse à des mouvements distensifs locaux dans un contexte régional de régime compressif lié aux mouvements de convergence des plaques africaine et européenne.

1. Ages du volcanisme

Les datations isotopiques K-Ar (Berrahma et al., 1993) ont permis de reconstituer l'histoire volcanique récente du massif de Saghro :

- Au Miocène supérieur (9.6–5.2 Ma; Berrahma et al., 1993), l'activité volcanique est située au Sud du massif granitique de Bou Gafer, dans les régions d'Ikniouen, Tifornine, Oulili et Tagazzert pour les dômes de phonolites (7.4–6.7 Ma), d'Assaka pour les coulées de téphrites (~7.3 Ma), et de Tazlaft Tamzant et Tlassem pour les dykes et coulées de basanites (~6.5 Ma) et de néphélinites miocènes (9.6–5.2 Ma). L'ensemble de ces émissions de laves se fait sur les sédiments cambriens (néphélinites et basanites) ou sur les granites et rhyolites précambriens (phonolites et téphrites) ;
- Au Pliocène supérieur (~2.9 Ma; Berrahma et al., 1993), le volcanisme est localisé dans la partie septentrionale du massif avec l'émission de coulées massives de

néphéline pliocène dans les régions de Foug el Kouss et de Aït Koukdène, sur les sédiments ordoviciens et crétacés.

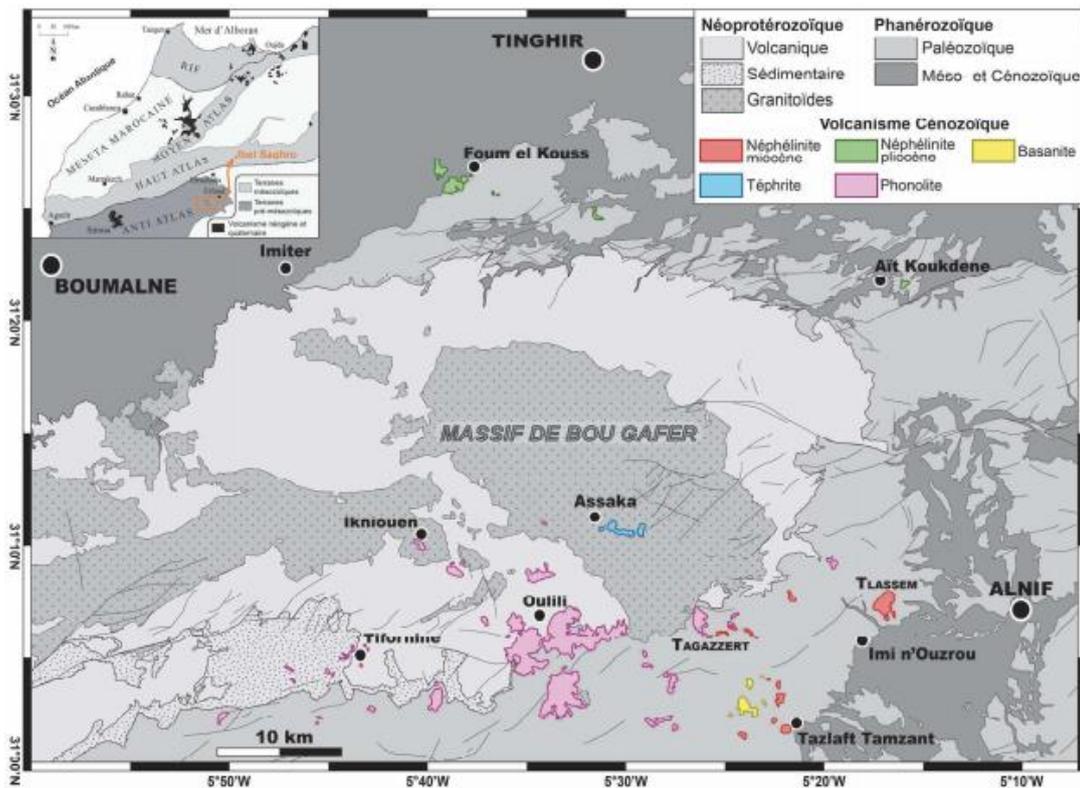


Figure 7 : Carte géologique montrant le volcanisme récent du Massif de Saghro d'après El Azzouzi et al., 2010).

2. Pétrographie

a. Néphélines

Les néphélines de Saghro peuvent être distinguées en deux sous-types sur la base de leur minéralogie modale et normative (Berger et al., 2014 ; Ibhi, 2000). Les deux types de néphélines ont une texture microlitique porphyrique avec des cristaux d'olivine et clinopyroxène dans une matrice fine composée de clinopyroxène et néphéline, en plus de faibles quantités de titano-magnétite, apatite et parfois de la mélinite (Fig. 8).

Les néphélines miocènes contiennent 15–18% en volume de cristaux d'olivine et moins de 5% en volume de clinopyroxène (Fig. 8.A).

Les néphélines pliocènes contiennent 15–22% en volume de cristaux automorphes à subautomorphes de clinopyroxène et moins de 7% en volume d'olivine (Fig. 8.B).

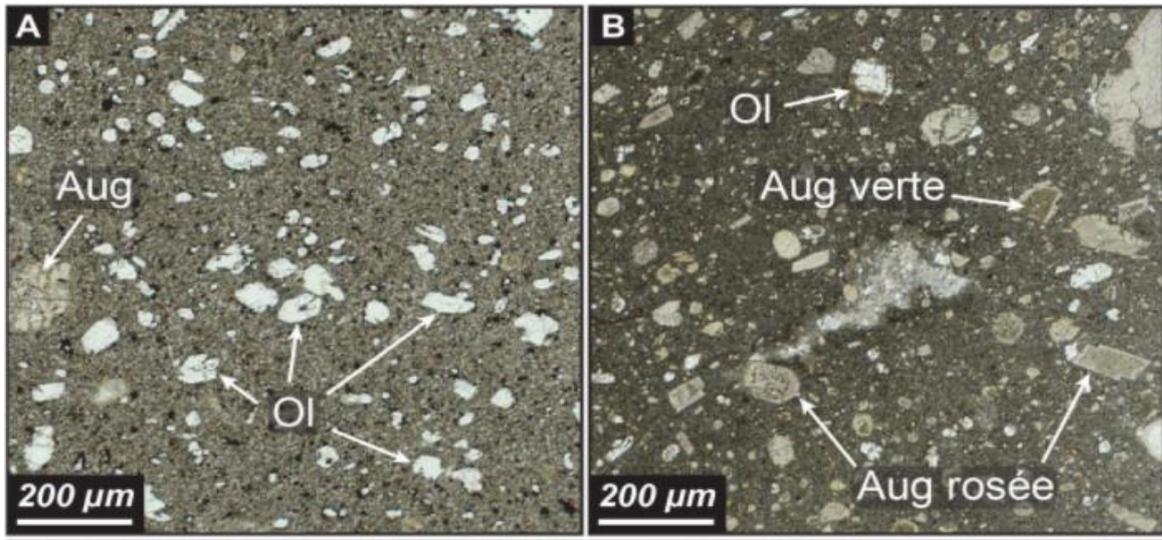


Figure 8 : Vue microscopique des Néphélinites de saghro. (A) Néphélinite miocène. (B) Néphélinite Pliocène (Rene Chamboredon, 2015).

b. Basanites

Les basanites ont une texture microlitique porphyrique avec des phénocristaux d'olivine (4–11 vol.%) et clinopyroxène (9–25 vol.%) dans une matrice fine composée de clinopyroxène et néphéline, et de faibles quantités de titano-magnétite, apatite et parfois du plagioclase (Fig.9). Les basanites contiennent des petits (< 1.5 cm) xénolites de lherzolite à spinelle et de pyroxénite.

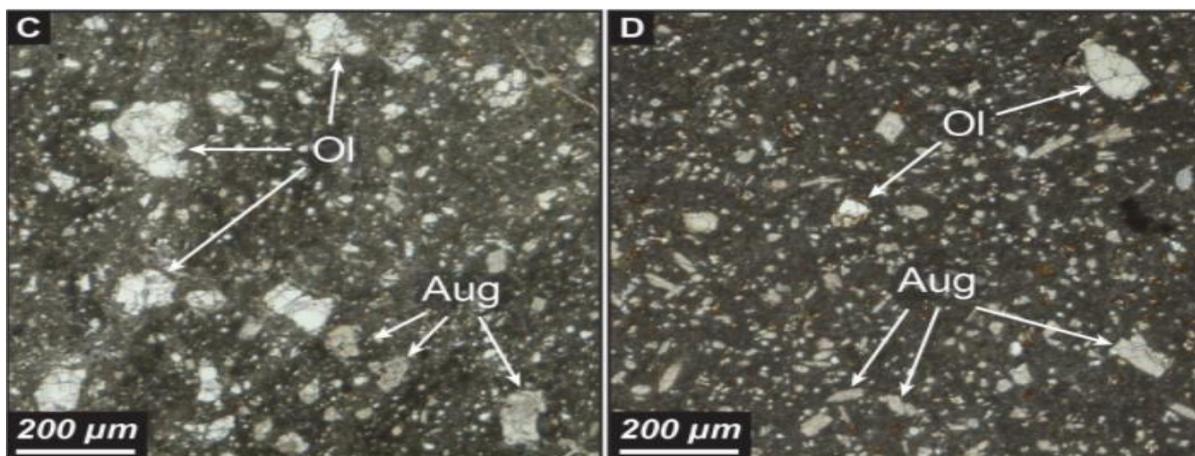


Figure 9 (C et D): Vue microscopique des basanites de saghro (Rene Chamboredon, 2015).

c. Téphrites

Les téphrites ont une texture microlitique porphyrique avec des phénocristaux de clinopyroxène (5–8 vol.%), d'olivine (4–6 vol.%), de feldspath alcalin (< 1 vol.%) et de

néphéline (< 1 vol.%) dans une matrice fine composée de sanidine, clinopyroxène, néphéline, Ti-magnétite et apatite (Fig. 10.E).

d. Phonolites

Les phonolites ont une texture microlitique porphyrique et contiennent 5–30 vol.% de phénocristaux de feldspath alcalin (2–18 vol.%), de néphéline (1–9 vol.%) et de clinopyroxène (< 5 vol.%) dans une matrice fortement orientée marquant le fluage magmatique, et composée de microlites de sanidine, néphéline, augite-ægyrine, apatite et Ti-magnétite (Fig 10.F). Les phonolites de Saghro sont divisées en deux sous-groupes : les phonolites pauvres en silice (51.9–52.8 pds.% SiO₂) et les phonolites riches en silice (54.9–55.6 pds.% SiO₂).

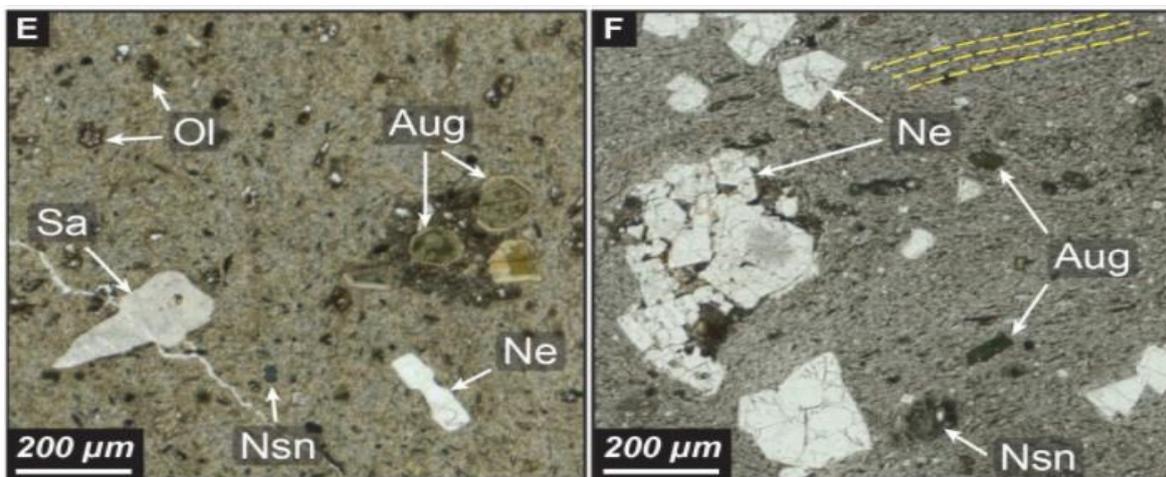


Figure 10: Vue microscopique.(E) téphrite et (F) phonolite Aug :augite Nsn : noséane Sa :sanidine ,Ol :olivine (Rene Chamboredon, 2015).

3.Mode de gisement du volcanisme

Les laves récentes se trouvent dans la partie orientale du Jbel Saghro et les masses principales situées pour l'essentiel au Sud du massif granitique de Bou Gafer constituent les hauts reliefs de ces montagnes. Des appareils volcaniques et des coulées se rencontrent autour de cette masse principale. Les appareils volcaniques correspondent à des dômes (Fig. 11).

3.1. Définition des dômes volcaniques

Le dôme volcanique est le résultat de la lente extrusion de lave épaisse, visqueuse, souvent riche en gaz, qui donne une morphologie en dôme résultant généralement de la superposition de lobes successifs en sommet de colonne de magma. La viscosité de la lave

dépend de sa température et de sa composition chimique. Une lave sera plus visqueuse à 1.000 °C qu'à 1.200 °C.

Les coulées provoquées par des magmas de viscosité moyenne se recouvrent souvent de blocs de lave anguleux. Lorsque la lave du volcan s'écoule à une viscosité élevée, elle reste à proximité de la bouche et forme une dôme de lave.

Les côtés des dômes ont généralement des flancs très abrupts et sont fréquemment recouverts de dépôts de blocs instables mis en place pendant ou juste après les extrusions.



Figure 11 : Quelques aspects du volcanisme récent de Sagro.

II. Volcanisme récent du Moyen Atlas

A la fin du tertiaire et au Quaternaire, le Moyen Atlas fût le siège d'une importante activité volcanique. La province volcanique a été décrite pour la première fois par Termier (1936), qui l'avait considérée comme homologue de la province volcanique auvergnante et provinciale du Massif Central français. Le volcanisme fût alors lié aux mouvements tectoniques «ponto-plio-quaternaire» ayant affecté la région. Il s'est mis en place, selon Harmand et Moukadiri (1986), à la faveur de distensions secondaires (fentes de tension) engendrées par le rejeu en décrochement senestre des grands accidents orientés NE-SW. Ces fentes de tension se sont ouvertes dans un contexte général en compression lié à la convergence Europe Afrique. C'est un volcanisme alcalin effusif ayant émis un volume d'environ 80 Km³ qui couvre une surface estimée à 1500 Km². Il est représenté uniquement par des termes très peu différenciés (basaltes et néphélinites). Certains édifices sont particulièrement riches en enclaves ultrabasiques et basiques originaires du manteau supérieur et de la croûte inférieure.

Les volcans du Moyen Atlas sont concentrés dans sa partie tabulaire et répartis selon une direction générale NNW-SSE (Fig 12). Quarante-vingt-dix volcans sont en effet dénombrés dans la région comprenant le Causse d'Elhajeb, le Causse d'Ifrane et le plateau d'Azrou. Dans le Moyen Atlas plissé, les plus importants édifices se situent dans le synclinal de Bou Anguar (au Sud du synclinal de Bakrite) et le piemont Sud de la montagne, dans la zone de transition avec la haut Moulouya. Ces volcans se présentent surtout sous forme de cônes stromboliens. Ils correspondent aussi à des cônes de cendres et à des appareils phréatomagmatique ou caldeiras. De grandes coulées emanant de ces volcans ont envahi le Causse. Leur épaisseur peut atteindre 150 à 250 m (Bentayebet Leclerc, 1977), mais elle diminue vers la périphérie du Causse. Les coulées les plus fluides et les plus récentes s'allongent dans les vallées et s'étendent sur les plaines voisines loin en contrebas des volcans.

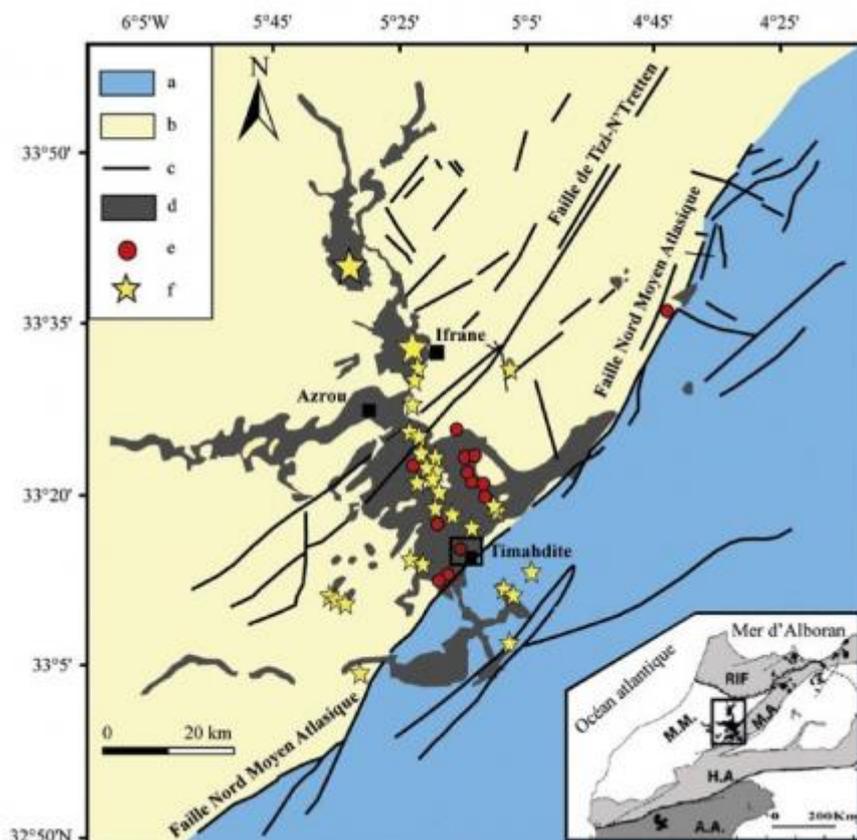


Figure 12 : Carte géologique simplifiée montrant la répartition des volcans du Moyen Atlas (El Azzouzi et al., 2010).

1. Ages du volcanisme

L'activité volcanique alcaline tertiaire et quaternaire du Moyen Atlas, est déroulées en épisodes (El Azzouzi et al., 2010 ; Bosch et al., 2014):

- **Le premier épisode** (16,25 à 5,9 Ma), représenté par une quinzaine de petits volcans monogéniques très dispersés, représentés essentiellement par des néphélinites à olivine (\pm méliélite) et des ijolites (Termier et al., 1948 ; Harmand, 1985) ;
- **Le deuxième épisode** (3,9 à 0,6 Ma), majoritairement concentré dans le Causse moyen atlasique, regroupe les principaux centres éruptifs avec près d'une centaine de cônes et de maars grossièrement alignés selon un axe N 170°. Les produits volcaniques émis lors de ce dernier épisode sont d'une quantité beaucoup plus considérable (environ 80 km³, sur près de 1 500 km²) et représentés par des volcanoclastites et des laves basiques très peu évoluées.

2. Pétrographie

Les roches volcaniques tertiaires et quaternaires du Moyen Atlas sont constituées essentiellement par des basaltes alcalins et des néphélinites. Ces derniers ne représentent qu'environ 5% du volume total. Les termes différenciés sont inexistantes (Harmand et Moukadiri, 1986).

a. Les basaltes

Macroscopiquement les basaltes ont une structure massive plus ou moins vacuolaire. Microscopiquement les basaltes présentent une texture microlitique porphyrique. Les phénocristaux, ayant une taille moyenne de 2 mm et occupant jusqu'à 20% du volume total de la roche. Ils sont représentés par l'olivine, le clinopyroxène et de très rares plagioclases. Cependant, il faut signaler également la présence des xénolites qui proviennent de la fragmentation des enclaves ultrabasiques au moment du transport. La mésostase est généralement holocristalline et microlitique, à microlites de plagioclase dominant associés aux grains de clinopyroxène, d'olivine et de minéraux opaques (Fig. 13,14 et 15).

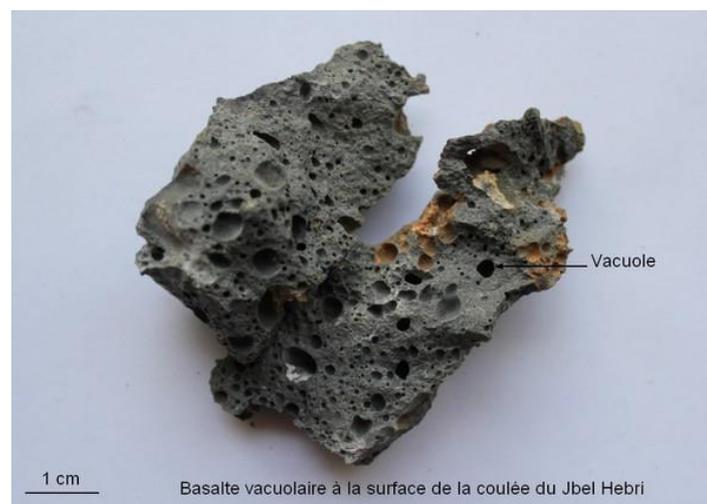


Figure 13 : vue macroscopique du Basalte vacuolaire de JbelHebri.

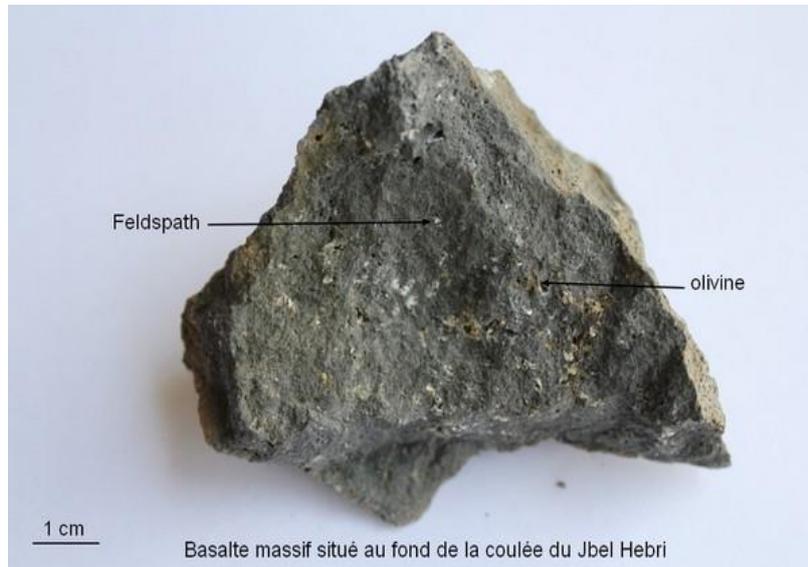


Figure 14 : vue macroscopique du Basalte massif de Jbel Hebri.

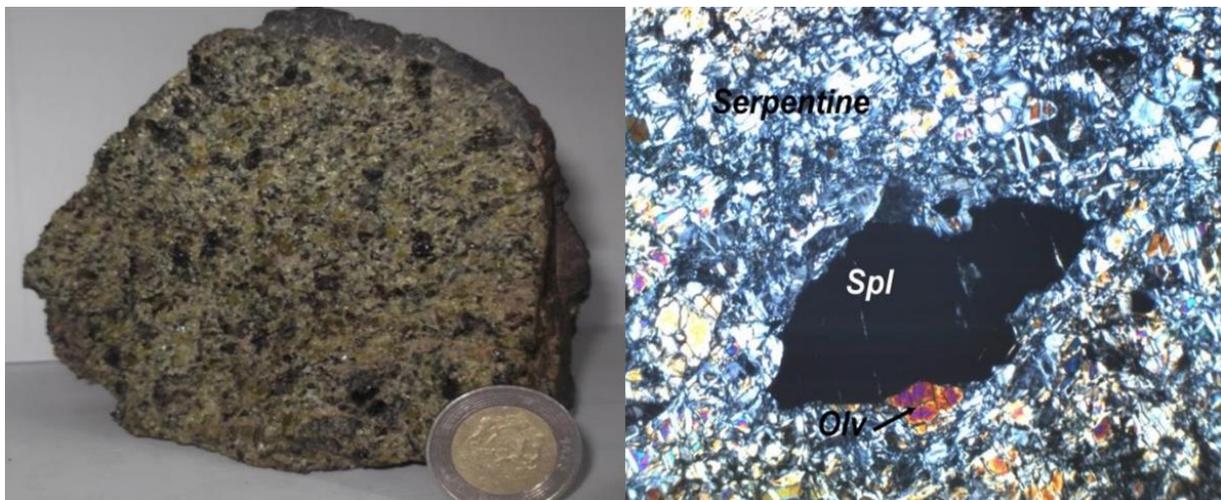


Figure 15: Aspect macroscopique et microscopique xénolites dans des Basaltes du Moyen Atlas.

b. Les basanites

Il s'agit des laves basaltiques de texture microlitique modérément porphyrique (Fig.16 C), avec 10 à 20 % de phénocristaux représentés principalement par de l'olivine subautomorphe de 0,5 à 3 mm de large et du clinopyroxène en moindre quantité. Le plagioclase est calcique et se présente parfois sous forme de microphénocristaux. La mésostase est généralement holocristalline et microlitique, à microlites de plagioclase dominant associés aux grains de clinopyroxène, d'olivine et de minéraux opaques. Il faut aussi signaler la présence de petites plages isotropes qui représentent vraisemblablement des cristaux de néphéline.

La seconde phase effusive est matérialisée aussi par une coulée basaltique alcaline de texture microlitique porphyrique, composée de phénocristaux d'olivine et de clinopyroxène

(Fig.16 D). Les olivines sont généralement sub-automorphes, très craquelées et montrent des tailles comprises entre 0,5 et 1 mm. Les phénocristaux de clinopyroxène, moins abondants que les olivines, sont sub-automorphes, zonés et de taille variable (0,3 à 1 mm). La mésostase, quant à elle, est formée en majorité de microlites de plagioclase mais on reconnaît également des grains d'olivine, de clinopyroxène ainsi que de très nombreux opaques. En effet, de petites plages isotropes sont observées et elles pourraient correspondre à des feldspathoïdes.

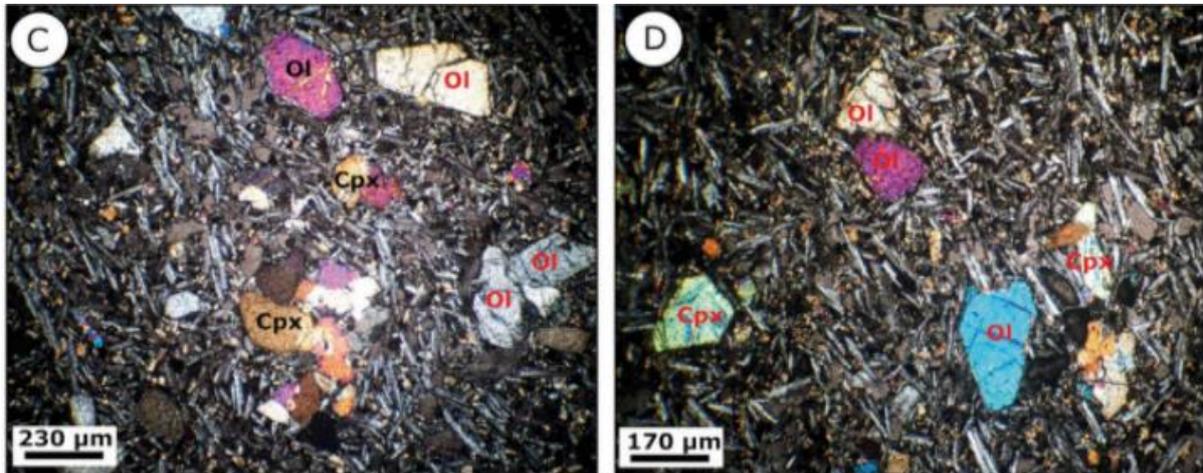


Figure 16 :Aspect microscopique des basanites de Timahdite (Benamrane,2020).

c. Les néphélinites

Les néphélinites du Moyen Atlas (Rachdi, 1985,1995) sont des roches sombres et massives dans lesquelles le clinopyroxène est l'unique phase reconnaissable à l'oeil nu. Elles ont une texture microlitique porphyrique comparable à celle des basaltes alcalins mais elles ne contiennent pas de plagioclase (fig.17).



Figure 17 : Aspect macroscopique d'une néphélinite.

3.Mode de gisement du volcanisme

Dans le Moyen Atlas pendant, l'éruption du volcanisme est représenté par des centaines de cônes et des maars (fig.18) prolongent selon une direction bien définie qui résulte d'une ouverture secondaire (tectonique distensive) suivant le jeu décrochant senestre des accidents, l'axe mise en évidence par les cônes stromboliens est en position perpendiculaire sur le plan de décrochement des failles orientées NE-SW, quant à celle des volcans qui est N170.

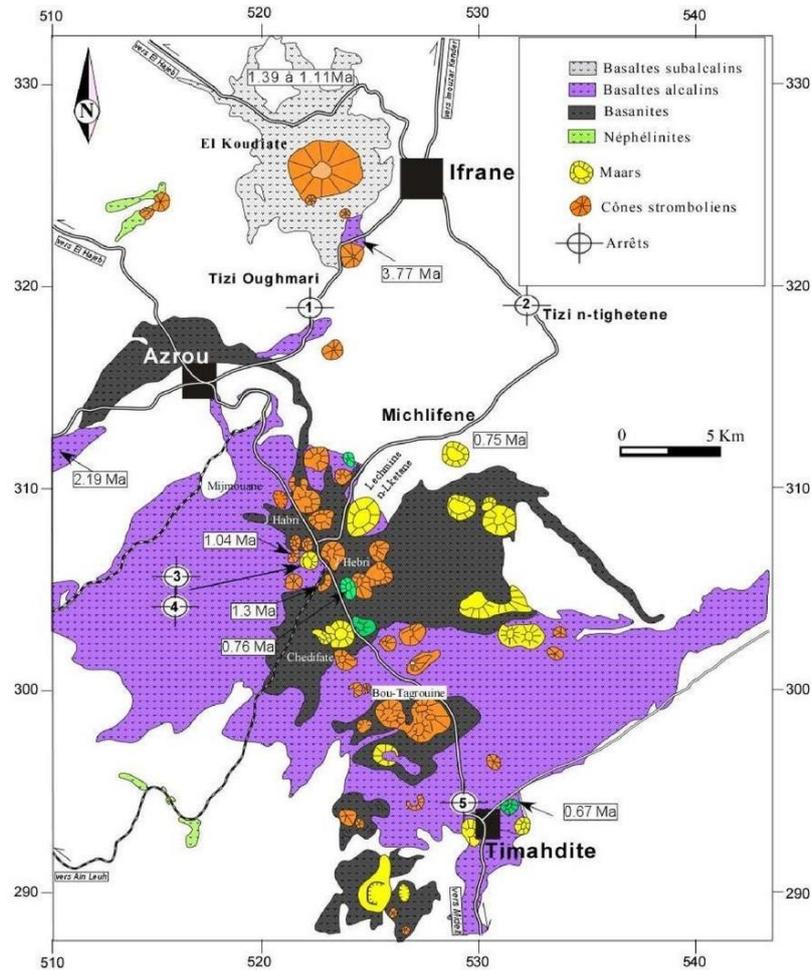


Figure 18 : Carte pétrologique des différentes unités volcaniques du Moyen Atlas (d'après El Azouzi et al. 2010).

3.1 Définition des maars et des cônes

a- Les maars

Un **maar**, terme allemand signifiant « cratère », est un cratère volcanique d'explosion, parfois rempli par un lac ou envahi par la mer.

Ce type de volcan, qui émet des laves de nature basaltique comme les appareils stromboliens, en diffère par le fait qu'il se produit à une certaine profondeur (au moins une centaine de mètres) un contact entre la lave et l'eau d'origine phréatique ou s'infiltrant depuis la surface du sol par des circuits préférentiels (failles ou diaclase), mais en faible quantité.

D'une autre manière le magma, en remontant vers la surface, rencontre dans le sous-sol une nappe phréatique ou un cours d'eau souterrain. Une partie de cette eau se vaporise alors sous l'effet de la chaleur, ce qui entraîne une importante augmentation de la pression dans le sous-sol, au point que les roches en surface sont soudain éjectées à la manière d'un bouchon de champagne.

Les maars sont donc très souvent des lacs de forme circulaire aux pentes plus ou moins abruptes.

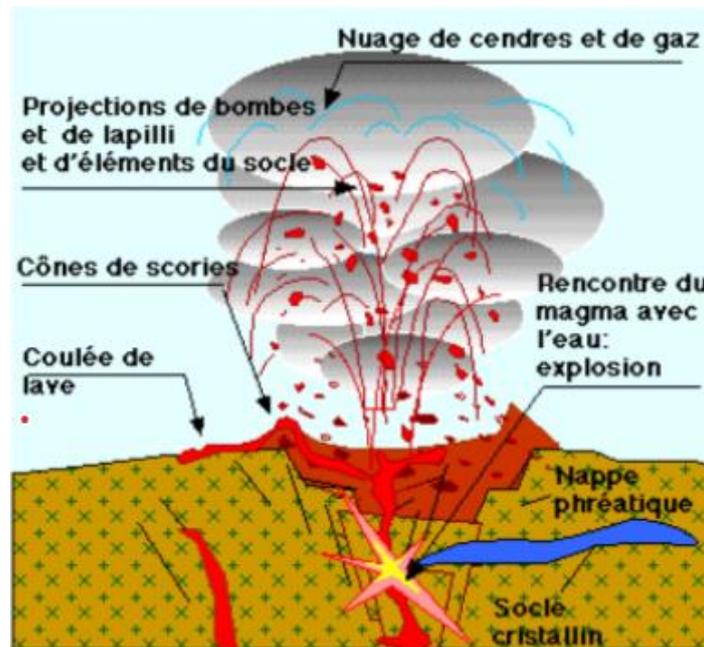


Figure 19: Dessin schématique de la structure interne d'un maar et de ses diverses manifestations externes.

b- Les cônes

Un **cône volcanique** est un type d'édifice géologique d'origine volcanique en forme de cône formé par l'empilement de téphras et/ou de laves au cours d'une seule éruption (volcan monogénique) ou de plusieurs éruptions (volcan polygénique). Il s'agit de l'une des trois grandes formes de relief volcanique avec le dôme et le cratère.

On parle de cône volcanique, car la montagne est formée d'un amas de cendres ou de scories qui sont des matériaux d'origine volcanique. Sa forme rappelle celle d'un cône. Il peut se former au cours d'une éruption unique ou de plusieurs éruptions.

Dans le canal du cône de scories, la roche en fusion appelée magma monte des zones de rupture de la croûte terrestre, sans apport intensif d'eau. L'évacuation explosive du canal près de la surface de la terre est occasionnée par la rencontre du magma ardent avec de l'eau. Après

que la décharge de pression résultant de l'explosion et après que la lave, les cendres et les scories ont été rejetés, la lave continue de couler du canal.

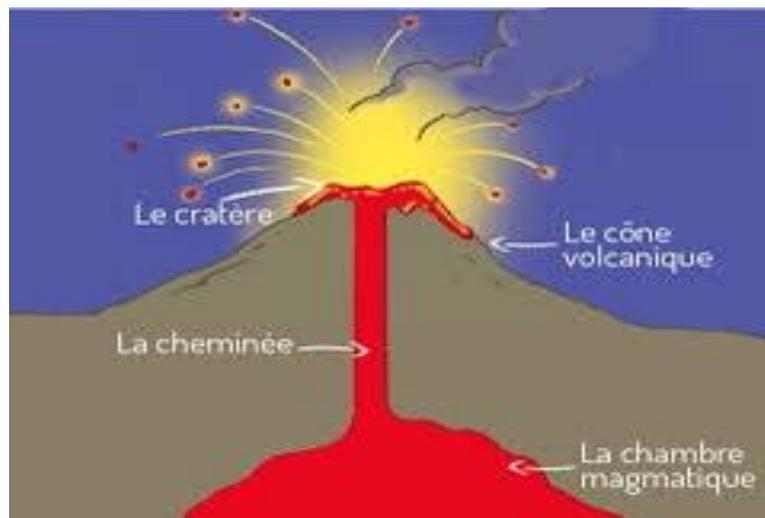


Figure 20: Coupe schématique d'un cône volcanique.

3.2. Exemples de maars et de cônes dans le Moyen Atlas

➤ Le cône volcanique de Jbel Hebri

Le cône volcanique de Jbel Hebri est un exemple qui illustre parfaitement un dynamisme strombolien :

Le strato-volcan de Jbel Hebri donne une illustration globale sur l'activité de la majorité des volcans du plateau volcanique quaternaire du Causse Moyen Atlasique qui ont connu ce type de dynamisme. On pourra y voir les coulées basaltiques à caractère alcalin et les produits de projection stratifiés (pyroclastiques) ainsi que les enclaves de diverses origines (mantelliques, crustales, cumulatgabbroïques...).



Figure 21: Volcan strombolien de Jbel Hebri.

➤ **Le maar de Hebri**

Le maar de Hebri situé à quelques centaines de mètres à l'Ouest du cône volcanique du même nom est un exemple qui illustre la dynamique phréato-magmatique : Il s'agit d'un cratère d'explosion circulaire de quelques centaines de mètres de diamètre et quelques dizaines de mètres de profondeur. Ce cratère est bordé par des strates à pendage externe formées par des produits des explosions qui comprennent des fragments arrachés au sous-sol calcaire liasique et des fragments de roches volcaniques. Ces produits forment une roche correspondant à une brèche volcano-sédimentaire.



Figure 22 : Maar de Jbel Hebri.

➤ **Le cas de Timahdite**

Le maar de Timahdite peut être considéré comme un maar moyen selon le schéma de classification de Gevrek et Kazancı (2000) qui classe un maar comme « petit », « moyen » et « grand » en fonction de son diamètre inférieur à 500 m, entre 500 à 1000 m et supérieur à 1000 m, respectivement.

Le cratère du maar abrite dans sa partie nord un cône strombolien haut d'une vingtaine de mètres environ, en forme de croissant et d'un diamètre moyen de 300 m environ. Ce cône est modérément à bien conservé (Fig.23) avec des versants en pentes assez fortes et un cratère apparemment entièrement comblé par la coulée terminale massive, avec sa brèche de progression. Sur les versants du cône, les dépôts de tufs ont des pendages radiaires voisins de ceux des pentes (10-20°). Une carrière de pouzzolane ouverte sur le flanc est du cône de Timahditelaise apparaît la séquence strombolienne type avec des dépôts de scories qui reposent en discordance angulaire sur ceux de l'anneau de tufs.

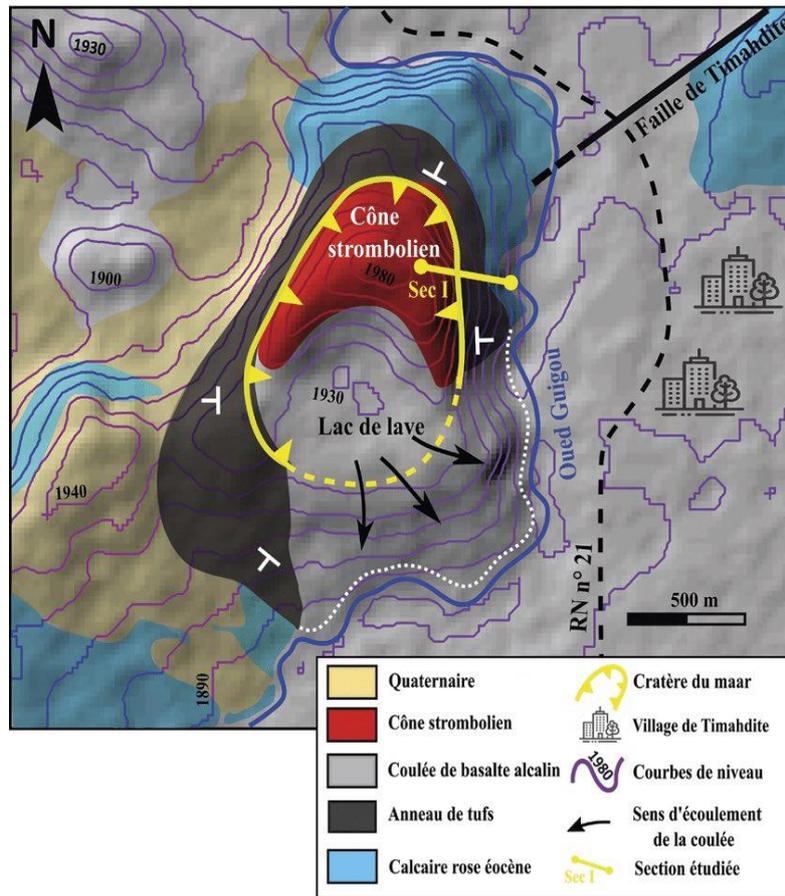


Figure 23: Carte géologique du volcan de Timahdite (Benamrane, 2020).

III. Etude comparative

Une étude a pour but de comparer le volcanisme des deux régions étudiées au niveau de l'âge, de la pétrographie des roches résultantes et le mode de gisement de ce volcanisme (Tab. 1).

	Anti-Atlas (Saghro)	Moyen Atlas
Age	<p>Deux épisodes volcaniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La première constitue la masse volcanique principale, au centre du strato-volcan, où le volcanisme a été actif au moins durant 4 Ma, entre 10 et 6 Ma. -Le deuxième épisode se rencontre au nord de Jbel Saghro. Il est représenté par un volcanisme plus jeune plus, dont les âges mesurés sont compris entre 5,5 Ma et 2,8 Ma. 	<p>Deux épisodes volcaniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le premier épisode (16,25 à 5,9 Ma), représenté par une quinzaine de petits volcans très dispersés, représentés essentiellement par des néphélinites à olivine (\pm mélilite) et des ijolites - Le deuxième épisode (3,9 à 0,6 Ma), majoritairement concentré dans le Causse moyen atlasique.
Pétrographie	<ul style="list-style-type: none"> • Néphélinites <ul style="list-style-type: none"> ✓ Néphélinites miocène ✓ Néphélinites pliocène • Basanites • Phonolites <ul style="list-style-type: none"> ✓ Phonolites riches en silice ✓ Phonolites pauvres en silice • Téphrites 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Basaltes alcalins ○ Néphélinites
Mode de gisement	Le mode de gisement volcanique de l'Anti Atlas(Saghro) est sous forme de coulées et de dômes.	Dans le Moyen Atlas le volcanisme affleure sous forme de coulées, de cônes et de maars.

Tableau 1 : Tableau comparative des deux zones étudiées

Bibliographie

Benamrane, M., Jadid, M., Dahani, H & Talbi, F. (2020). L'histoire éruptive du volcanisme monogénique quaternaire de Timahdite (Moyen Atlas, Maroc). *Quaternaire*, 31, (4), 2020, p. 309-326.

Berger, J., Ennih, N. & Liégeois, J.P. (2014). Extreme trace elements fractionation in Cenozoic nephelinites and phonolites from the Moroccan Anti-Atlas (Eastern Saghro). *Lithos* 210–211, 69–88.

Berrahma, M., Delaloye, M., Fauremuret, A. & Rachdi, H.E.N. (1993). Premières données géochronologiques sur le volcanisme alcalin du Jbel Saghro, Anti-Atlas, Maroc. *Journal of African Earth Sciences* 17, 333–341.

Bosch D., Maury R., El Azzouzi M., Bollinger C., Bellon H. & Verdoux P., 2014 - Lithospheric origin for Neogene-Quaternary Middle Atlas lavas (Morocco): Clues from trace elements and Sr–Nd–Pb–Hf isotopes. *Lithos*, 205, 247-265.

Choubert G., 1956 - Carte géologique du Maroc au 1/500 000, feuille de Rabat. Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc, 70 p.

Choubert G. (1963).- Histoire géologique de l'Anti-Atlas de l'archéen à l'aurore des temps primaires. Notes Mém. Serv. géol. Maroc, 62, 350-352.

El Azzouzi, M., Maury, R.C., Bellon, H., Youbi, N., Cotten, J. & Kharbouch, F. (2010). Petrology and K-Ar chronology of the Neogene-Quaternary Middle Atlas basaltic province, Morocco. *Bulletin De La Societe Geologique De France* 181, 243–257.

Gasquet D. (1991).- Genèse d'un pluton composite tardi-hyrcynien. Le massif de Tichka, Haut-Atlas occidental (Maroc). Thèse d'Etat Sciences. Université de Nancy I, 413 p.

Géze, B. (1964) Sur la classification des dynamismes volcaniques. *Bull. Volcan.*, 27: 237-257.

Guiraud R., Doumnang Mbaigane J. C., Carretier S. Dominguez, S. (2000).- Evidence for a 6000 km length NW-SE striking lineament in northern Africa: the Tibesti Linéament. *Journal of Geological Society of London* 157: 897-900.

Harmand, C. et Moukadiri, A. (1986).- Synchronisme entre tectonique compressive et volcanisme alcalin: exemple de la province quaternaire du Moyen Atlas (Maroc).- *B.S.G.F.*, 8, t.II: 595-603.

Hindermeyer et al. (1977).- carte géologique du Jbel Saghro.

Ibhi, A. (2000). Le volcanisme Plio-Quaternaire de Saghro (Anti-Atlas, Maroc) et les enclaves basiques et ultrabasiques associées. PhD thesis, University of Agadir, Morocco.

Leblanc, M., (1975). Ophiolites précambriennes et gîtes arseniés de cobalt de Bou Azzer (Maroc). Thèse d'Etat, Paris VI-Montpellier, 329 p.

Michard A. (1976) – Élément de géologie marocaine. Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, 252, 420 p.

Michard A., Ouanimi H., Hoepffner C., Soulaïmani A., Baidder L., (2010a).- Comment on Tectonic relationships of Southwest Iberia with the allochthons of Northwest Iberia and

the Moroccan Variscides by J.F. Simancas et al. [C. R. Geoscience 341 (2009) 103–113]. C. R. Geosci.

Missenard, Y., Zeyen, H., Frizon de Lamotte, D., Leturmy, P., Petit, C., Sébrier, M. & Saddiqi, O. (2006). Crustal versus asthenospheric origin of relief of the Atlas Mountains of Morocco. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 111, B03401.

Piqué, A., (1994). Géologie de Maroc: Les domaines régionaux et leurs évolutions structurales, PUMAG: Marrakech

Rachdi, H. E. N. (1985).- Etude du volcanisme plio-quadernaire du Maroc Central : pétrographie, géochimie et minéralogie. Comparaison avec des laves types du Moyen Atlas et du Rekkam (Maroc).- Notes et Mém. Sev. Géol. Maroc, 381, 157 p.

Rachdi H. N. (1995). – Etude du volcanisme plio-quadernaire du Maroc Central: pétrologie, géochimie et minéralogie. Comparaison avec des laves types du Moyen Atlas et du Rekkam (Maroc). – Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, 381, 157 p.

ReneChamboredon. (2015).- Caractérisation et origine des magmas alcalins et des fluides sous le massif volcanique du JbelSaghro, Anti Atlas, Maroc. Sciences de la Terre. Université Montpellier,. Français.

Termier H., Termier G. & Jouravsky G., 1948 - Une roche volcanique à gros grain de la famille des Ijolites : La Talzastite. Notes du Service Géologique du Maroc, 1, 81-120.

Thomas R.J., Fekkak A., Ennih N., Errami E., Loughlin S.C., Gresse P.G, Chevallier L.P. Liegeois J.P. (2004).- A new lithostratigraphic framework for the Anti-Atlas Orogen, Morocco. *Journal of African Earth Sciences* 39(3-5): 217-226.



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Meryeme IZILANE

Meryeme LAHRICHI

Année Universitaire : 2020/2021

Titre : Les provinces volcaniques récentes du Maroc :

Cas de l'Anti Atlas et du Moyen Atlas

Résumé

Au cours des temps Néogène et Quaternaire les domaines du Moyen Atlas et de l'Anti Atlas ont été le siège d'une importante activité volcanique alcaline.

La province volcanique du Moyen Atlas est la plus vaste et la plus jeune du Maroc, elle comporte une centaine de pointements volcaniques, pour la plupart de petite taille représentée par des cônes stromboliens et des maars. Les produits volcaniques émis par ces édifices sont pour l'essentiel des volcanoclastites et des coulées de laves représentées par des basaltes alcalins, des basanites auxquelles sont associés des néphélinites et des basaltes sub-alcalins.

Le Massif de Saghro est un des deux grands appareils volcaniques alcalins récents de l'Anti-Atlas, il s'est développé dans un contexte distensif local mais compressif au niveau régional, très certainement lié au système de failles E-W de la marge sud du Haut Atlas. Les laves émises sont des Néphélinites à olivine, des Téphrites, des phonolites et des Basanites

Mots clés : Volcanisme, Quaternaire – Néogène – Moyen Atlas – Anti Atlas et Massif de Saghro.

Faculté des Sciences et Techniques - Fès

B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

☎ 212 (0) 535 60 29 53 Fax : 212 (0) 535 60 82 14

