

Année Universitaire : 2017-2018



Licence Sciences et Techniques : Géoresources et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

**Etude pétrographique et tectonominière de la zone de cisaillement
bréchifiée de Rhourat N'Hass. (Massif granitoïdique de Zaër, Maroc
Central)**

Présenté par:

**Nahla NTARMOUCHANT
Doha MAAROUF**

Encadré par:

**Pr. HINAJE Said, FST-Fès
Ing. FETTOUHI Ahmed, ONHYM- Rabat**

Soutenu Le 9 Juin 2018, devant le jury composé de:

**Pr. HINAJE Saïd
Pr. CHARROUD Mohamed
Pr. EL AZZAB Driss
Ing. FETTOUHI Ahmed : Invité**

Stage effectué à : ONHYM, Rabat





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

Nahla NTARMOUCHANT
Doha MAAROUF

Année Universitaire : 2017/2018

Titre : Etude pétrographique et tectonominière de la zone de cisaillement bréchifiée de Rhourat N'Hass.(Massif granitoïdique de Zaër, Maroc Central)

Résumé

La région Rhourat N'Hass est située à l'Ouest de la partie centrale du massif de Zaër qui forme le plus grand et le plus important des plutons granitoïdiques tardi-hercynien du Maroc Hercynien Central. Ce massif, circonscrit, d'orientation générale NE-SW parallèle à la structure hercynienne majeure, affleure à l'Ouest de l'anticlinorium de Khouribga-Oulmès au sein des formations paléozoïques.

Rhourat N'Hass est matérialisée par la brèche Br2 (notation tirée de la carte géologique d'Ezzhiliga) qui constitue un filon minéralisé allongé suivant une direction grosso modo Est-Ouest. Cette brèche correspond à une zone de fracturation postérieure à la mise en place du Massif granitoïdique de Zaër, où on y rencontre un agencement d'une minéralisation hydrothermale encaissée au sein de la granodiorite qui constitue le faciès principal de ce massif.

Cette minéralisation essentiellement cuprifère, est en relation avec une phase tectonique cassante matérialisée par un jeu à composante décrochant senestre qui engendre une structure bréchique. Cette structure résulterait d'un système filonien en stockworks matérialisé par des filons de quartz anastomosés mêlés à des oxydes et des liserés de malachite.

Mots clés : Maroc Hercynien Central, granitoïde, filon de quartz, brèche, minéralisation cuprifère, stockworks...

Remerciement

Au terme de la réalisation de ce projet de fin d'étude, nos remerciements s'adressent à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à sa réalisation.

En premier lieu à notre professeur-géologue monsieur **Saïd HINAJE**, qui sans hésitation a accepté de diriger et avec diligence ce mémoire. Un encadrant disponible et patient, un professeur sérieux et compétant, ce travail a grandement bénéficié de son expérience, sa rigueur et son soutien à la faculté. Ses qualités humaines dépassent largement le cadre de l'encadrement scientifique. Qu'il trouve ici les expressions les plus distinguées de notre respect, de notre reconnaissance et de notre gratitude.

A monsieur **Driss EL AZZAB** et monsieur **Mohamed CHARROUD** professeurs géologues à la FST, d'avoir accepté d'examiner ce travail. C'est un honneur pour nous de les compter parmi les membres du jury. Qu'ils soient amplement remerciés

Nous tenons à remercier les responsables de **l'ONHYM** qui ont bien voulu nous accorder ce stage, en particulier ceux de la Formation et de la Direction de l'Exploration.

A monsieur **Ahmed FETTOUHI**, ingénieur Géologue Chef de Service du Maroc Central qui a bien voulu accorder une attention particulière à ce stage. Merci pour la confection des lames et les discussions de bureau.

Nous tenons à remercier très chaleureusement monsieur **Kamal SABRI** ainsi que monsieur **Abdellah BOUSHABA**. Nous leurs exprimons nos reconnaissances les plus sincères.

Nous adressons également nos remerciements à **tous les enseignants de la filière GRE** (Géorressources et environnements), c'est grâce à vous, nos chers professeurs, qu'on a pu écrire ces pages, s'orienter vers notre cursus professionnel et choisir la voie de la recherche scientifique.

Parlant des bénédictions, nous ne pouvons pas ignorer la grâce de la famille, qui était toujours d'un grand aide. **Nos pères et nos mères**, les paroles ne peuvent pas décrire notre gratitude envers ce que vous avez donné et transmis à nous (vos enfants). **Nos frères et sœurs** contribuant par leur soutien morales où que vous soyez, nous pensons toujours à vous.

Nos remerciements les plus sincères vont à la famille **MAWHOUB**, nous espérons avoir été de bonne compagnie.

Finalement nos remerciements vont à **nos amis**, tout ceux qui nous reconnâtons, chacun d'eux a des traces dans ce mémoire

I- Introduction générale	6
I-1- Les domaines structuraux marocains.....	6
I-2- La chaine hercynienne.....	7
I-3- Le magmatisme hercynien et les minéralisations associées	9
I.3. 1. Le magmatisme hercynien	9
I.3. 2. Minéralisations Hercyniennes	10
I-4. Choix de la région.....	11
II. Le secteur de Rhourat N'Hass.	12
II-1. Cadre géographique et géologique régional.	12
II.1.1 Cadre géographique	12
II.1.2 Cadre géologique :.....	13
II-2 Cadre géographique et géologique local.	14
II.2.1. Cadre géographique	14
II.2.2. Cadre géologique	15
A- Encaissant métamorphique.	16
B- Données pétrographiques du batholite de Zaër :.....	17
B-1. Faciès à biotite	17
B-2. Faciès à biotite et muscovite.....	17
B-3. Faciès aplitique.....	17
II-3 Cadre géographique et géologique de RhouratN'Hass.	19
II.3.1. Cadre géographique	19
II.3.2. Cadre géologique	20
A- Les Roches magmatiques et leur encaissant métamorphique.....	23
A-1. Les roches magmatiques :	23
A-1-1 Faciès Ouest Tonalitique.....	24
A-1-2 Faciès intermédiaire granodioritique	27
A-1-3 Faciès Est monzogranitique	29
A-1-4 Faciès aplitique	31

A-1-5 Conclusion à l'étude pétrographique	33
A.-2. Les roches métamorphiques	33
B.- Les minéralisations	34
B - 1. Données métallogéniques	34
B -1-1 Minéralisations à W, Sn, Mo.....	34
B-1-1-1 Les filons quartzeux à Sn-W ou à W.....	35
B-1-1-2 Les filons quartzeux à scheelite	35
B-1-1-3 Les filons quartzeux à sulfure	35
B-1-1-4 Les filons quartzeux stanno-molybdifères.....	35
B - 2. Minéralisations à Cu, Pb, Fe, Ba, As :.....	36
B-2-1 Minéralisations de Rhourat N'Hass	36
B-2-1-1 La brèche Br1.....	36
B-2-1-2 La brèche Br2.....	38
a- La galerie principale	38
b-La zone intermédiaire :.....	40
c-La galerie secondaire :.....	41
B-2-1-3 Le sondage RN1.....	42
a- La localisation du sondage	42
b- Description des faciès rencontrés.....	42
B - 3. Conclusion à la minéralisation	44
II-4 La tectonique du secteur :.....	46
II-4-1 Donnée tectonique de Rhourat N'Hass.....	46
A- Dans l'encaissant.....	46
B- Dans la brèche	47
C- Les filons de quartz	48
E- Fractures à filons minéralisés	50
f-Failles tardives subméridiennes	52
II-4-2 Conclusion.....	54

Liste des Figures

- Figure 1:** Localisation des unités atlasiques A: Schéma structural des domaines structuraux marocains illustrant les embranchements de l'Atlas ; B : MNT du Maroc septentrional indiquant les principales unités et accidents majeurs séparant les domaines structuraux marocain et la situation du granite de Zaër.(redessiné dans ce travail)..... 7
- Figure 2:** Carte structurale montrant les domaines mesetiens avec les zones structurales du Maroc hercynien, (Hoepffner et al., 2005). 9
- Figure 3:** Carte géomorphologique du Massif Hercynien Marocain Central (Carte topographique d'Ezzhiliga 1/50000)..... 12
- Figure 4:** Carte du Maroc montrant les différentes boutonnières paléozoïques affleurant dans la Meseta occidentale. B: Unités structurales du Massif Hercynien Marocain Central (Bouabdelli, 1989). 14
- Figure 5:** Carte satellite, montrant la forme elliptique du batholite de Zaër 15
- Figure 6:** Carte géologique de la partie occidentale du Maroc central (A. Piqué, 1979 in Giuliani, 1982) 16
- Figure 7:** Carte montrant les différents faciès pétrographiques du massif granitoïdique de Zaër (Mahmood, 1980)..... 18
- Figure 8:** Carte topographique montrant la situation du secteur de Rhouirat N' Hass (extrait de la carte topographique d'Ezzhiliga 1/50000)..... 20
- Figure 9:** Carte géologique montrant la situation de la brèche de Rhouirat N'Hass et les différents faciès composant le massif de Zaër (tirée de la carte géologique d'Ezzhiliga, modifiée) 21
- Figure 10:** Présentation du secteur de Rhouirat N'Hass (Image Google Earth)..... 23

Figure 11: Projection des différents faciès pétrographiques composant le massif granitoïdique de Zaër sur le diagramme de Streckeisen.....	25
Figure 12: Carte montrant la position des filons minéralisés associés au massif granitoïdique de Zaer (Giuliani, 1980).....	35
Figure 13: Carte géologique de la partie médiane du massif de Zaër montrant la répartition des filons bréchiques. Br1 : Brèche NE-SW et Br2 : Brèche de Rhourat N'Hass.(extrait de la carte géologique Ezzhiliga 1/50000 modifiée)	37
Figure 14: Levé géologique de la brèche Br2 de Rhourat N'Hass au 1/500 (ONHYM, modifié)	38
Figure 15: Sondage d'exploration (RN1)	43
Figure 16: Schéma structural du Maroc central pendant la phase majeure hercynienne.(Tahiri 1991).....	46
Figure 17: Stéréogramme montrant une contrainte compressive NW-SE hercynienne responsable de la schistosité S1 dans l'encaissant de Rhourat N'Hass.....	47
Figure 18: Stéréogramme montrant une contrainte compressive ENE-WSW responsable de la mise en place des filons de quartz.	49
Figure 19: Stéréogramme montrant une extension ENE-WSW responsable de la mise en place des filons de quartz stériles	50
Figure 20: Stéréogramme montrant une extension (σ_3) NW-SE responsable de la mise en place des filons fertiles de quartz imprégnés de malachite	51
Figure 21: Stéréogramme montrant une contrainte compressive NNW-SSE qui provoque un jeu normal à composante décrochante	53

Liste des Photos

Photo 1: Dykes aplitiques tardifs recoupant le massif granodioritique.	31
Photo 2: Dyke aplitique empruntant un accident chevauchant.....	31
Photo 3: Filon d'aplite N140 recoupé par un filon de quartz N90	48
Photo 4: Miroir de la faille de la paroi Sud	49
Photo 5: Crochant de faille recoupé par le filon minéralisé à jeu senestre.....	50

Photo 6: Filons stériles direction N70 décalés par un filon fertile direction N110	52
Photo 7: Faille tardive subméridienne	53

Liste des planches

Planche 1: Photos A et B- Aspect macroscopique des échantillons du faciès ouest tonalitique	26
Planche 2:	28
Planche 3: Photos A -Aspect macroscopique du faciès Est monzogranitique photo-B- affleurement d'un monzogranite recoupé par des filons de quartz tardifs. Photos C et D : Vue microscopique du monzogranite C en LPNA et D en LPA. Photos E et F : Vue microscopique d'un monzogranite montrant les minéraux primaires et secondaire de quartz et de muscovite, E en LPNA et F en LPA. Les minéraux secondaires apparaissent au niveau d'une fissure traversant la roche. (Qz1= Quartz primaire ; Qz2 = Quartz secondaire ; Mus1= Muscovite primaire ; Mus2 = Muscovite secondaire ; Bt = Biotite ; FK = Feldspath potassique).....	30
Planche 4: A- Photo montrant l'aspect macroscopique du faciès aplitique.	32
Planche 5: A- Schiste tacheté avec des cristaux de chiastolites en rosettes à inclusion charbonneuses.	34
Planche 6: A- Photo montrant l'aspect de la brèche Br1 à l'affleurement ; B et C- photo montrant le détail de la composition de Br1 ; D- Contact entre la zone bréchique Br1 de couleur rouille avec la granodiorite grisâtre.....	37
Planche 7: A et B- Photos montrant la zone faillée de la galerie principale et son aspect bréchique ; C et D- Photos montrant les filons porteurs de la minéralisation de malachite C- filon de la paroi Nord et D- filon de la paroi Sud ; E et F- Malachite imprégnée sur les miroirs de failles striées, E- paroi Sud de la galerie et F- sa paroi Nord.	39
Planche 8: A- Photo montrant un filon secondaire de quartz et d'oxydes minéralisés qui recoupe et décale les filons de quartz stériles ; B- Géode matérialisée par des fragments de quartz, d'oxydes et de malachite	40
Planche 9: A-Photo montrant la position de la galerie secondaire par rapport à la faille N115 ; B- Cristaux de malachite imprégnés dans un filon de quartz blanc laiteux.	41
Planche 10: Carottes du sondage d'exploration (RN1)	44

I- Introduction générale

I-1- Les domaines structuraux marocains

Entouré par la mer méditerranée au Nord et l'océan atlantique à l'Ouest, le Maroc occupe la partie Nord-Ouest du Craton Ouest Africain et la plateforme Saharienne. Son histoire géologique est caractérisée par la succession de plusieurs orogénèses qui se sont succédés et qui ont façonné sa géologie, chacune par son ampleur et sa géodynamique. Ainsi le Maroc est subdivisé en trois grands domaines structuraux (Fig.1), qui sont du Nord au Sud:

Le domaine rifain, façonné par l'orogénèse alpine ayant engendrée une chaîne caractérisée par sa forme arquée et dissymétrique. Il fait partie de la branche Sud de l'arc de Gibraltar. Son architecture actuelle, très complexe, résulte de multiples processus orogéniques survenus durant le méso-cénozoïque (enfouissement, exhumation/surrection, rifting etc...) en relation avec la convergence qui perdure sur environ 50 Ma, entre les plaques lithosphériques eurasienne et africaine. (Duran Delga et Fontboté, 1980 ; Michard et al., 1991). C'est une chaîne à terrain essentiellement marneux et marno-gréseux qui s'organise en plusieurs zones structurales qui sont du Nord au Sud : le Rif interne, les Flyschs et le Rif externe.

Le domaine méséto-atlasique, situé entre l'accident sud atlasique et le front sud de la chaîne de Rif, est constitué par : (i) la Meseta comportant un socle paléozoïque plissé et métamorphisé par l'orogénèse hercynienne et une couverture de terrains méso-cénozoïques tabulaires. Elle est subdivisée en meseta orientale et meseta occidentale séparées par le Moyen Atlas. (ii) le Moyen Atlas et le Haut Atlas font partie de la chaîne atlasique édifée au Tertiaire et où les sédiments méso-cénozoïques, autochtones, sont faillés et plissés. Les Atlas forment une chaîne intracontinentale de l'avant-pays de la chaîne rifo-tellienne.

Le domaine anti-atlasique et ses confins sahariens ; limité au nord par la faille Sud Atlasique, est caractérisé par un socle précambrien (Archéen et Protérozoïque) affleurant dans de nombreuses boutonnières (Michard 1976). Ce socle, déformé par les orogénèses éburnéenne et panafricaine, est recouvert par une couverture paléozoïque peu déformée pendant l'orogénèse hercynienne et une couverture méso-cénozoïque, peu épaisse et tabulaire.

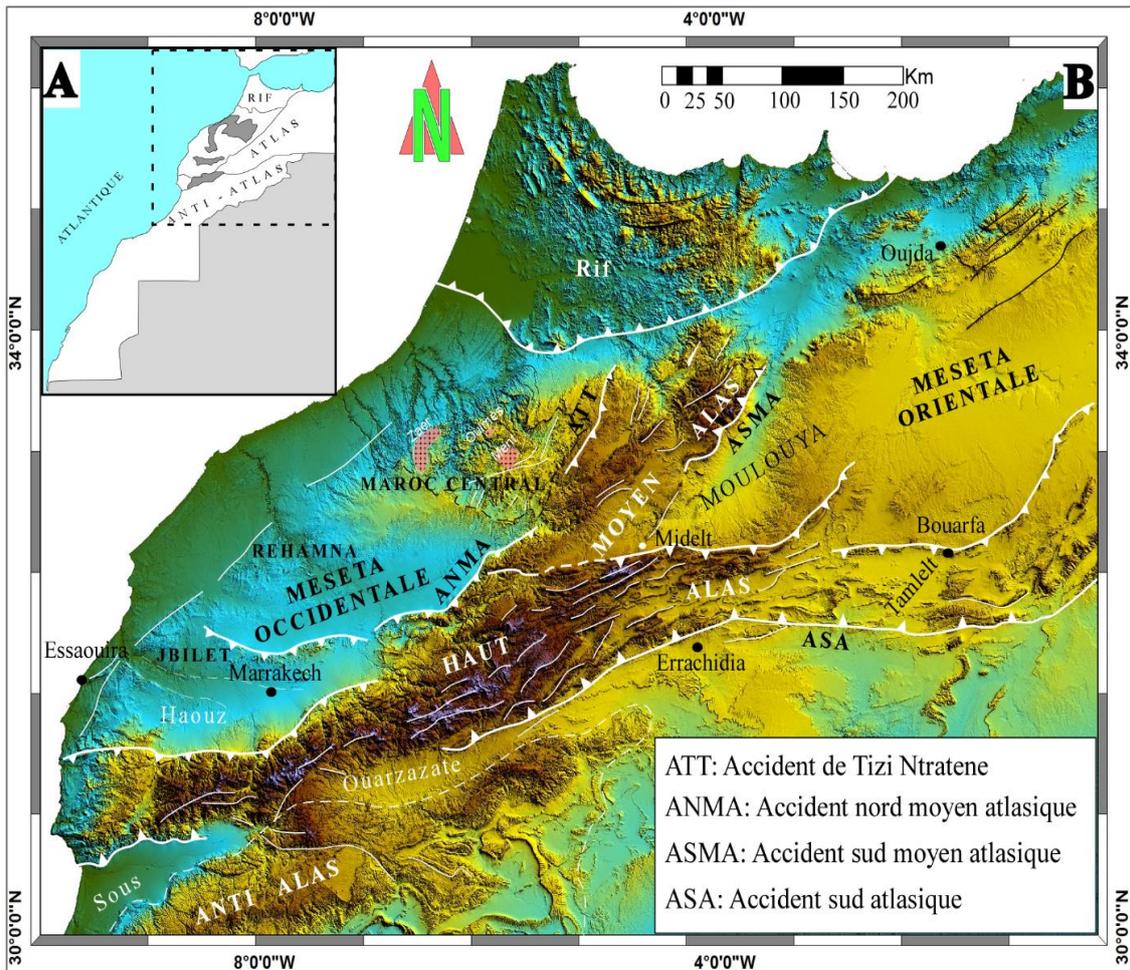


Figure 1: Localisation des unités atlasiques A: Schéma structural des domaines structuraux marocains illustrant les embranchements de l'Atlas ; B : MNT du Maroc septentrional indiquant les principales unités et accidents majeurs séparant les domaines structuraux marocain et la situation du granite de Zaër. (redessiné dans ce travail).

I-2- La chaîne hercynienne.

La chaîne hercynienne est caractérisée par des mouvements affectant les terrains du Paléozoïque. Ces mouvements se sont déroulés au cours du cycle varisque, entre le Dévonien terminal et le Carbonifère supérieur. Les structures engendrées affleurent aussi bien au Sud du Maroc dans l'Anti-Atlas qui constitue le plus vaste affleurement Paléozoïque marocain, qu'au Nord dans le domaine mesetien dans les boutonnières affleurant au sein des terrains plus récents.

- ❖ Au Sud du Maroc dans l'Anti-Atlas, l'orogénèse hercynienne, d'âge Carbonifère (Michard et al, 1982), affecte les formations sédimentaires allant du Cambrien jusqu'au Carbonifère. Elle engendre des plis ouverts et kilométriques au sein d'un climat métamorphique qui atteint rarement le faciès épizonal (Hassenforder, 1987).
- ❖ Au Nord du Maroc dans le domaine mesetien où les terrains primaires forment une série complète allant du Cambrien jusqu'au Permien, l'orogénèse hercynienne est

mieux exprimée car, les affleurements paléozoïques sont fortement déformés, schistosés et granitisés. Trois zones structurales ont été définies d'Est en Ouest (Fig.2) selon l'intensité de la déformation (Hoepffner, 1987 et Piqué et Michard, 1989)

- ❖ La zone des pays internes englobe les massifs de la Meseta orientale (Debdou, Mekkam, Jerada, Midelt). Cette zone est matérialisée par une déformation généralisée et relativement importante (Michard et al, 2008). L'orogénèse, d'âge Dévonien terminal à Carbonifère inférieur, est matérialisée par un métamorphisme anchi- à épizonal (Hoepffner 2005).
- ❖ La zone de transition est située à l'Ouest de la zone des pays internes. Elle intègre, au Nord la partie occidentale de la boutonnière de Tazekka, dans sa partie médiane la bordure orientale du MHMC (Azrou- Qasbat Tadla) et au Sud la zone des nappes des Jbilet Orientales. La zone de transition est située au front des chevauchements hercyniens internes de la Meseta orientale marocaine (Piqué et Michard, 1983 et Hoepffner, 1987). Le développement de ces chevauchements et la déformation synschisteuse et synmétamorphe sont rapportés à la période viséenne (330 Ma) (Bouabdelli, 1989). L'évolution tectono-sédimentaire de cette zone est similaire à celles des bassins d'avant pays (Ben Abbou et al., 2001 ; Ntarmouchant et al., 2016).
- ❖ La zone externe comprend la plus grande partie du Massif Central Marocain, les Rehamna , les Jbilet centrales et occidentales et le bloc ancien du Haut-Atlas. La phase orogénique majeure asturienne se traduit par des plis à vergence variable accompagnés d'un débit schisteux fruste très développé au niveau des zones de cisaillement (Tahiri, 1991.). Cette zone est lardée par un système filonien et par de nombreux plutons granitiques notamment celui de Zaër dont la mise en place accompagne au sens large l'évolution de la chaîne hercynienne (Michard et al,2010).
- ❖ La marge de la chaîne, formée essentiellement par le môle Côtier, est une zone caractérisée par des couches relativement stables peu affectées par la tectonique.
- ❖ La zone de Rabat Tiflet (bloc de Sehou) constitue un terrain d'origine énigmatique (Michard et al., 2010) puisqu'il s'agit d'un ensemble Cambro-Ordovicien métamorphisé et recoupé par des granites d'âge Ordovicien supérieur. Ces terrains et leur structuration ne montrent aucune similitude avec leur équivalent du Maroc Hercynien Central auxquels ils sont accolés (Piqué, 1982 ; El Hassani, 1990).

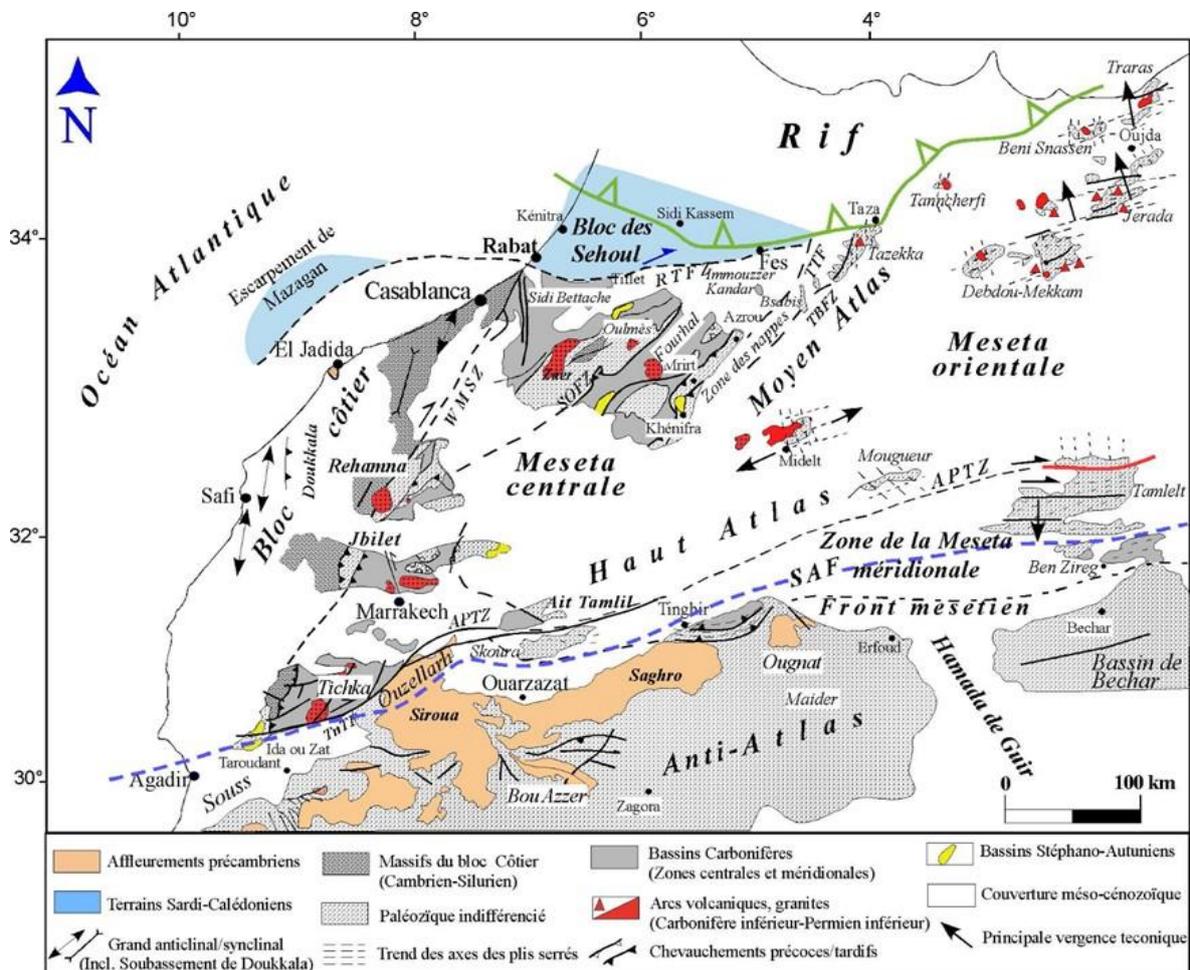


Figure 2: Carte structurale montrant les domaines mesetiens avec les zones structurales du Maroc hercynien, (Hoepffner et al., 2005).

I-3- Le magmatisme hercynien et les minéralisations associées

Les manifestations magmatiques sont l'une des traits majeurs accompagnant l'orogénèse et constituent de ce fait, un marqueur permettant la reconstitution de l'histoire géodynamique de cette orogénèse. Par ailleurs, ces manifestations et leur environnement géologique recèlent d'importants gisements de minerais, car les minéralisations sont spatialement associées aux intrusions magmatiques. Ce type d'environnement est en effet un fournisseur important de métaux comme Au, W, Ag, Pb, Zn, au travers de nombreux types de gisements (porphyres cuprifères, filons péri-granitiques, skarns, etc..). Ainsi, l'étude du contexte géologique de ce type d'environnement constitue des cibles économiques d'intérêts majeurs (Document ONHYM inédit).

I.3. 1. Le magmatisme hercynien

Dans le Maroc hercynien les événements magmatiques sont présents depuis le Cambrien jusqu'au Permien. Ces événements se sont succédé au cours des différentes phases de déformations définies dans le Paléozoïque. Ce travail qui s'intéresse au granite de Zaër dont l'âge de mise en place est compris entre $301 \pm 8\text{Ma}$ et $298 \pm 3\text{Ma}$ (Giuliani 1989), se limitera aux événements historiques de ce magmatisme durant la période Carbonifère au Permien. Les événements magmatiques, qui se sont déroulés lors de cette période et reconnus

dans presque tous les affleurements paléozoïques du domaine mesétien, permettent de distinguer, selon les relations entre la géométrie des corps magmatiques et les structures d'une part et les relations chronologiques (chronologie relative et absolue) entre les différents corps d'autre part, trois ensembles :

- ✓ Un magmatisme syn-orogénique et à caractère essentiellement basique se mettant en place au sein des séries sédimentaires des bassins d'avant-pays carbonifères.
- ✓ Un magmatisme syn à tardi-orogénique montrant un caractère intermédiaire à acide qui accompagne l'évolution de la chaîne hercynienne.
- ✓ Un magmatisme post-orogénique à caractère intermédiaire clôturant l'évolution varisque.

I.3. 2. Minéralisations Hercyniennes

Au Maroc, la plupart des minéralisations ont été mises en évidence durant les années 40 et 50 (Agard et al, 1952). C'est dans le Paléozoïque que se manifestent la majorité des indices et gisements. Ces minéralisations sont liées soit au volcanisme syn-orogénique soit on les trouve tout autour ou dans les massifs granitiques hercyniens syn à tardi-orogéniques affleurant ou cachés. Ces derniers sont le plus souvent révélés par la présence du métamorphisme de contact ou par des anomalies gravimétriques. Ces minéralisations se répartissent en sous-provinces :

- ❖ Sous-province en amas sulfurés de Jbilet-Guemmassa caractérisée par des minéralisations polymétalliques volcanogènes liées au volcanisme syn-orogénique de la meseta occidentale. La minéralisation, à dominance de pyrrhotite, s'est formée dans des bassins de second ordre lors d'un événement hydrothermal-exhalatif régional lié aux manifestations magmatiques hercyniennes calco-alcalines. Le terme "exhalatif" désigne l'arrivée de fluides de la lithosphère dans l'hydrosphère (Oftedahl, 1958). Les gisements les plus importants sont ceux de Hajjar, de Draa Sfar et de Kettara.
- ❖ Sous-province à minéralisations peri-batholitiques dont les gîtes sont en étroite association spatiale avec les batholites granitiques. Ces minéralisations constitués d'étain, de molybdène et de tungstène sont soit de type skarns (gisement à Mo, Cu, W d'Azegour dans le Haut Atlas, gîtes à Mo en bordure orientale du massif de Tichka, etc.), soit de type départ acide à hydrothermal que l'on rencontre dans les domaines de la meseta occidentale (exemples : gîtes de Sn d'El Karit situé sur la bordure occidentale du granite d'Oulmès, le gîte de Sn d'Achmmach en liaison probable avec une coupole granitique cachée et les indices stannio-wolframifères de Tarmilet-Zguit à Oulmès,) et la meseta orientale (exemples : gîtes de W Hassian Ed Diab dans le Mekkam, gîte de W Sidi Bou Azzouz et indices de W, Mo autour du

massif de Tazekka). Les prospections actuelles et les indices minéralisés découverts autre que l'étain, le molybdène et le tungstène dans les terrains paléozoïques du domaine mesetien indiquent des potentialités régionales importantes. Ainsi des indices aurifères ont été signalés dans :

- ✓ Le massif paléozoïque du Haut Atlas occidental à Tichka au sein de l'auréole de métamorphisme granodioritique et dans les terrains viséens d'Amezmiz où ces indices sont associés à des volcanites acides.
- ✓ Le massif paléozoïque du Haut Atlas oriental à Tamlelt au sein des zones de broyage au contact des schistes siluriens avec les quartzites ordoviciens (Bouali, 1995) Les teneurs en or varient de quelques ppm à 100 ppm.
- ✓ Le massif de Rehamna central au sein des filons de quartz.
- ✓ Le Maroc central à Jbel Aouam (Nerci, 2006), à Bou Ijja situé au voisinage du granite de Ment et le long de la zone de cisaillement de Smaala-Oulmès : i) au Nord à Achmmach où les structures aurifères encaissées dans une série schisto-gréseuse du Namurien ont été interceptées par un sondage entre 130 m à 315 m de profondeur. Les extensions des gisements sont limitées et montrent une teneur en Au de 26 g/t ; ii) au Sud à Moulay Bou Azza où les filons de quartz discontinus encaissés dans des schistes montrent une association minérale formée par la pyrite, l'arsénopyrite, la chalcopryrite, la sphalérite et la galène. Les teneurs moyennes en or sont de 6 g/t et 12 g/t.
- ✓ La meseta orientale dans la boutonnière de Boudoufoud et dans le Tazekka (Bouali, 1995)

I-4. Choix de la région

La chaîne hercynienne a fait l'objet de nombreux travaux pour caractériser son histoire géodynamique. Cette même chaîne hercynienne contient une grande variété de manifestations magmatiques et de très nombreuses minéralisations en étain, tungstène, cuivre, or et antimoine entre autres. Du fait de la variété des terrains qui la constituent, il existe une grande diversité de morphologies pour chaque substance et pour chaque type de minéralisation. Ces dernières sont généralement connues dans des contextes granitoïdiques où elles sont le plus souvent associées à des couloirs de cisaillements.

Le secteur de Zaër, situé sur le flanc NW à l'anticlinorium de Khouribga Oulmès à une centaine de kilomètres au Sud de Rabat. Les terrains de la zone d'étude sont d'âge Ordovicien-Carbonifère, intrudés par le granite de Zaër qui se présente sous forme d'une ellipse orientée NE-SW (Giuliani, 1982).

II. Le secteur de Rhourat N'Hass.

II-1. Cadre géographique et géologique régional.

II.1.1 Cadre géographique

Le Massif Hercynien Central est une boutonnière localisée au Nord-Ouest de la meseta occidentale et où affleurent des terrains d'âge Paléozoïque. Il s'étend de l'Ouest à l'Est, sur une distance d'environ 150 à 180 km, depuis Rabat-Casablanca jusqu'à Azrou-Khénifra tout en passant sous le cause moyen atlasique. Sa largeur varie de 8 à 100 km entre le Sillon Sud Rifain au Nord et le Plateau des Phosphates au Sud (Fig.3). Il est formé par de nombreuses collines orientées NE-SW dont l'altitude varie entre 800 et 1750m. Les précipitations annuelles y atteignent les 500 mm favorisant ainsi l'installation d'un vaste couvert végétale constitué par des forêts de chênes vert et de chênes lièges alternant avec d'importants espaces aménagés pour l'agriculture. Le réseau hydrographique se compose essentiellement par les Oueds Grou, Korifla, Cherrat, Nefifikhet Mellah (Michard, 1976 ; Piqué, 1994) qui prennent naissance au niveau du Moyen Atlas pour déverser leurs contenus suivant une direction générale E-W dans l'océan atlantique.

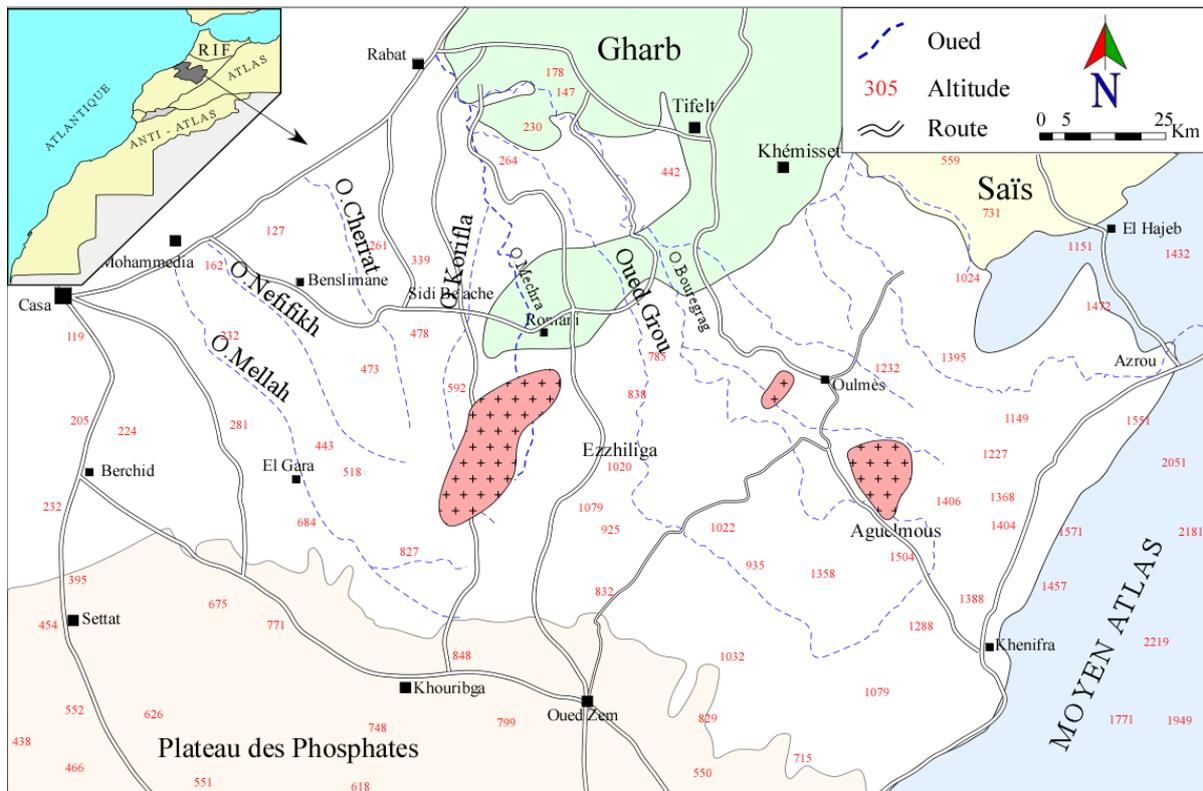


Figure 3: Carte géomorphologique du Massif Hercynien Marocain Central (Carte topographique d'Ezzhiliga 1/50000)

II.1.2 Cadre géologique :

Le Massif Hercynien Marocain Central (MHCM) constitue le plus vaste affleurement paléozoïque du domaine mésetien. Sa structuration au cours de l'orogénèse hercynienne a permis l'élaboration d'une succession de zones anticlinoriales et synclinoriales orientées NE-SW (Fig.4). Ces zones sont de l'Ouest vers l'Est (Beaudet, 1969):

- ✓ L'anticlinorium de Casablanca, constitue une zone stable matérialisée par des dépôts du Paléozoïque inférieur.
- ✓ Le synclinorium occidental comprend le bassin de Sidi Bettache où siège une sédimentation détritique dévono-dinatienne (Piqué et Kharbouch 1983).
- ✓ L'anticlinorium de Khouribga-Oulmès est formé par des terrains allant de l'Ordovicien jusqu'au Westphalien intrudé par deux massifs granitoïdiques ; celui d'Oulmès au NE et le batholite de Zaër à l'Ouest. C'est dans ce dernier massif que se situe notre secteur d'étude.
- ✓ Le synclinorium de Fourhal constitue une gouttière caractérisée par des dépôts viséo-namurien intrudé dans sa partie médiane par le massif granitoïdique du Ment (Boushaba, 1994).
- ✓ L'anticlinorium de Kasba Tadla-Azrou, matérialisé par des dépôts allochtones de nature détritique et carbonatée du Paléozoïque inférieur et autochtones de nature essentiellement détritique Viséen. Cette dernière zone est lardée par le système magmatique filonien de l'Azarar (Agard et al, 1952; Ntarmouchant, 1991).

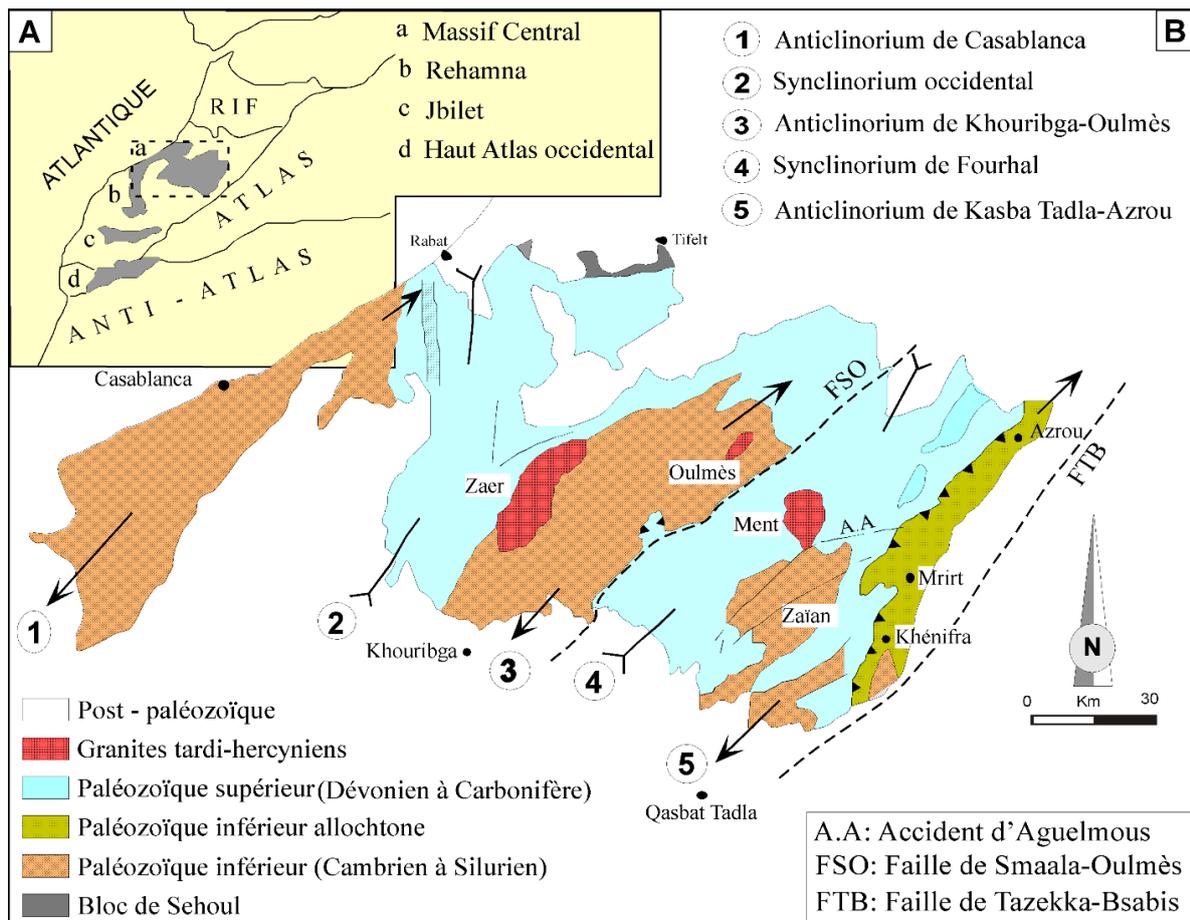


Figure 4: Carte du Maroc montrant les différentes boutonnières paléozoïques affleurant dans la Meseta occidentale. B: Unités structurales du Massif Hercynien Marocain Central (Bouabdelli, 1989).

II-2 Cadre géographique et géologique local.

II.2.1. Cadre géographique

Le massif de Zaër occupe une superficie de 450 Km² environ. Il constitue ainsi le plus grand corps granitique affleurant dans le MHCM. Il affleure sous une forme elliptique longue de 40km suivant une direction NE-SW sur une largeur de 15 à 20km. Il est aménagé entre les reliefs quartzitiques paléozoïques, ce massif constitue une dépression qui affleure sous forme d'un plateau n'excédant pas 700m d'altitude (Fig.5). Il est parcouru généralement suivant une direction N-S par de nombreux talwegs à écoulement temporaire notamment celui de Si Hammou et de Si Ben Ahmed qui constituent au Nord les affluents Oued Khanoussa. Dans sa partie Nord, il est traversé par la route RP22 allant de Rommani jusqu'à Ezzhiliga desservie par de nombreuses pistes carrossables. La forme sigmoïde du massif granitoïdique de Zaër correspond à une énorme lentille de cisaillement dextre (Lagarde, 1987). Les vallées N-S correspondraient à des failles subméridiennes générées au cours de ce cisaillement.

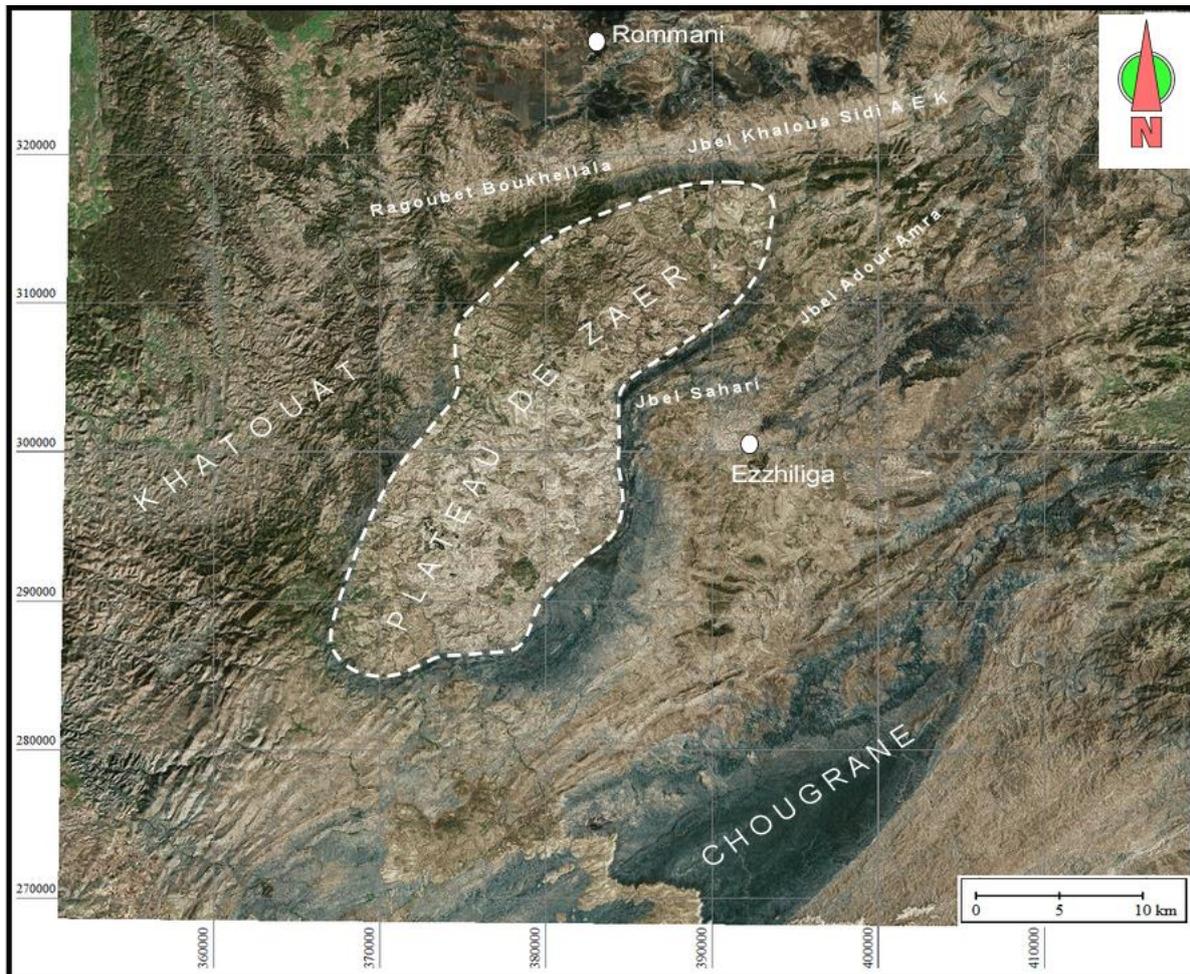


Figure 5: Carte satellite, montrant la forme elliptique du batholite de Zaër

II.2.2. Cadre géologique

Le massif granitoïdique de Zaër affleure à l'Ouest de l'anticlinorium de Khouribga-Oulmès au sein des formations paléozoïques sous forme d'un massif circonscrit, d'orientation générale NE-SW parallèle à la structure hercynienne majeure. Ce massif est composé par deux principales unités pétrographiques dont la mise en place se succède dans le temps. Il s'agit du granite à biotite qui constitue le faciès de bordure et le granite à deux micas localisé au Sud de ce batholite. Les événements magmatiques s'achèvent par la mise en place de filons aplitiques à muscovite. Les terrains paléozoïques encaissant ce massif sont déformés et schistosés par l'orogénèse hercynienne et se caractérisent par un métamorphisme anchi à épizonal. Ces terrains montrent au contact de ce massif une auréole de métamorphisme de contact de 1 à 3 Km de large (Mahmood, 1981 ; Boushaba et Cailleux, 1992).

A- Encaissant métamorphique.

Les formations encaissantes directement le batholite de Zaër sont composées à l'Est par une série schisto-gréseuse ordovicienne et à l'Ouest par des calcaires dévoniens et une série schisto-gréseuse dévono-dinantienne. Les formations schisteuses siluriennes affleurent sous forme de lambeaux au SW de ce batholite ou encore au niveau des accidents. Ainsi on distingue (Piqué, 1979 in Giuliani, 1982) (Fig.6) :

L'Ordovicien comporte une série sédimentaire qui s'étend du Llandeilo à l'Ashgil. Cette série débute par des schistes gréseux et micacés avec intercalation de bancs de quartzites suivis par un ensemble uniforme de schistes tendres auquel succède un complexe schisto-gréseux et quartzitique.

Le Silurien est représenté par un faciès uniforme essentiellement schisteux à affleurement éparses contenant des graptolites.

Le Dévono-dinantien débute par une série du Dévonien inférieur à moyen constituée de bancs carbonatés et dolomitiques affleurant sur la bordure Nord du granite des Zaër. Alors que les formations Faméno-tournaisiennes sont constituées de terrains calcaro-gréseux affleurant dans la partie Ouest et Nord du massif.

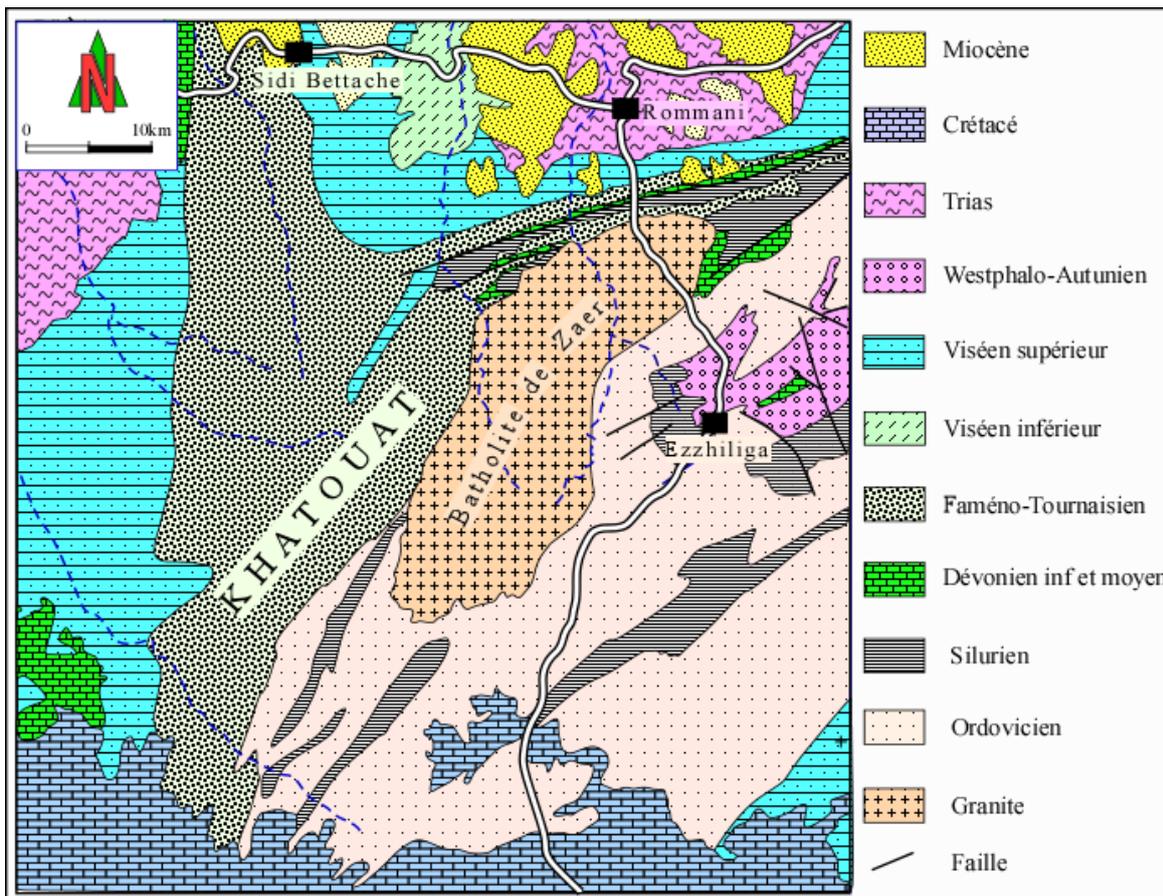


Figure 6: Carte géologique de la partie occidentale du Maroc central (A. Piqué, 1979 in Giuliani, 1982)

B- Données pétrographiques du batholite de Zaër :

Dans sa totalité, le complexe granitique présente deux faciès principaux qui sont (Fig.7) (Mahmood, 1980 ; Giuliani, 1982):

- ✓ Un faciès à biotite seule à tendance porphyroïde, bleu sombre de composition grano-dioritique à dioritique et qui constitue la bordure de ce batholite.
- ✓ Un faciès à deux micas à gros grains, de nature granitique à granodioritique situé dans la partie Sud de ce massif.

Enfin ce massif granitoïdique est lardé par des filons tardifs de nature aplitique dont l'affleurement le plus important est celui d'Ain Guernouch (Fig.7).

B-1. Faciès à biotite

Il s'agit de la granodiorite sub-porphyrique de bordure et de la granodiorite équigranulaire située dans la partie centrale septentrionale. Ce sont ces deux faciès pétrographiques qui constituent le granite principal à biotite de Zaër. La granodiorite sub-porphyrique est de teinte gris-sombre montrant une texture grenue à grain moyen et à tendance porphyroïdique. Elle est constituée de quartz, de plagioclases de perthite et de biotite. Elle occupe les deux terminaisons semi-circulaires de ce massif ainsi que sa bordure Ouest. Cependant la granodiorite équigranulaire, de teinte gris-clair, occupe la partie centrale de la moitié Nord de ce massif (Fig.7). Ces faciès affleurant au NE et au SW de ce massif sont datés par le couple U/Pb à $301 \pm 8,2$ Ma (Giuliani, 1989).

B-2. Faciès à biotite et muscovite.

Ce faciès occupant la moitié sud de ce massif, constitue le monzogranite à deux micas ou encore le leucogranite à deux micas ayant une teinte gris argenté à grain moyen fait de quartz, de plagioclase, de microcline, de perthite, de rare biotite et de muscovite. Ce leucogranite est daté par le couple K/Ar à 298 ± 3 Ma (Giuliani 1989).

Le contact entre ces deux faciès granitiques se fait au niveau du couloir faillé de Demrane Chbeika (Fig.7), ce qui est traduit par des enclaves de taille décimétrique ainsi que de plus grands panneaux de granite à biotite dans le faciès granitique à deux micas plaçant ainsi d'une mise en place tardive de ce dernier (Mahmood et Couturie, (1979) in Giuliani, 1980).

B-3. Faciès aplitique.

Il s'agit d'un granite aplitique qui se présente en petite masse ou en filon intrusif dans le granite principal à biotite. Ce faciès est représenté par l'affleurement d'Ain Guernouch en forme de dyke d'environ 4km de long sur quelques dizaines de mètres de large. Ce dyke,

formé par une roche hololeucocrate à grain fin de quartz, de feldspaths et de muscovite, est orienté NE-SW. Cette intrusion aplitique a été datée par K/Ar à $283 \pm 6,2\text{Ma}$ (Giuliani 1989).

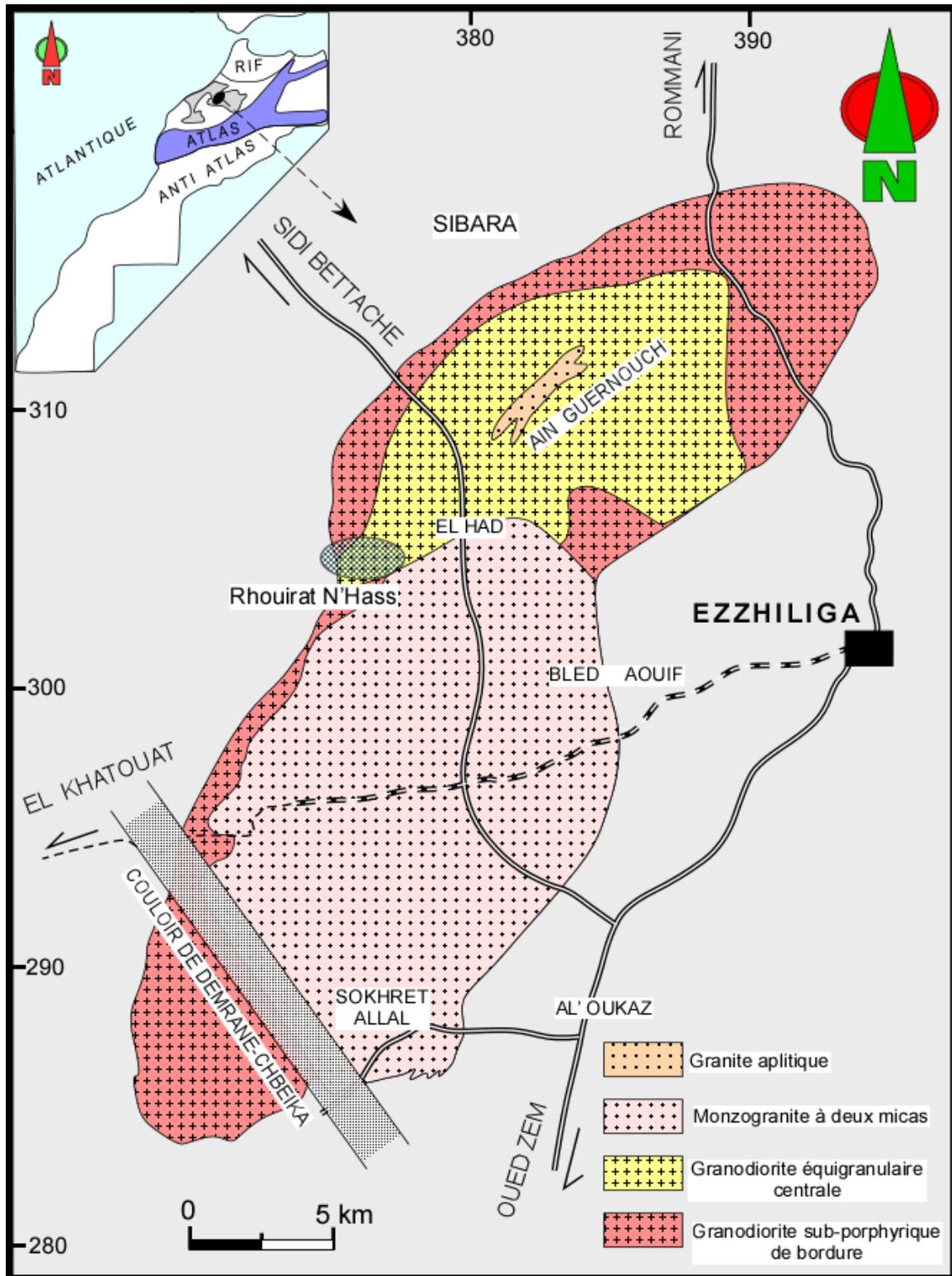


Figure 7: Carte montrant les différents faciès pétrographiques du massif granitoïdique de Zaër (Mahmood, 1980)

L'étude pétrologique effectuée par Haimeur (2004), a permis d'apporter plus de précisions sur les faciès pétrographiques composant le massif de Zaër. Les résultats de cette étude sont consignés dans le tableau ci-dessous.

<i>Granite à deux micas</i>	<i>Granite à Biotite</i>	
Leucogranite à deux micas	<i>Le faciès NE</i>	<i>Le faciès SW</i>
Monzogranite-syéno granite	Monzogranite-granodiorite	Granodiorite-tonalite
Leucocrate, gris argenté	Couleur gris clair à tendance bleutée	Gris noir
Homogénéité pétrographique et intense arénisation	Aspect homogène	Aspect homogène
Texture grenue isogranulaire, Le cœur de l'intrusion présente des grains grossiers qui deviennent plus fins vers les bordures. La roche montre une forte schistosité	Texture grenue, plus grossière au cœur du pluton, et devient progressivement grenue porphyroïde vers les bordures	Texture grenue porphyroïde

Tableau 1: Les caractéristiques pétrographiques du massif granitoïdique de Zaër (Haimeur et al., 2004).

II-3 Cadre géographique et géologique de Rhourat N'Hass.

II.3.1. Cadre géographique

La région de Rhourat N'Hass, objet de cette étude, se situe à 30km à l'Ouest d'Ezzhiliga et plus précisément à 3,5 km au SW du village de Hed el Ghoualem sur la route qui mène du village de Merchouch vers la ville d'Oued Zem (Fig.8). Rhourat N'Hass constitue une colline à crête dénudée, orientée sensiblement E-W dont l'altitude n'excède pas 600m (Fig.8). Cette colline est bordée à l'Est par l'Oued Cherchara et par l'Oued Aouïd à l'Ouest. Elle est facilement reconnaissable grâce aux ruines et déblais délaissés sur place suite à une ancienne activité d'exploitation minière de cuivre.

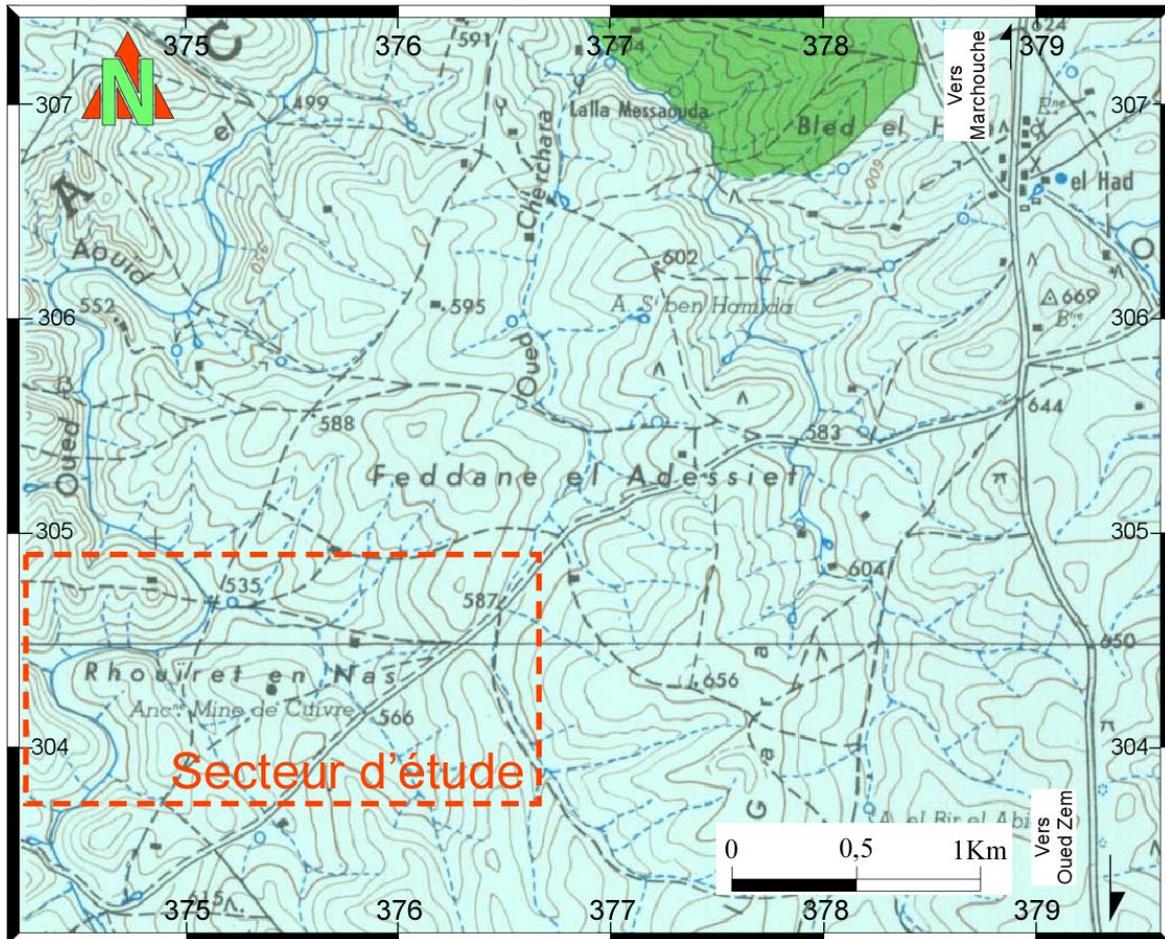


Figure 8: Carte topographique montrant la situation du secteur de Rhourat N' Hass (extrait de la carte topographique d'Ezzhiliga 1/50000)

II.3.2. Cadre géologique

Le secteur de Rhourat N' Hass est caractérisé par la présence d'une brèche, orientée E-W le long d'une faille, encaissée à l'Ouest dans la partie médiane du massif granitoïdique de Zaër (Fig.9). La brèche, très riche en quartz, forme un filon qui s'étend sur une longueur de 900m et une largeur variable n'excédant pas 10m (Fig.9). Sa direction varie entre N85 à N115, avec un pendage moyen de 65 à 90N. Ce filon bréchifié, recelant une minéralisation en cuivre, s'effiloche et disparaît sous l'arène granitique à l'Est, tandis qu'à l'Ouest, les derniers affleurements s'enfoncent sous les alluvions de l'Oued Aouïd. Ce filon est essentiellement encaissé dans le granite à biotite.

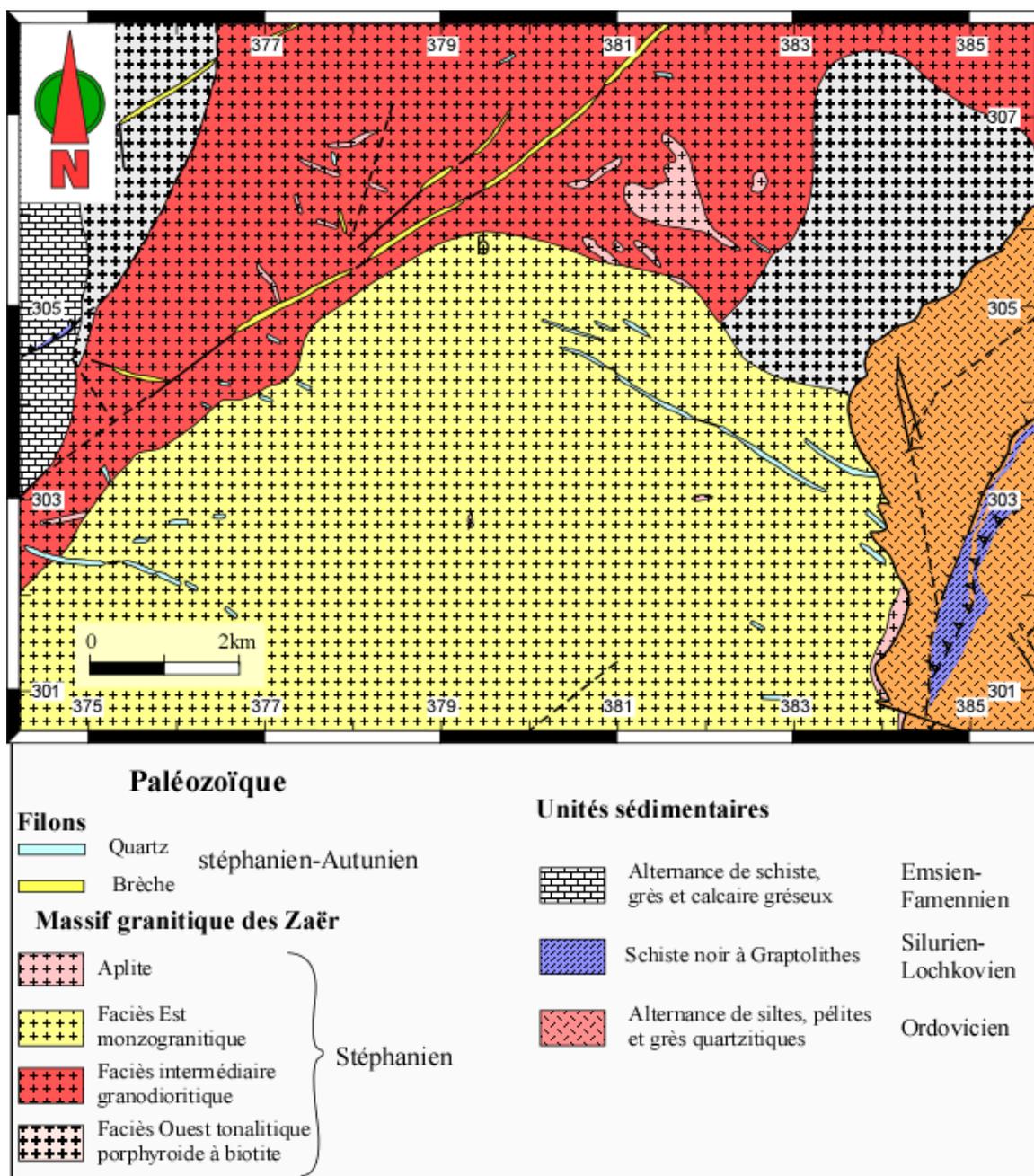


Figure 9: Carte géologique montrant la situation de la brèche de Rhourat N'Hass et les différents faciès composant le massif de Zaër (tirée de la carte géologique d'Ezzhiliga, modifiée)

Des études géologiques menées dans le cadre de ce travail dans le secteur de Rhourat N'Hass ont concerné l'étude :

- ✓ Des roches magmatiques et métamorphiques encaissant la brèche minéralisée.
- ✓ Des minéralisations rencontrées au niveau du filon bréchifié.
- ✓ Tectonique du secteur.

A- Les Roches magmatiques et leur encaissant métamorphique

A-1. Les roches magmatiques :

A Rhourat N'Hass, le massif granitoïdique est en grande partie recouvert par les altérites et l'arène granitique. Cependant, des roches fraîches affleurent au niveau d'Oued Aouïd, de la galerie principale, des zones de grattage et les puits miniers (Fig.10). Dans cette zone, à une centaine de mètres à l'Est de la galerie principale, le massif granitoïdique est intrudé par des filons épars de nature aplitique. Au cours des missions effectuées sur le terrain, un échantillonnage a été réalisé le long de la zone minéralisée d'Ouest en Est, depuis Oued Aouïd qui constitue la bordure Ouest de ce massif vers Oued Charcharat. Un sondage a été également réalisé par l'ONHYM au niveau de cette zone dont la description sera révélée dans ce travail pour la première fois.

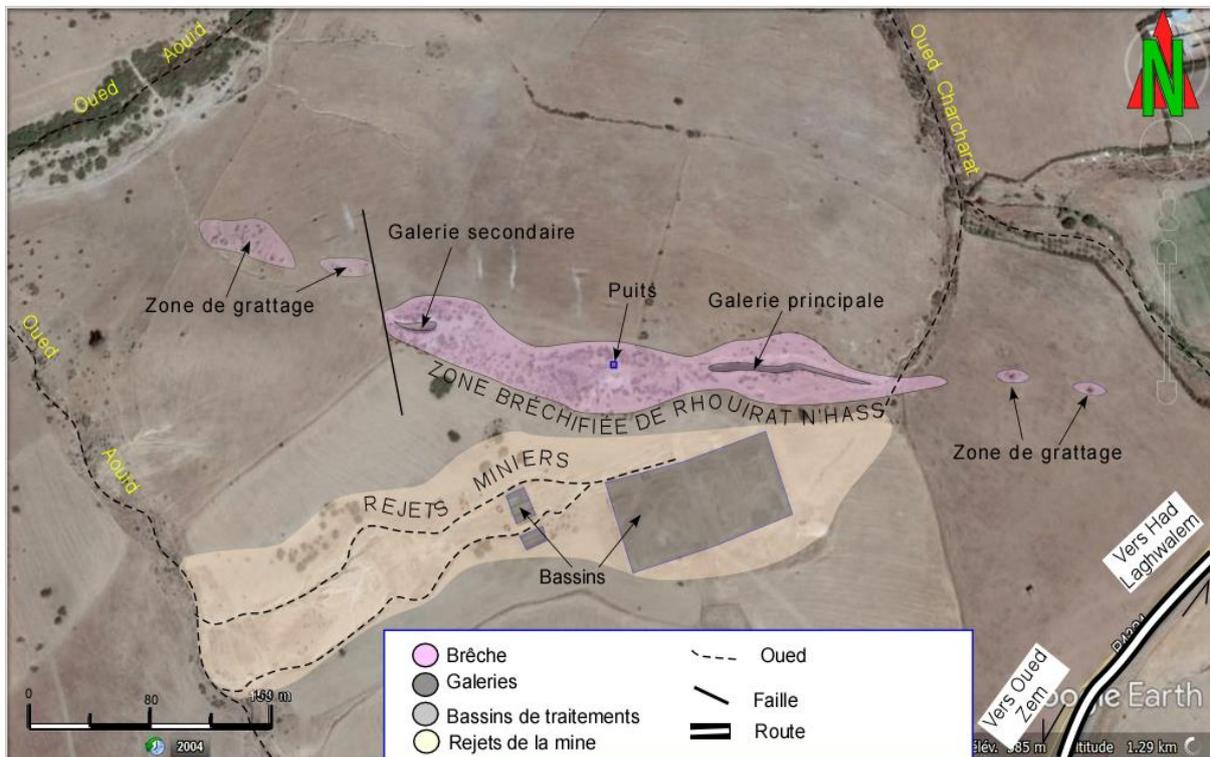


Figure 10: Présentation du secteur de Rhourat N'Hass (Image Google Earth)

L'analyse pétrographique des échantillons a permis de distinguer en plus du faciès aplitique, trois faciès magmatiques échantillonnés le long de la zone bréchifiée (Fig.10) . Il s'agit d'un:

- ✓ Faciès Ouest Tonalitique.
- ✓ Faciès intermédiaire granodioritique
- ✓ Faciès Est monzogranitique.

A-1-1 Faciès Ouest Tonalitique

L'étude macroscopique montre que la roche fraîche de ce faciès est mésocrate, de couleur gris foncée avec un aspect plus au moins homogène. Elle montre une texture grenue à grains moyen et une tendance porphyroïde à cristaux de plagioclases centimétriques (Planche.1-A-B). Sa paragenèse est à base de quartz, de plagioclases et de biotite.

Dans cette partie du massif on assiste à une abondance des enclaves ayant une couleur gris sombre et une texture microgrenue porphyrique. Ces dernières présentent une forme arrondie et ovoïde allongée, de taille centimétrique variant entre 20 à 40cm (Planche.1-C-D). Ces enclaves ont été décrites comme des enclaves microgrenues mafiques (EMM) par Haimeur (2005). Elles seraient des fragments de roches mafiques issus des magmas parents ayant engendré des faciès granitoïdiques différenciés du massif de Zaër.

Microscopiquement cette roche est constituée par :

Le quartz : (42,34%), de taille inférieure à 0,1mm, est xénomorphe. Il montre parfois une extinction roulante et renferme des cristaux de biotite, de zircons et de plagioclase (Planche.1).

La biotite : (13,5%), de taille comprise entre 0,5 et 2mm, apparaît le plus souvent sous forme automorphe à rarement subautomorphe. Elle est facilement identifiable par sa couleur marron pléochroïque. Quelques rares individus sont altérés en chlorite et oxydes de fers (Planche.1-G-H). Certains cristaux sont déformés et témoignent d'un cisaillement ductile postérieur à leur cristallisation. La biotite contient des inclusions fréquentes de minéraux accessoires tel que le zircon et l'apatite.

Le plagioclase : (41,16%), en lattes automorphes à sub-automorphes, de taille comprise entre 0,8 et 4mm, montre une composition, mesuré par la méthode optique, oscillant entre 26 et 34% An. Cette composition correspond à un plagioclase de nature oligoclase-andésine. La taille de certains individus peut atteindre 1cm, ce qui confère à ce faciès une texture inéqui-granulaire porphyroïdique. Cette texture a été également décrite dans ce faciès par Mahmood (1980) et Haimeur (2005). Ces phénocristaux renferment des inclusions de cristaux de plagioclases de plus petite taille (Planche.1-E-F). Les plagioclases montrent souvent la macles polysynthétique et présente un zonage typique (Planche.1-E-F). Certains individus sont altérés en séricite.

Le feldspath potassique : (3%), de taille allant de 0,5 à 0,7mm, est xénomorphe. Il n'est pas très abondant mais facilement identifiable dans cette roche puisqu'on le trouve sous forme de perthite. Le feldspath potassique est également altéré en séricite. On y trouve des inclusions de cristaux de plagioclase et de micas biotite (Planche.1).

Une analyse modale a été effectuée sur ce faciès à l'aide du compteur de points. Le résultat obtenu montre ainsi la dominance des plagioclases, permettant de définir cette roche en tant que tonalite sur le diagramme de Streckeisen (Fig.11). Ce résultat a été également identifié dans le faciès de bordure situé au SW du massif de Zaër (Mahmood, 1980).

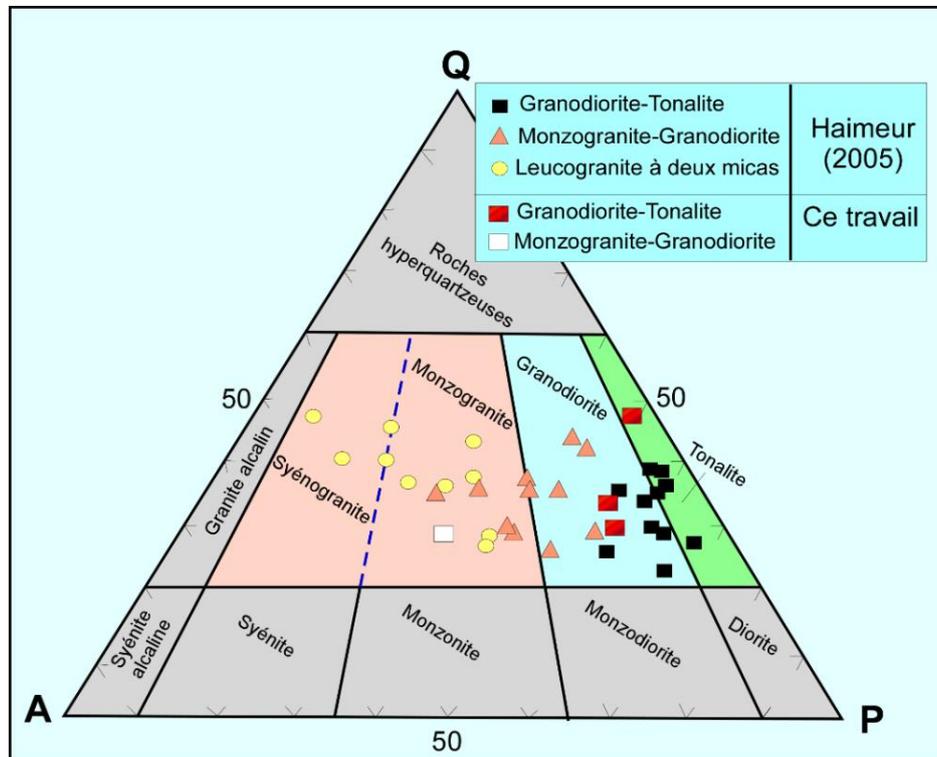


Figure 11: Projection des différents faciès pétrographiques composant le massif granitoïdique de Zaër sur le diagramme de Streckeisen.

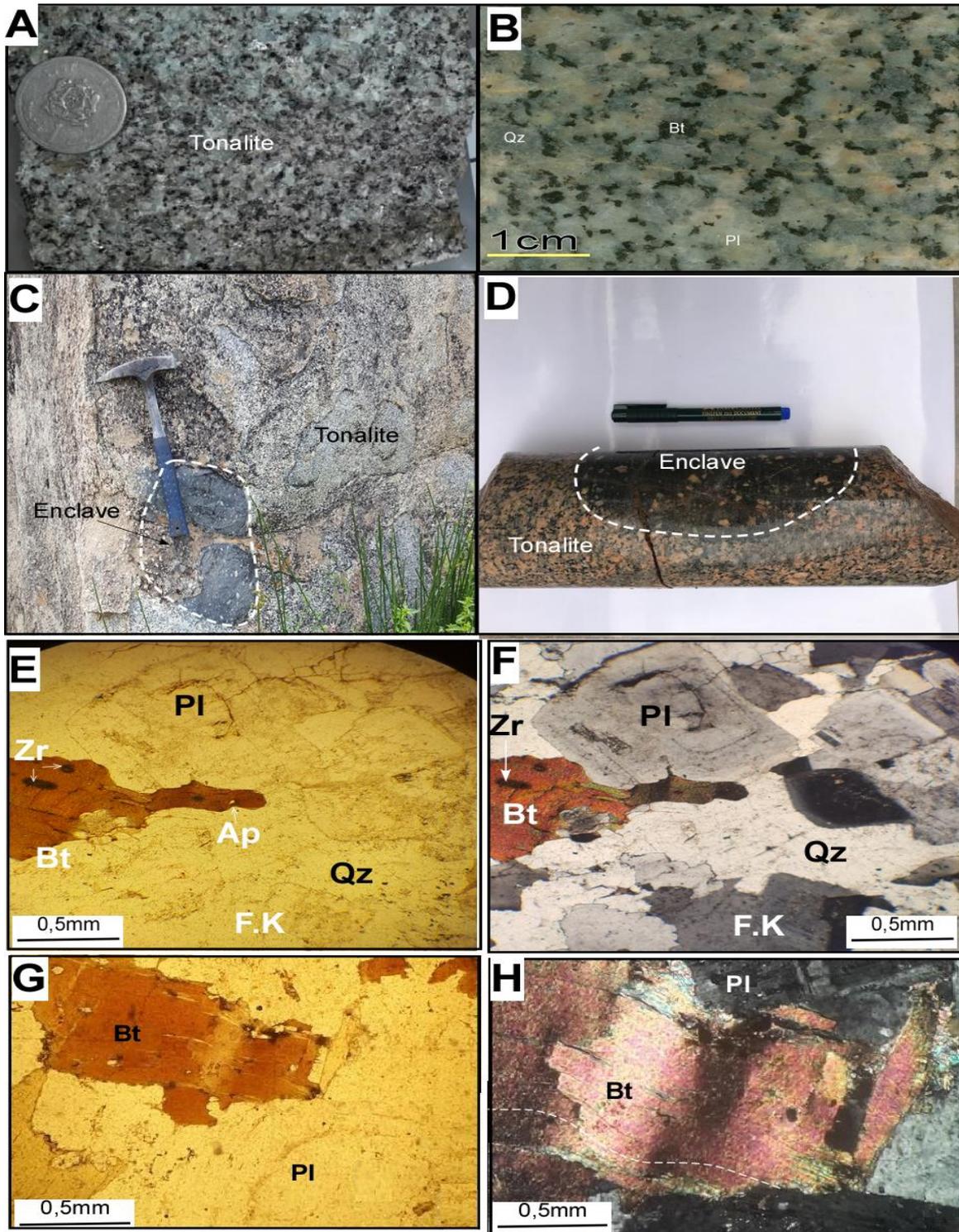


Planche 1: Photos A et B- Aspect macroscopique des échantillons du faciès ouest tonalitique .
 Photos C et D - Types d'enclaves microgrenues mafiques rencontrées dans la tonalite.
 Photos E et F: Aspect microscopique des minéraux constituant la tonalite, E en LPNA et F en LPA.
 Photos G et H: Vue microscopique d'une biotite déformée, montrant des figures de Kinck-band,
 G en LPNA et H en LPA. (Bt= Biotite; F.K= Feldspath potassique ;
 Qz= Quartz ; Pl= Plagioclase ; Zr= Zircon ; Ap= Apatite)

A-1-2 Faciès intermédiaire granodioritique

A l’affleurement, ce faciès apparaît plus clair que le faciès précédent. Une cassure fraîche de la roche, montre une couleur gris-clair, leucocrate, caractérisé par l’abondance des feldspaths et des micas noirs et une texture grenue équi-granulaire (Planche.2-A-B). Les enclaves y sont moins abondantes et de plus petite taille.

L’étude microscopique révèle une paragenèse relativement simple identique à celle du faciès précédent, constituée par le quartz, le plagioclase, le feldspath potassique et la biotite.

Le quartz : (29,4%), de taille moyenne 0,2mm, est représenté par des cristaux xénomorphes. Il inclut des biotites et des plagioclases (Planche.2-C-D).

Le plagioclase : (45%), de taille comprise entre 0,5 et 2mm, apparaît en latte avec une forme automorphe à subautomorphe. La majorité des individus sont maclés et plus rarement zonés. Leur composition en anorthite mesurée par la méthode optique varie entre 28 et 32%An leurs conférant comme pour le faciès précédent la nature d’un oligoclase-andésine. Ils montrent une altération en séricite (Planche.2-C-D).

La biotite : (11,5%), de taille allant de 0,3 à 0,6mm, apparaît avec une forme automorphe. Dans cette roche la biotite présente une altération très poussée en chlorite et en oxyde de fer. Des inclusions de zircon et d’apatite apparaissent dans des cristaux sains de biotite (Planche.2-E-F).

Le feldspath potassique : (14%), de taille pouvant atteindre 0,8mm, est sub-automorphe à xénomorphe. Il est reconnaissable grâce à sa macle simple et à sa forme perthitique. Certains individus sont complètement pseudo-morphosés en séricite (Planche.2-E-F).

En ce qui concerne ce faciès l’analyse modale effectuée sur cette roche montre une forte dominance des plagioclases mais moins que celle du faciès précédent. Les pourcentages des minéraux cardinaux permettent de définir cette roche sur le diagramme de Streckeisen en tant qu’une granodiorite (Fig.11). Ce faciès a été également décrit par Mahmood (1980) et Haimeur (2005) comme étant un faciès principal composant la partie NE du massif de Zaër.

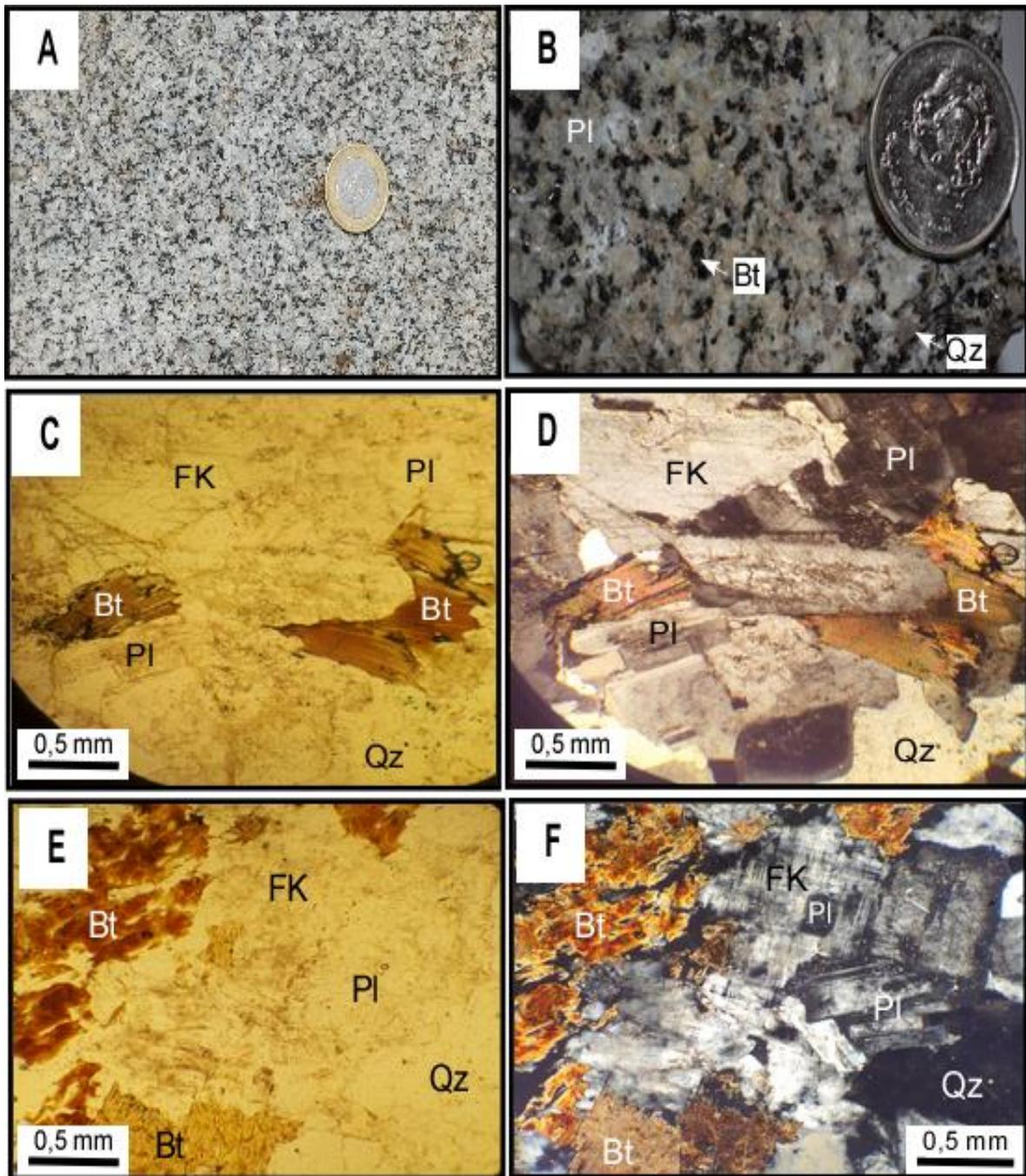


Planche 2:

Photos A et B- Echantillons de granodiorite; Photos C, D, E et F- Vue microscopique des minéraux constituant la granodiorite en LPNA photos C et E et en LPA photos D et F. (Bt = Biotite; F.K= Feldspath potassique (microcline) ; Qz= Quartz ; Pl= Plagioclase)

A-1-3 Faciès Est monzogranitique

La roche montre une couleur leucocrate, beige clair et une texture grenue isogranulaire. Elle est caractérisée par une paragenèse simple à base de quartz, de plagioclase, de feldspath potassique et de biotite ainsi que la muscovite bien visible à l'œil nu. Ce faciès, est intensément arénitité et recoupé par des filons de quartz, est dépourvu d'enclaves (Planche.3).

L'étude microscopique montre une paragenèse granitique qui diffère des deux faciès précédents par l'apparition de la muscovite agencée avec le quartz, le plagioclase, le feldspath potassique et la biotite.

Le quartz : (18,94%), apparait sous deux formes représentant deux générations. La première est représentée par un quartz primaire xénomorphe de taille moyenne 1mm et la seconde se manifeste par un quartz secondaire de taille inférieure à 0.1mm localisé au niveau des filonnets tardifs qui recourent ce faciès (Planche.3)

Le plagioclase : (26,63%), ayant une taille moyenne de 0,5mm, est souvent automorphe. Il est caractérisé par sa macle albitique, renferme des inclusions de biotite. Il montre une composition en anorthite mesurée par la méthode optique comprise entre 10 et 18% lui conférant la nature d'albite-oligoclase. Dans cette roche le plagioclase est également séricité.

La biotite : (7,3%), de taille allant de 0,4mm à 0,8mm, est toujours automorphe à sub automorphe à inclusion de zircon et d'apatite. Elle est très altérée en chlorite et oxydes de fer.

Le Feldspath potassique : (36,93%), de taille pouvant aller jusqu'à 4mm. Il est facilement reconnaissable dans ce faciès grâce à sa forme de perthite où s'observe clairement des veines albitiques au sein d'une plage uniforme d'orthose. Ce minéral est également très séricité.

La muscovite : (10,2%), apparait pour la première fois dans ce faciès et se manifeste par deux générations. La première est primaire, représentée par de grandes paillettes d'à peu près 1,2mm. Elle est le plus souvent seule ou associée à la biotite avec laquelle elle montre une croissance épitaxiale. La seconde est une muscovite secondaire ou tardive, présentée sous forme de petites aiguilles qui se sont développés avec le quartz au niveau des fissures ou encore au niveau des bordures de la biotite et des feldspaths potassiques.

L'analyse modale réalisée sur cette roche montre que les concentrations de quartz, plagioclase et feldspath potassique sont à peu près égales. Ils permettent de définir cette roche sur le diagramme de Streckeisen en tant que monzogranite (Fig.11). Cette dernière constitue le deuxième faciès principal composant le batholite de Zaër (Mahmood, 1980 ; Haimeur, 2005).

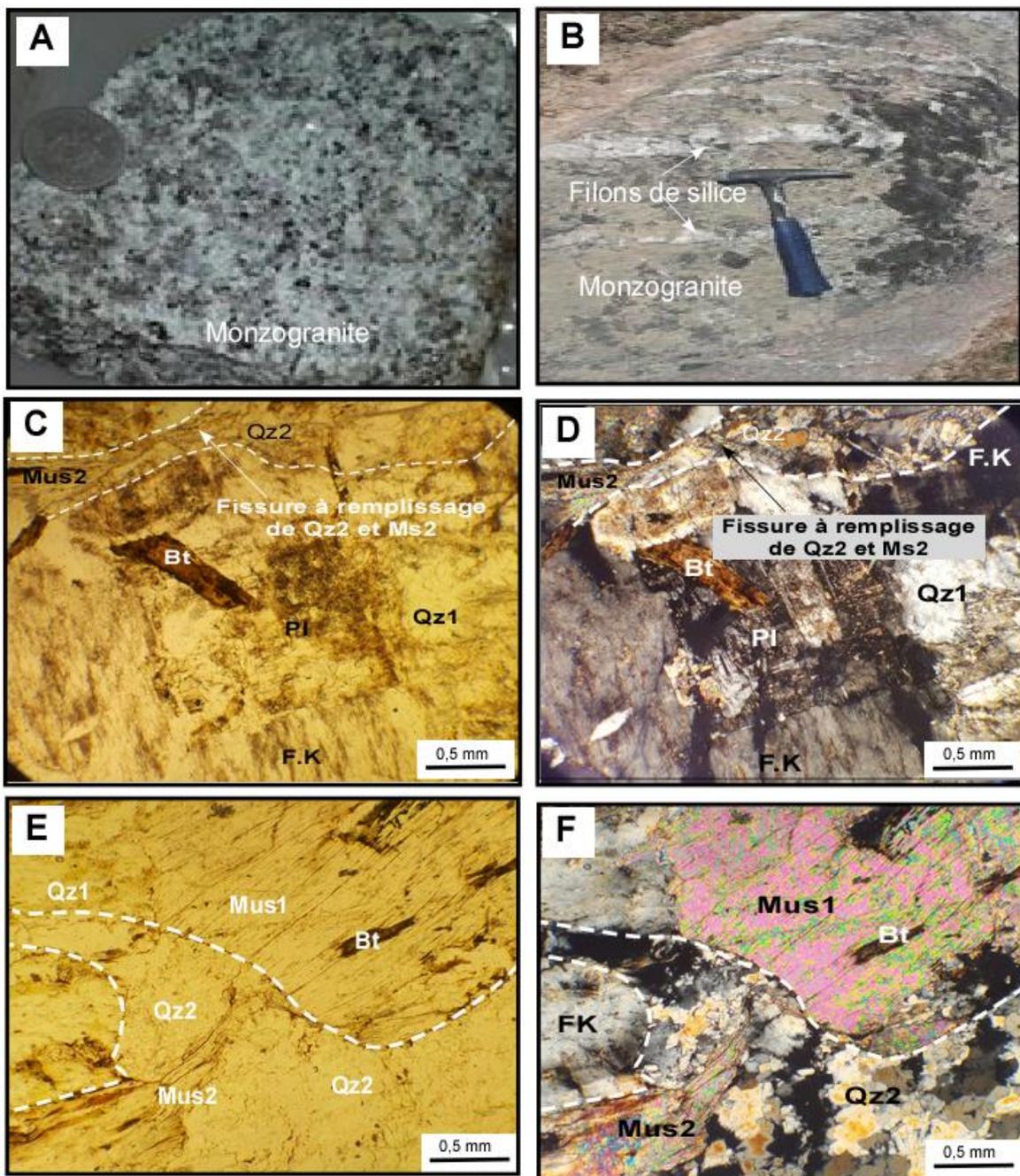


Planche 3: Photos A -Aspect macroscopique du faciès Est monzogranitique photo-B- affleurement d'un monzogranite recoupé par des filons de quartz tardifs. Photos C et D : Vue microscopique du monzogranite C en LPNA et D en LPA. Photos E et F : Vue microscopique d'un monzogranite montrant les minéraux primaires et secondaire de quartz et de muscovite, E en LPNA et F en LPA. Les minéraux secondaires apparaissent au niveau d'une fissure traversant la roche. (Qz1= Quartz primaire ; Qz2 = Quartz secondaire ; Mus1= Muscovite primaire ; Mus2 = Muscovite secondaire ; Bt = Biotite ; FK = Feldspath potassique)

A-1-4 Faciès aplitique

Les faciès du massif granitoïdique décrits précédemment sont recoupés par des filons beige clair d'aplite (Photo.1). Ces filons intrudent également l'encaissant métamorphique situé à proximité du granite. A cet endroit les filons d'aprites empruntent les accidents chevauchants le granite (Photo.2).



Photo 1: Dykes aplitiques tardifs recoupant le massif granodioritique.

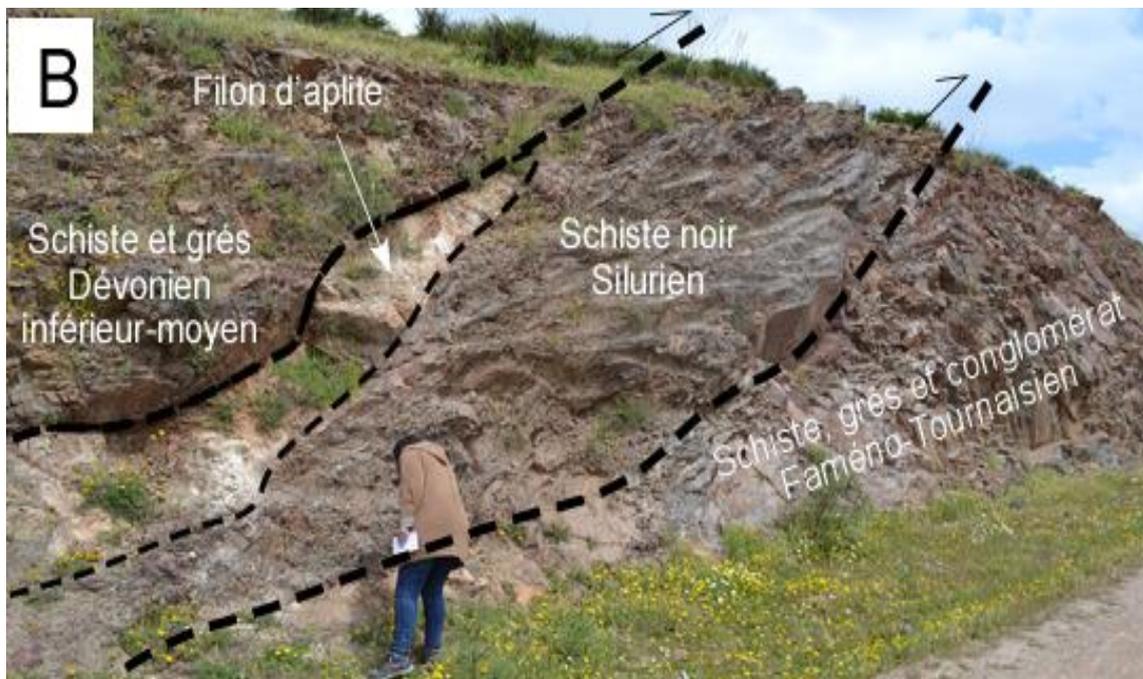


Photo 2: Dyke aplitique empruntant un accident chevauchant.

Ce faciès aplitique est représenté par une roche hololeucocrate et équi-granulaire présentant une texture à grain fin grenue en mosaïque. Cette roche est formée presque en totalité de minéraux clairs à peine visibles à l'œil nu (leur taille ne dépasse que rarement 1 mm), tels que du quartz, du plagioclase, du feldspath potassique et de la muscovite (Planche.4). La couleur beige clair caractérisant ce faciès aplitique, est en relation avec la dominance des minéraux felsiques.

Microscopiquement, cette roche montre la même minéralogie que le monzogranite. Cependant ce faciès est caractérisé par une texture fine où les grains sont inférieurs à 0,1mm ainsi que l'absence de la biotite. De plus, dans cette roche apparaissent des figures caractérisant une texture graphique fréquente dans les aplites (Planche.3-B-C). Cette texture représentée par des vermicules de quartz à l'intérieur du feldspath sombre indiquant la syn-cristallisation tardive de ces deux minéraux. Ce faciès clôture les dernières venues magmatiques dans la région de Zaër.

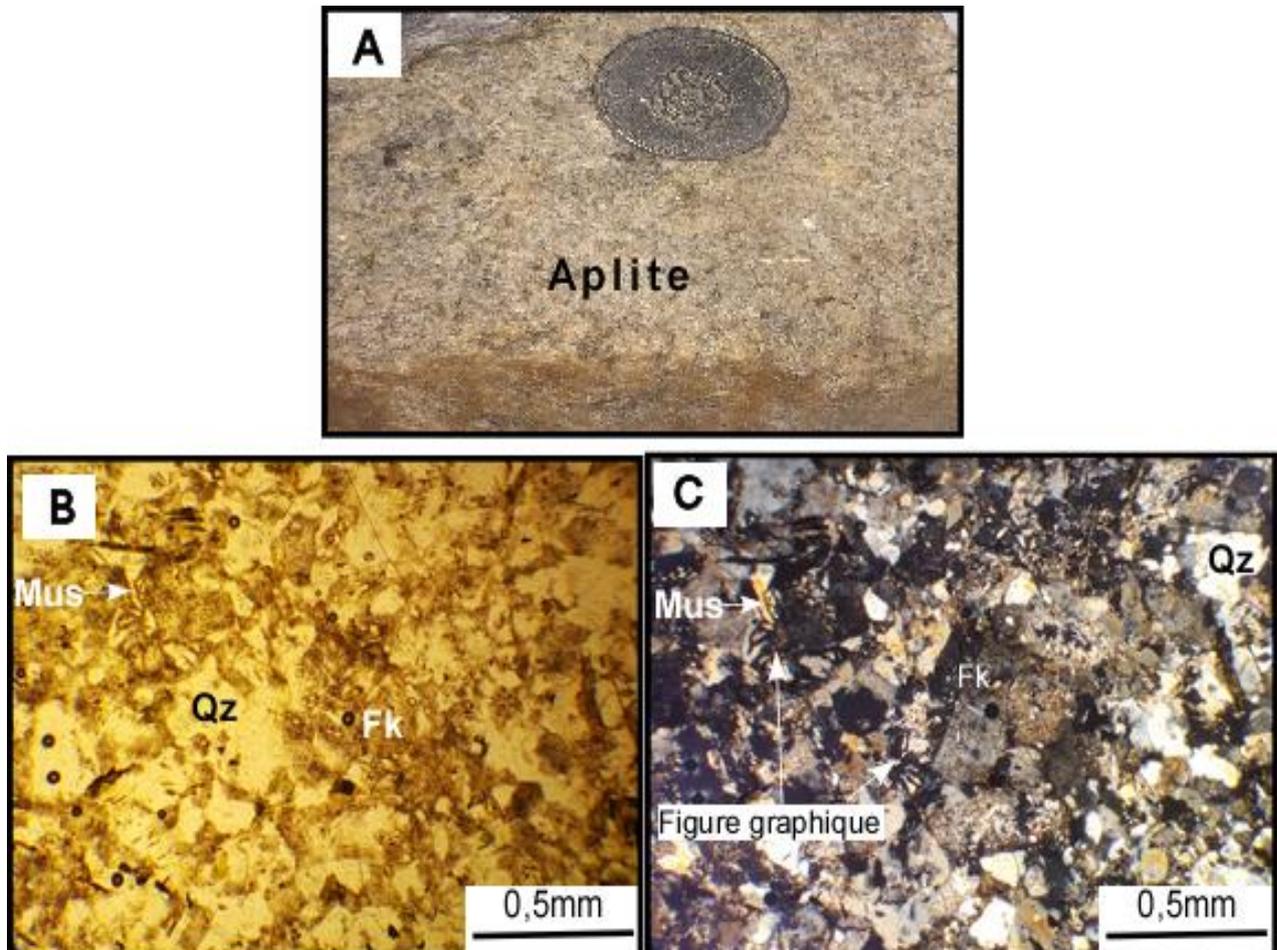


Planche 4: A- Photo montrant l'aspect macroscopique du faciès aplitique.
B et C- Photos illustrant l'aspect microscopique du faciès aplitique. B vue en LPNA et C en LPA.

A-1-5 Conclusion à l'étude pétrographique

Les résultats de l'étude pétrographique menée sur le massif granitoïdique de Rhourat N'Hass, qui constitue une portion du massif de Zaër, montrent que d'Ouest en Est cette zone présente une évolution pétrographique caractérisée par la diminution:

- ✓ des plagioclases en faveur des feldspaths potassiques
- ✓ de la biotite au dépend de la muscovite.

Cette tendance évolutive va de pair avec la distinction de trois faciès:

- ✓ Un faciès Ouest tonalitique caractérisant la bordure de ce massif.
- ✓ Un faciès intermédiaire granodioritique
- ✓ Un faciès Est monzogranitique

Ces résultats s'intègrent parfaitement dans la zonéographie définie dans ce massif Massif granitoïdique de Zaër (Mahmood, 1980 et Haimeur, 2005). Une telle évolution concorde avec une mise en place successive des facies moins évolués (tonalite) aux faciès plus évolués (Monzogranite).

A-2. Les roches métamorphiques

A l'ouest de la colline de Rhourat N'Hass apparaissent des roches sédimentaires schistosées et métamorphisées dans un climat anchizonal à épizonal par l'orogénèse hercynienne. Au contact immédiat du faciès Ouest tonalitique, cet encaissant est matérialisé par un métamorphisme de contact en relation avec la mise en place de ce massif. Cet encaissant est essentiellement schisto-gréseux d'âge Dévonien inférieur-moyen qui chevauche vers l'Est par une écaille pélitique silurienne les formations silico-clastiques dévono-dinatiennes.

À l'échelle de l'affleurement, les faciès sédimentaires forment des bancs presque verticaux et la schistosité (S1) à ce niveau est confondue avec la stratification de direction N50, où le pendage est de 85 vers le NW. La limite granite-encaissant est bien individualisée, confirmant ainsi l'inclinaison légère du pendage vers le NW. Les principaux faciès de l'auréole métamorphique sont :

Les schistes micacés à andalousite : Dans les formations schisto-gréseuses l'andalousite apparaît en cristaux pouvant atteindre parfois 2cm au niveau des intercalations schisteuses, alors que les bancs gréseux se transforment en bancs quartzitiques riche en quartz (Planche.5). Le plan de schistosité est presque vertical sauf au niveau de la zone de chevauchement où il y'a eu une réorientation de la schistosité et avec elle les cristaux d'andalousite causée par le fonctionnement tardif du chevauchement encaissant le filon aplitique.

Les cornéennes : Ces dernières qui se trouvent au contact immédiat du faciès tonalitique, sont caractérisées par une couleur noir où apparaisse des aiguilles de sillimanite à côté des paillettes de la muscovite, ce qui confère à la roche un aspect satiné (planche.5). Des cristaux de grande taille d'andalousite dont la dimension peut atteindre des fois le centimètre de longueur, apparaissent dans ces cornéennes. Sur une section transversale des inclusions charbonneuses en forme de croix apparaissent dans ces cristaux d'andalousite indiquant qu'il s'agit des chialstolites (Planche.5-A).

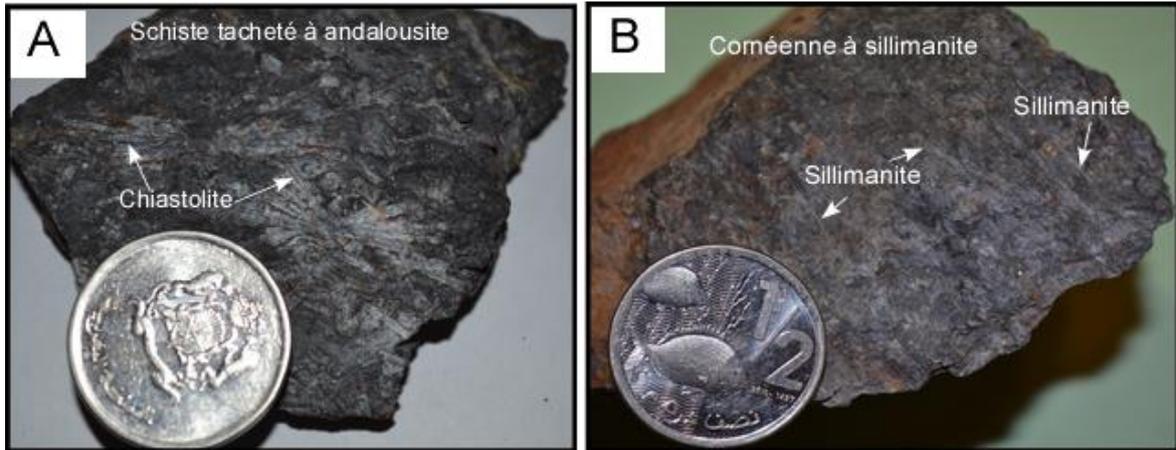


Planche 5: A- Schiste tacheté avec des cristaux de chialstolites en rosettes à inclusion charbonneuses.
B- Cornéenne montrant des cristaux en forme d'aiguille de sillimanite'

B.- Les minéralisations

B - 1. Données métallogéniques

A partir de 1950, les études gîtologiques entreprises dans la région de Zaër, ont permis d'aboutir à la découverte de plusieurs indices minéralisés dans le massif granitoïdique et dans son encaissant métamorphique. Ces indices se répartissent en deux types:

- ✓ -Minéralisations à W, Sn, Mo, associées au granite à deux micas.
- ✓ Minéralisations à Cu, Pb, Fe, Ba, As associées à la granodiorite à biotite.

B -1-1 Minéralisations à W, Sn, Mo.

Les minéralisations à W, Sn, Mo sont associés à des filons de quartz qui recourent le granite à deux micas. Ainsi quatre types de filons de quartz porteurs de minéralisations différentes ont été distinguées (Giuliani, 1980). Il s'agit des filons quartzeux, de direction E-W à (Fig.12) :

- ✓ Sn-W ou W uniquement.
- ✓ Scheelite
- ✓ Sulfures.
- ✓ stanno-molybdifères.

B-1-1-1 Les filons quartzeux à Sn-W ou à W.

Les filons quartzeux forment le complexe filonien stanno-wolframifère situé dans la partie Sud du massif de Zaër. La minéralisation est formée par : (i) la cassitérite disséminée dans le quartz ou remplissant les cavités géodiques de quartz pyramidé en association avec la scheelite et la pyrite. (ii) La wolframite associée à la scheelite, le mispickel, la pyrite et aux oxydes (Cu, Fe). Les filons à wolframite seule se situent au Sud du complexe filonien précédent. La Wolframite apparait en amas bréchiques à côté de la scheelite et la pyrite.

B-1-1-2 Les filons quartzeux à scheelite

Les filons quartzeux à scheelite pouvant inclure le mispickel, se situent près du contact granite-schistes à andalousite (Agard el Ziegler, 1951).

B-1-1-3 Les filons quartzeux à sulfure

De quelques centimètres de puissance, ces filons à sulfure, minéralisé en mispickel et pyrite affleurent à proximité des filons quartzeux à scheelite.

B-1-1-4 Les filons quartzeux stanno-molybdifères.

Dans les filons quartzeux stanno-molybdifères existe une quantité importante de cassitérite accompagnée de scheelite, pyrite, mispickel et molybdénite (Giuliani, 1980).

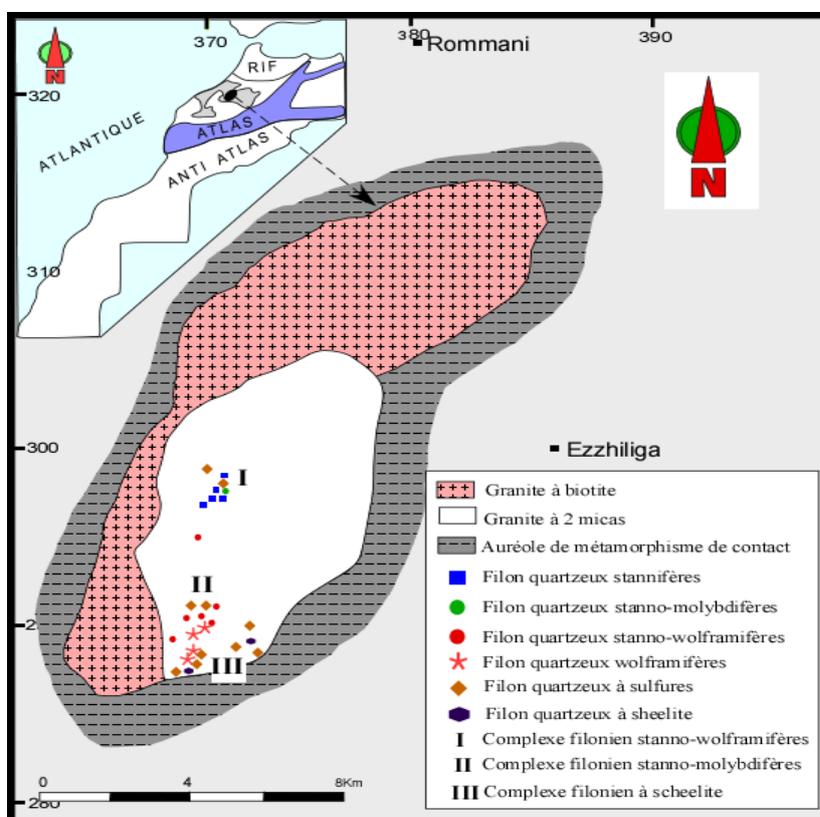


Figure 12: Carte montrant la position des filons minéralisés associés au massif granitoidique de Zaer (Giuliani, 1980).

B - 2. Minéralisations à Cu, Pb, Fe, Ba, As :

Les minéralisations à sulfures sont les plus importantes et les plus exploitables dans ce massif. Cette minéralisation, à base de Cu, Pb, Fe, Ba, As, est encaissée au sein de la série paléozoïque située à proximité du granite ainsi que dans différentes localités du granite à biotite, notamment à Rhouirat N'Hass qui constitue l'objet de cette étude (Agard et Ziegler, 1951 ; Destombes, 1953).

B-2-1 Minéralisations de Rhouirat N'Hass

La granodiorite de Zaër est parcourue par des filons quartzeux et bréchiques suivant deux directions principales : une direction NE-SW (N35) et une autre variant entre SE-NW à E-W (N85 à N115).

- ✓ La direction NE-SW est matérialisée par quelques filons de brèches dont le plus important de point de vue son étendue est celui de la brèche Br1 (Fig.13) puisqu'elle traverse la moitié Nord du massif de Zaër. Cette brèche Br1 emprunte un accident cisailant à jeu apparent senestre qui recoupe la granodiorite de Zaër et la décale (le jeu de cet accident est visible sur la carte d'Ezzhiliga au 1/50000). Aucune minéralisation ni exploitation minière n'existe au niveau de cette brèche.
- ✓ La direction SE-NW à E-W (N85 à N120) est dominée par des filons quartzeux stériles et par une seule brèche fertile notée Br2 localisée à Rhouirat N'Hass. Cette brèche, objet d'étude de ce travail, est matérialisée par des galeries, des puits d'extraction minière, des zones de grattage ainsi que des bassins de lavage qui témoignent d'une ancienne activité minière.

Les observations sur le terrain se sont intéressées sur ces deux brèches Br1 et Br2 mais elles se sont focalisées surtout sur la brèche de Rhouirat N'Hass.

B-2-1-1 La brèche Br1

Cette brèche, en filon, s'étend sur une vingtaine de kilomètres suivant une direction N35 sur une largeur ne dépassant pas 10m (Planche.6-A). L'observation de cette brèche a été effectuée dans deux endroits : au point (X=378346 ; Y= 305499) et au point (X= 377398, Y= 305213). Dans le premier endroit le filon encaisse une brèche monogénique à éléments hétérométriques matérialisés essentiellement par des fragments de roches et des minéraux (quartz et plagioclase) de la granodiorite, noyés au sein d'un liant rose de nature quartzo-feldspathique (Planche.6-B-C). Ce liant qui raye le verre correspondrait à un mélange de feldspaths et de quartz sans doute recristallisé après la bréchification de la granodiorite. Au niveau du deuxième endroit le filon bréchique montre un pendage vertical. Cependant, la granodiorite de couleur grise devient rouge rouille au niveau de la zone bréchifiée, une

couleur causée probablement par le liant quartzo-feldspathique (Planche.6-D). La brèche Br1 de ce filon est décrite comme étant non minéralisée, cependant des cristaux de pyrite ainsi qu'un chapeau de fer ont été identifiés au voisinage de son contact avec la granodiorite. Ceci suggère une prospection par les nouvelles méthodes pour confirmer la stérilité de cette brèche.

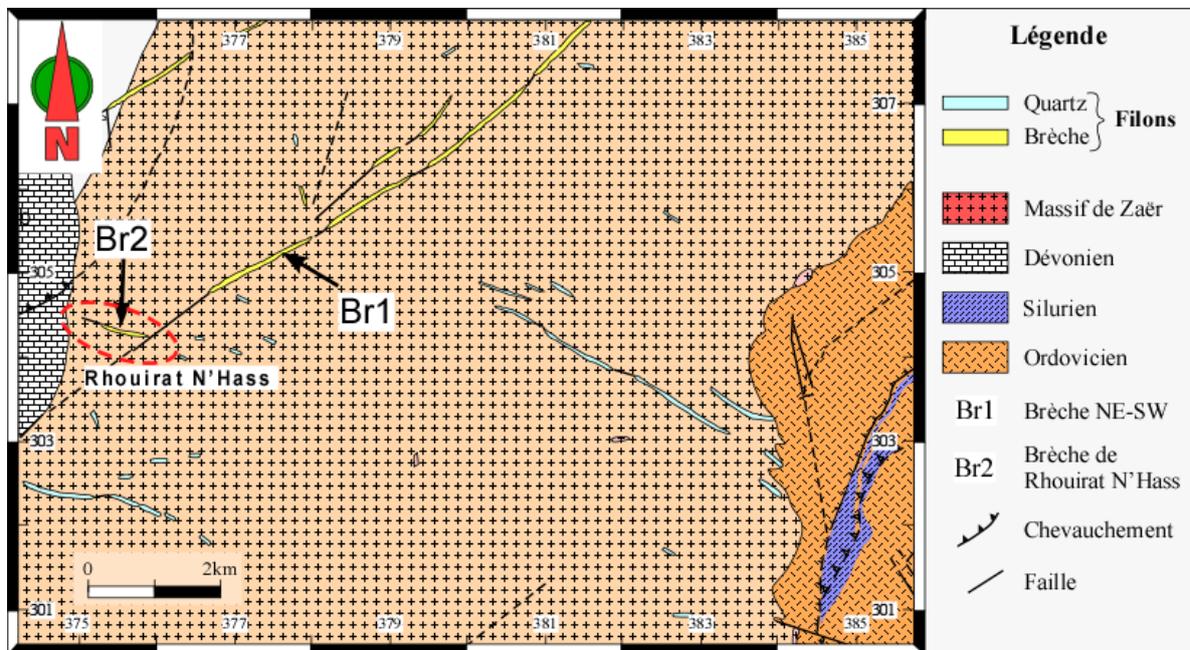


Figure 13: Carte géologique de la partie médiane du massif de Zaër montrant la répartition des filons bréchiques. Br1 : Brèche NE-SW et Br2 : Brèche de Rhourat N'Hass.(extrait de la carte géologique Ezzhiliga 1/50000 modifiée)

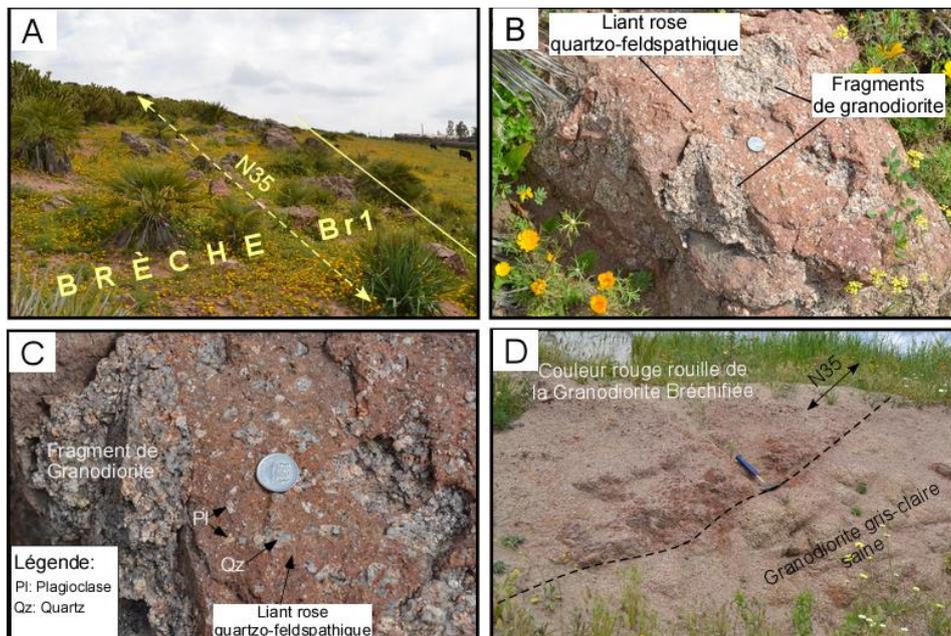


Planche 6: A- Photo montrant l'aspect de la brèche Br1 à l'affleurement ; B et C- photo montrant le détail de la composition de Br1 ; D- Contact entre la zone bréchique Br1 de couleur rouille avec la granodiorite grisâtre.

B-2-1-2 La brèche Br2

La brèche Br2 constitue le filon minéralisé de Rhourat N'Hass allongé suivant une direction grosso modo Est-Ouest. Son extension est d'environ 900m sur une largeur de 10 mètres environ (Fig.14). Cette brèche correspond à une zone de fracturation postérieure à la mise en place du granite, où il y'a eu un agencement d'une minéralisation hydrothermale. La partie centrale constitue une formation bien remarquable tandis qu'aux deux extrémités le filon quartzeux bréchiq ue est mince, fracturé, discontinu et éparpillé en un chevelu de veines dans le granite. La zone centrale, fertile, est matérialisée par une minéralisation essentiellement cuprifère. Cette zone comporte une brèche constituée par des fragments de quartz de taille variable (blocs, gravier etc.) recoupée par des filonnets de quartz où sont mêlés la malachite et les oxydes de fer.

Elle est facilement repérable sur le terrain grâce à ses deux galeries (Est principale et Ouest secondaire) et par une zone intermédiaire matérialisée par un puit d'extraction et une zone de grattage minier. Les travaux de terrain ont été réparti le long de ces trois zones : (Fig.14)

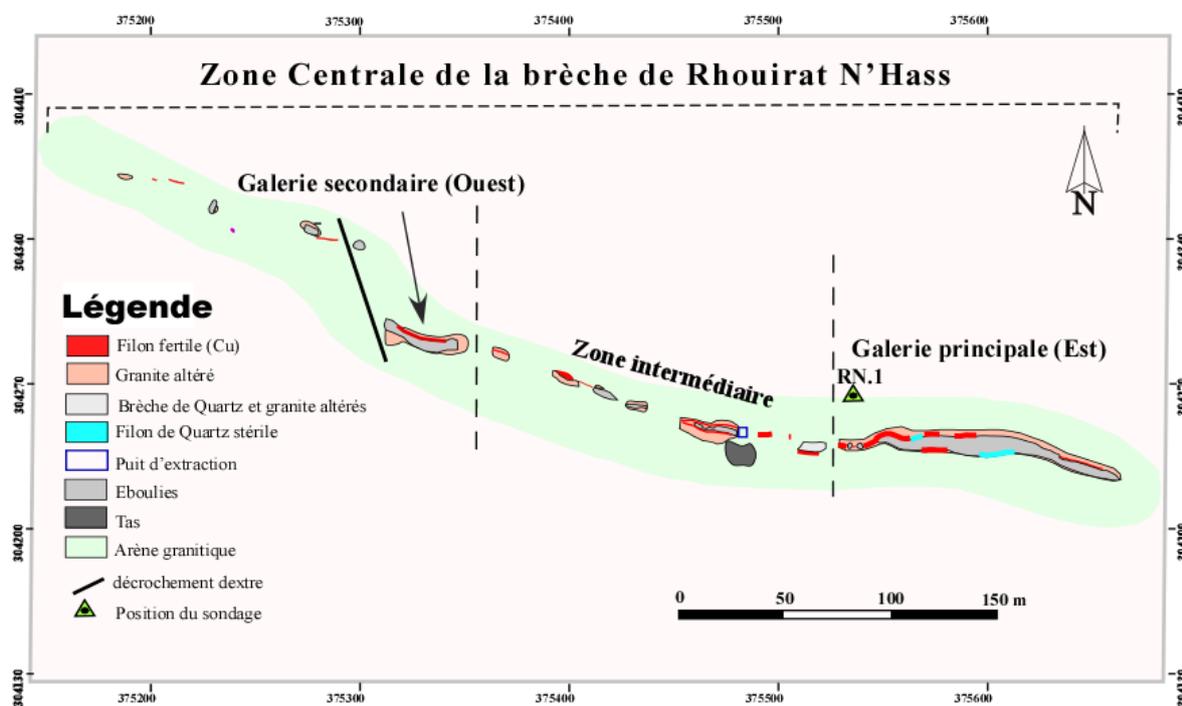


Figure 14: Levé géologique de la brèche Br2 de Rhourat N'Hass au 1/500 (ONHYM, modifié)

a- La galerie principale

Cette galerie est creusée dans la granodiorite. De 400m de longueur environ et 10 m de largeur, ses parois sont marquées par une multitude de filons siliceux minéralisés qui laissent apparaître des miroirs de failles bien visibles striés indiquant le sens des

mouvements qui se sont succédés au niveau de cette fracture (voir chapitre tectonique) (Planche.7 A-B). D'Est en Ouest, la paroi Nord de la galerie est lardée par un filon d'environ 30cm d'épaisseur composé de filons centimétriques de quartz et d'oxyde anastomosés et riche en malachite (Planche.7-C). Cependant sur la paroi Sud, la malachite apparaît sous forme de liserés associés à un filon centimétrique de quartz (Planche.7-D) ou encore sous forme de taches bien imprégnées sur les stries des miroirs des failles des deux parois (Planche.7-E-F). La présence de la minéralisation au niveau de cette paroi n'est pas signalée dans le levé géologique 1/500 réalisé par l'ONHYM.



Planche 7: A et B- Photos montrant la zone faillée de la galerie principale et son aspect bréchique ; C et D- Photos montrant les filons porteurs de la minéralisation de malachite C- filon de la paroi Nord et D- filon de la paroi Sud ; E et F- Malachite imprégnée sur les miroirs de failles striées, E- paroi Sud de la galerie et F- sa paroi Nord.

b-La zone intermédiaire :

Cette zone, où les caractéristiques d’affleurement identifiant la brèche sont bien conservées, forme la crête de Rhourat N’Hass qui se prolonge sur 350m environ. Cette dernière est matérialisée par des filons de quartz blanc laiteux déchiquetés et fracturés avec la granodiorite engendrant un ensemble quartzo-granodioritique constitué par des fragments de taille variable. Cette structure bréchifiée est en relation avec des filons de quartz centimétriques en stockworks (Système complexe des veines orientées aléatoirement ou structurellement contrôlées) associés aux oxydes de fer et aux minéralisations de malachite qui recourent cet ensemble quartzeux et granodioritique.

Ainsi deux générations de filons quartzeux ont été mis en évidence :(i) les filons de quartz primaires d’ordre métrique qui sont stériles et ne portent aucune minéralisation observable à l’œil nu et (ii) les filons fertiles riches en minéralisations cuprifères et en oxydes de fer. Ces derniers affleurent en filons de puissance allant de 3 à 5cm et constituent un essaim en forme de chevelures anastomosés qui recourent et décalent les filons stériles (Planche.8-A). Ces filons sont souvent associés à la malachite et forment par endroit des géodes matérialisées par des cristaux de quartz automorphes bipyramidés (Planche.8-B). Toutefois, dans cette zone la minéralisation en cuivre n’affleure que sporadiquement à la surface.

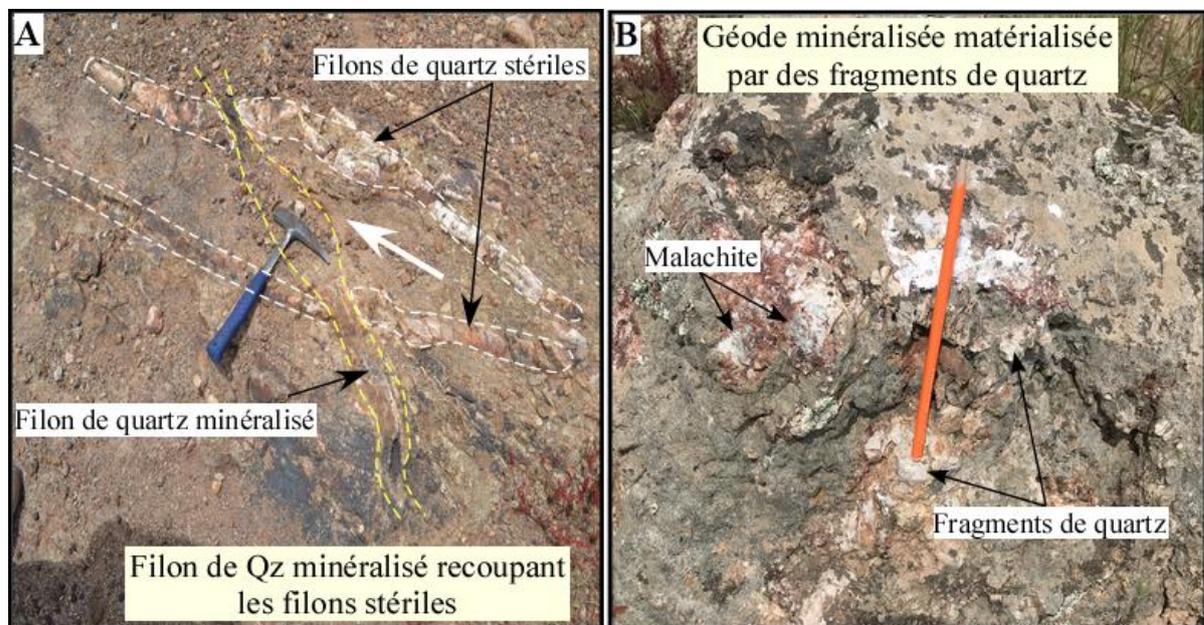


Planche 8: A- Photo montrant un filon secondaire de quartz et d’oxydes minéralisés qui recoupe et décale les filons de quartz stériles ; B- Géode matérialisée par des fragments de quartz, d’oxydes et de malachite

c-La galerie secondaire :

Située plus à l'Ouest, cette galerie, de direction E-W est située sur le versant Est d'oued Aouid. Elle est longue de 150m environ sur une largeur ne dépassant pas 8m. Il s'agit d'une petite galerie aménagée suivant le pendage (70°N) du filon bréchique (Planche.9-A). Seul la paroi Nord de cette galerie comporte des indices de malachite en cristaux nettement visible sur le quartz blanc laiteux (Planche.9-B). Ce dernier fait partie d'un essaim de filons centimétriques quartzeux parcourant la paroi Nord de la galerie. Cet essaim constitue probablement la continuité du filon parcourant la paroi nord de la galerie principale. D'ailleurs, les anciens travaux miniers se sont focalisés sur l'exploitation de ces filons qui comportent des cristaux de malachite et d'oxyde.

Plus à l'Ouest de cette galerie, la minéralisation diminue, les filons de quartz y sont stériles, de couleur blanc laiteux et faiblement minéralisés. Le faciès granodioritique passe à cet endroit au faciès tonalitique matérialisé par un petit affleurement au niveau d'oued Aouid. Au niveau de l'encaissant immédiat de la Tonalite s'observe la continuité de la zone bréchifiée dépourvue de minéralisation. Ainsi à l'affleurement, le filon semble continu, mais cette continuité reste à confirmer en profondeur par les méthodes géophysiques.

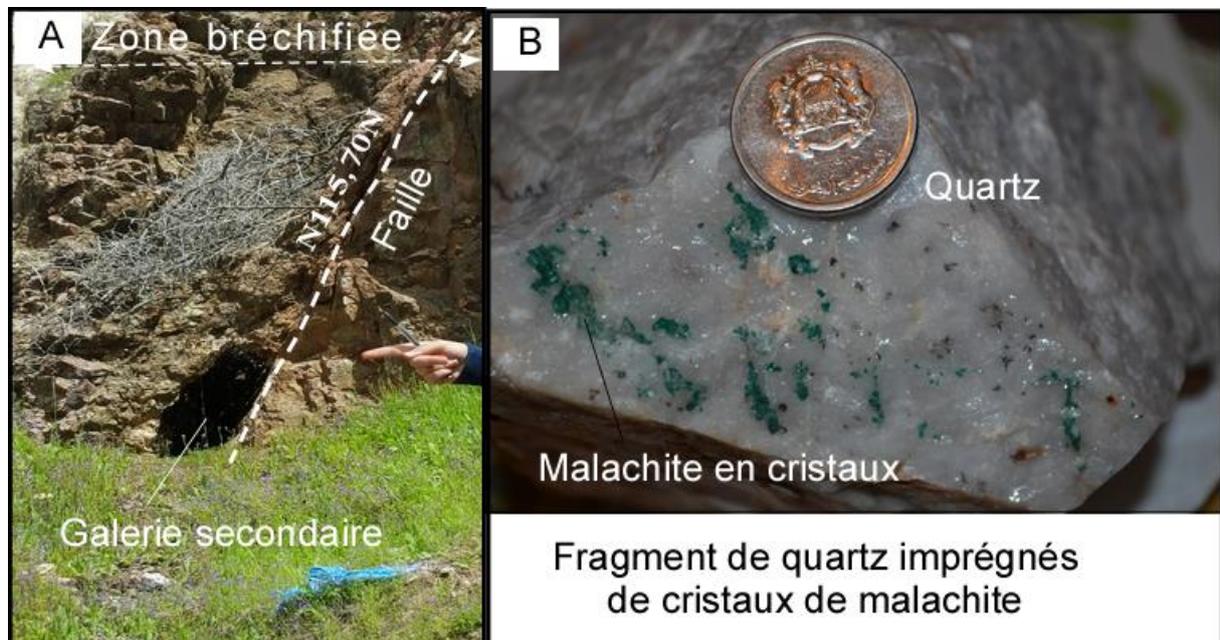


Planche 9: A-Photo montrant la position de la galerie secondaire par rapport à la faille N115 ; B- Cristaux de malachite imprégnés dans un filon de quartz blanc laiteux.

B-2-1-3 Le sondage RN1

a- La localisation du sondage

Les recherches menées sur la minéralisation cuprifère effectuée ces derniers temps par l'ONHYM à Rhourat N'Hass, l'a conduit à réaliser un sondage d'exploration (RN1) au niveau de cette zone. Ce sondage, positionné à une vingtaine de mètres au nord de la brèche Br2, est élaboré avec un plongement de 70° vers le Sud et une profondeur d'environ 58m (Fig. 14). Le plongement du sondage RN1 est inverse à celui du filon bréchiq ue Br2 qui plonge de 80° vers le Nord. Ainsi, le but souhaité par ce sondage RN1, est le recoupement de la brèche Br2 en profondeur, afin de vérifier le potentiel minier et la continuité en profondeur de cette minéralisation observée à la surface. La description et les résultats attendus de ce sondage seront révélés pour la première fois dans ce travail.

b- Description des faciès rencontrés.

La description des faciès traversés par ce sondage est représentée sur la (Fig.15) . Dans ce qui suit, nous nous limiterons à décrire les faciès les plus intéressants et plus précisément le niveau de la brèche recoupé par RN1 en profondeur.

Le sondage débute dans l'arène granitique avant de toucher le premier niveau de granodiorite altéré. De 1.60m à 9.90m ce dernier alterne avec la granodiorite à biotite relativement saine de couleur gris claire leucocrate. Les niveaux de la granodiorite altérée, sont traversés par une multitude de veines de quartz stériles, formant un angle de 20° avec l'axe du sondage. Ces derniers correspondraient à ceux de quartz stériles recoupant à l'affleurement la granodiorite. Les carottes de ce sondage englobent des enclaves mafiques microgrenues porphyriques. (Planche.10) qui rappellent celles observées en surface à l'Ouest de la galerie secondaire. Vers 23.40m de profondeur, la granodiorite prend une couleur de plus en plus rosâtre rouille sans doute à cause de son altération amorcée par de nombreuses fractures qui la traversent. Les premiers indices de la minéralisation cuprifère apparaissent au niveau d'une brèche reconnue entre les côtes 32.80m et 44.80m. Elle se poursuit en profondeur sur une douzaine de mètres, ce qui concorde avec l'épaisseur de la brèche Br2 à la surface. Les parois de la brèche au niveau de ce sondage se localiseraient entre les deux côtes précédentes, la paroi Nord débiterait à une profondeur apparente de 32.80m et la paroi Sud à 44.80m (Fig.15). La paroi Nord est matérialisée par de la malachite, des fragments de quartz et des oxydes de fer, et la paroi Sud par des filons à malachite, des oxydes de fer et quelques mouchetures de chalcopirite. La zone centrale (zone située entre les deux parois) absente à la surface dans la galerie principale à cause du grattage, est constituée par la granodiorite altérée et fracturée ainsi qu'une brèche noire à

malachite. Cette zone, limitée entre les côtes 36.60m et 37.90m, est sans doute la partie qui montre un potentiel intéressant en minéralisation, ce qui justifie sa disparition à la surface. A cette zone minéralisée (brèche Br2), et à partir de la côte 44.80m, le faciès granodioritique reprend avec son aspect fracturé, altéré et localement traversé par des filons à quartz dépourvus de la minéralisation. Au-delà de 57,2m de profondeur, le sondage se termine par une granodiorite gris claire leucocrate saine.

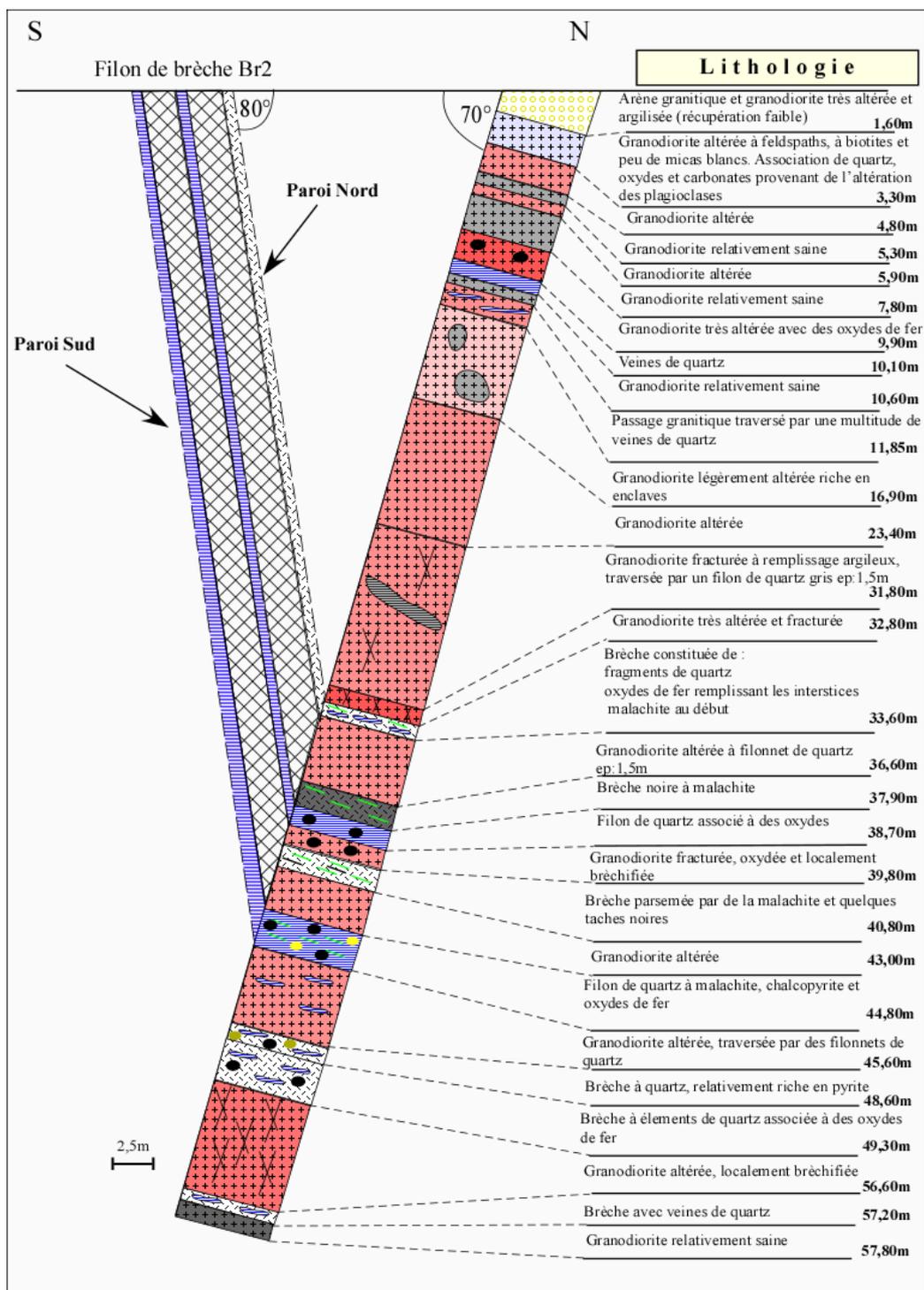


Figure 15: Sondage d'exploration (RN1)

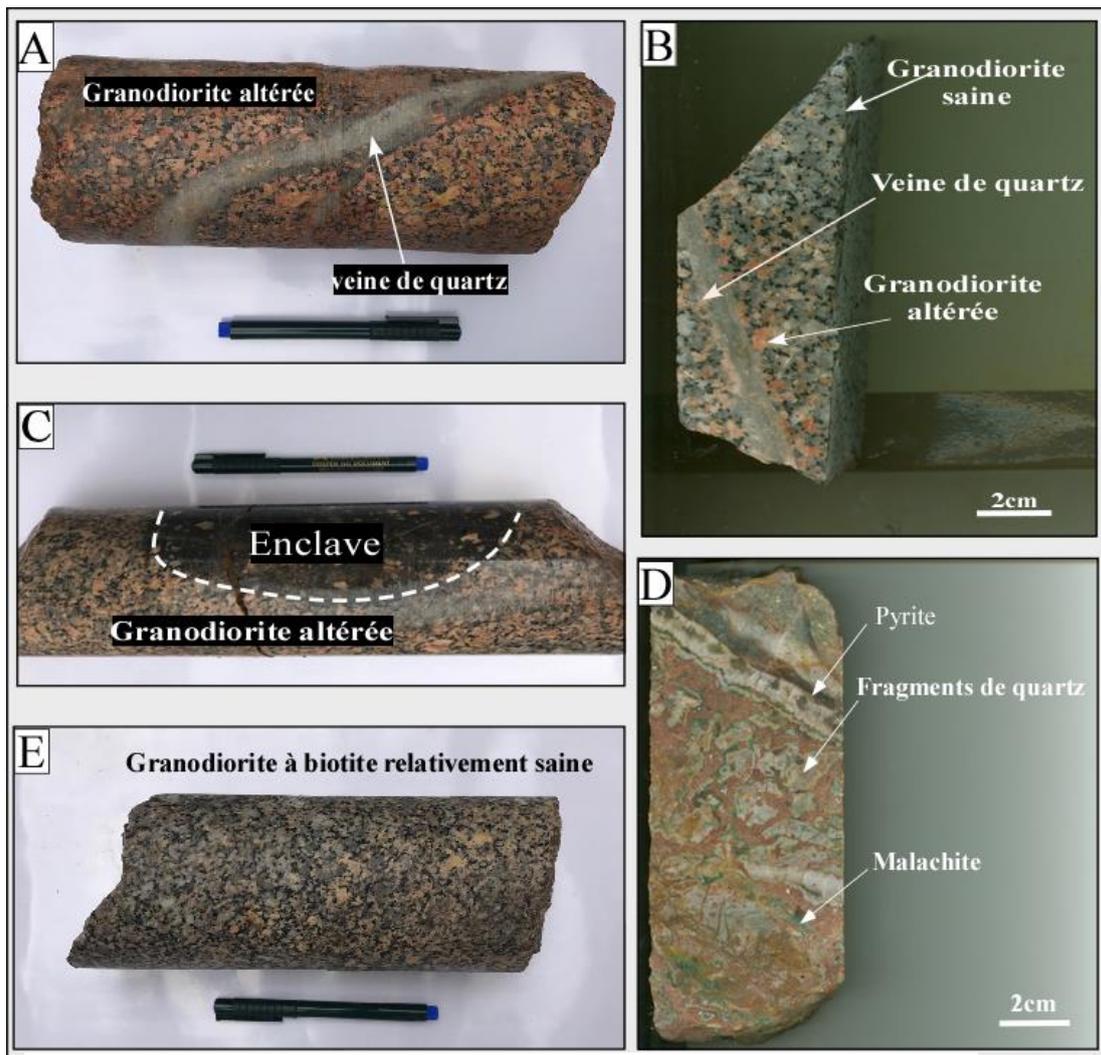


Planche 10: Carottes du sondage d'exploration (RN1)

B - 3. Conclusion à la minéralisation

La granodiorite de Zaër est parcourue par des filons quartzeux et bréchiés suivant deux directions principales : une direction NE-SW (N35), matérialisée par une brèche Br1 dépourvue de minéralisation et une autre variant entre ESE-WNW à E-W (N85 à N115) correspondante à la brèche Br2 de Rhourat N'Hass offrant un potentiel en minéralisation cuprifère exploité jadis par la BRPM (bureau de recherche pétrolière et minière). Cette minéralisation essentiellement cuprifère, apparaît au sein d'une structure bréchifiée nommée Br2 traversant la granodiorite. Elle associée à une multitude de filons de quartz et d'oxydes anastomosés où en chevelure mis en place au sein des fractures a composante décrochante senestre. Cette structure bréchifiée, résulterait d'un système filonien en stockworks où la malachite se présente souvent en

taches disséminées dans la brèche ou en liserés fissurelles à côté des filons de quartz et d'oxydes ou encore sous forme de cristaux dans les filons de quartz blanc laiteux.

II-4 La tectonique du secteur :

Le Maroc Central est constitué essentiellement par des terrains paléozoïques allant du Cambrien jusqu'au Permien. Ces terrains sont déformés par l'orogénèse hercynienne ayant engendrée des structures (Plis, schistosités, failles) de direction NE-SW dans un climat métamorphique épizonal. Cette orogénèse est accompagnée par la mise en place de plusieurs massifs granitoïdiques syn à tardi-orogénique notamment celui de Zaër (Fig.15).

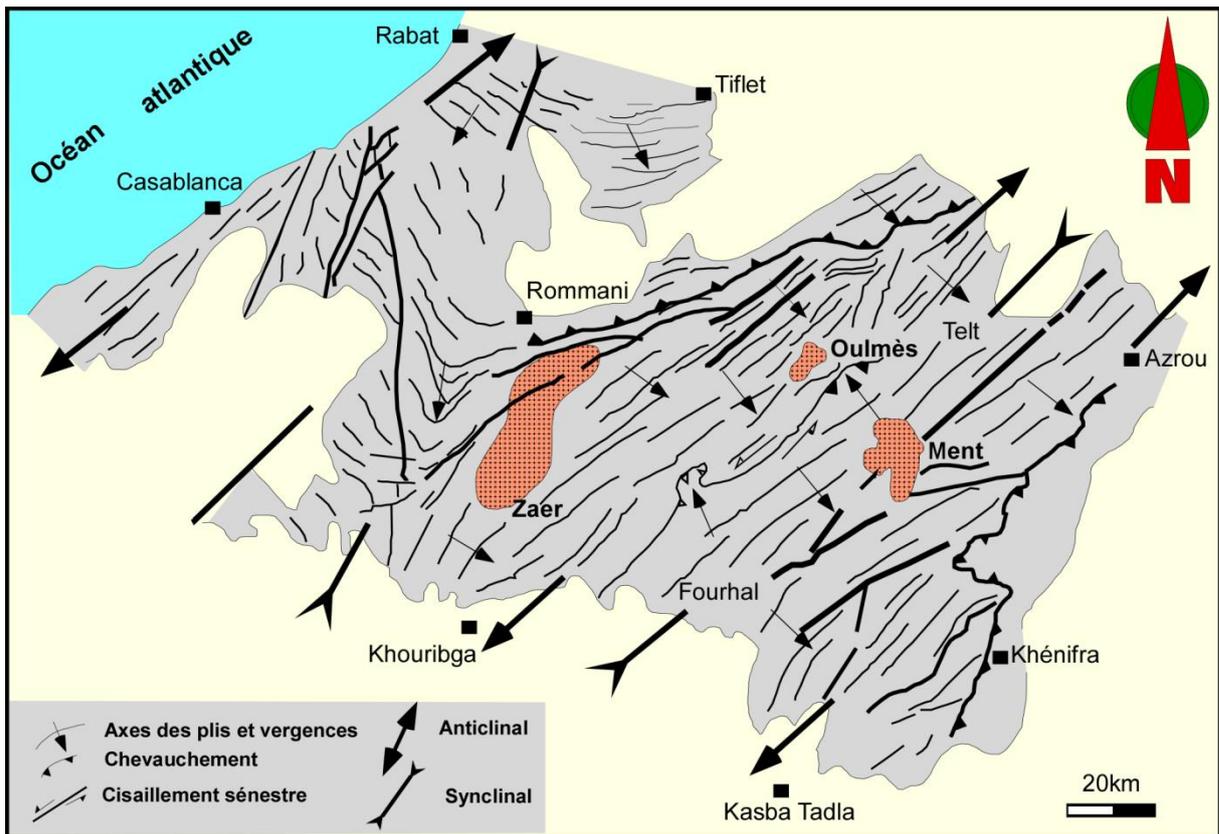


Figure 16: Schéma structural du Maroc central pendant la phase majeure hercynienne.(Tahiri 1991)

Cependant ce massif granitoïdique de Zaër enregistre une fracturation postérieure à sa mise en place. Parmi ces fractures, celle identifiée à Rhourat N'Hass et qui encaisse une brèche faillée minéralisée.

II-4-1 Donnée tectonique de Rhourat N'Hass

Nos investigations de terrain sur la région de Rhourat N'Hass au niveau de l'encaissant sédimentaire et dans la brèche traversant la granodiorite permettent de mettre en évidence les résultats décrits ci-dessous.

A- Dans l'encaissant

La schistosité mesurée dans l'encaissant sédimentaire métamorphique d'âge Dévonien inférieur et moyen, situé à proximité de la Tonalite de Rhourat N'Hass, est de

direction N50. Cette direction coïncide avec une phase compressive de contrainte maximale orientée NW-SE (Fig.16). Cette direction s'insère parfaitement dans les structures engendrées par l'orogénèse hercynienne dans ce secteur.

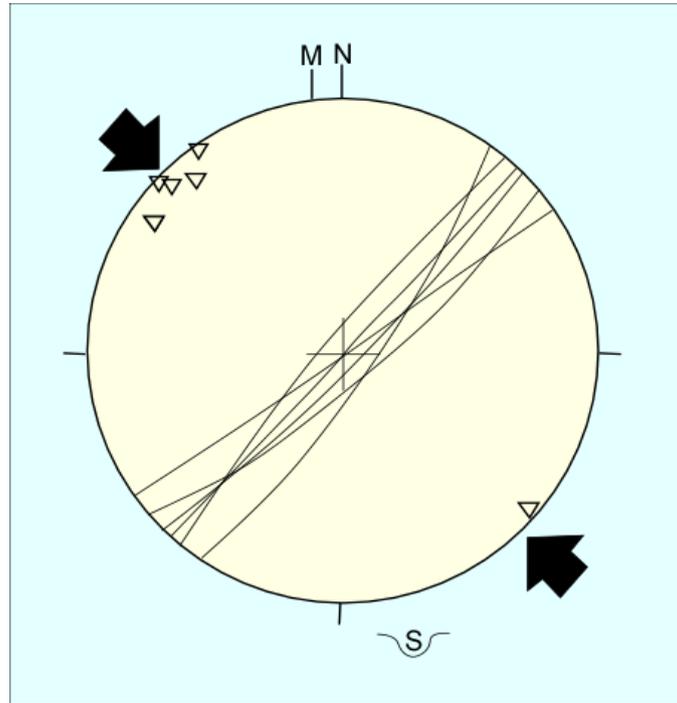


Figure 17: Stéréogramme montrant une contrainte compressive NW-SE hercynienne responsable de la schistosité S1 dans l'encaissant de Rhourat N'Hass

B- Dans la brèche

Le filon porteur de la brèche Br2 constitue une fracture minéralisée à multiple jeux. Les mesures effectuées sur cette fracture montrent qu'elle a fonctionné pendant au moins quatre phases tectoniques. Les relations mutuelles entre les structures engendrées par chaque phase tectonique permettent d'établir un ordre chronologique entre celles-ci à une échelle locale. Ainsi, dans le secteur de Rhourat N'Hass la succession des phases serait la suivante :

- 1- Mise en place des filons de quartz stérile qui recoupent les dykes d'aplite.
- 2- Jeu de la fracture de Rhourat N'Hass à composante normale dextre causant la fracturation de la granodiorite ainsi que les filons quartzeux stériles.
- 3- Mise en place des filons minéralisés en cuivre et oxydes au sein de cette même fracture dans un mouvement à composante normal sénestre. Ces filons recoupent et décalent les filons quartzeux et les fractures à composante normale dextre.
- 4- Jeu tardif des failles subméridiennes à composante décrochante recoupant et décalant l'ensemble des structures précédentes.

C- Les filons de quartz

Dans la brèche et au voisinage de Rhourat N'Hass, ont été identifiés des fractures aux filons de quartz, de direction N70 à N85 et à fort pendage vers le Sud. Ces fractures sont assimilables à des fentes de tensions. Au bord de la route qui mène d'El Had à Rhourat N'Hass (X=377398m; Y=305213m), Ces filons à pendage 80° vers le Sud sont injectés dans des fractures à jeu décrochant dextre qui recoupent et décalent les filons d'aprites datés $283 \pm 6,2$ Ma (Giulian, 1989) et sont de ce fait postérieures à la mise en place des aprites (Photo.3). Ces filons sont stériles et ne portent aucune trace de minéralisation (Photo.4).

La mise en place de ces filons à quartz s'est probablement effectuée durant une phase compressive de direction ENE-WSW postérieurement au Permien inférieur qui correspond à l'âge de mise en place des aprites. Cette phase compressive de direction ENE-WSW serait responsable d'une extension créant l'ouverture des fentes NNW-SSE et leur remplissage quartzique stérile (Fig.17). Dans le massif granitoïdique de Zaër, ces fentes sigmoïdales seraient formées au cours d'un cisaillement subméridien dextre (Giuliani, 1980).



Photo 3: Filon d'aprite N140 recoupé par un filon de quartz N90



Photo 4: Miroir de la faille de la paroi Sud

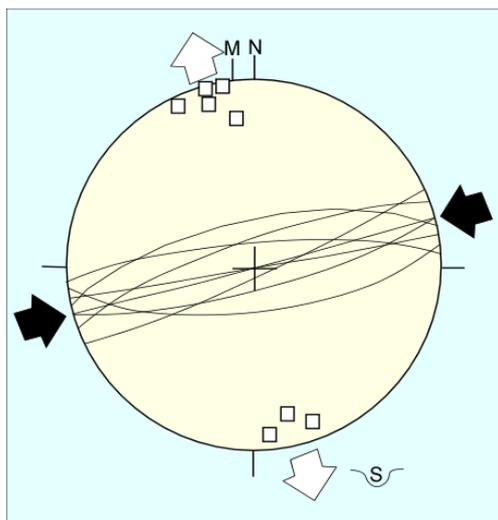


Figure 18: Stéréogramme montrant une contrainte compressive ENE-WSW responsable de la mise en place des filons de quartz.

D-Fracture à composante normale dextre :

Le mouvement de ces fractures (ENE-ESE à E-W) à composante normale dextre est bien fossilisé par les stries des miroirs de ces failles bien dégagés sur les deux parois de la galerie principale. Ces accidents montrent un pendage fort (65 N) avec des stries qui plongent avec 20° vers l’Ouest. Le stéréogramme des mesures correspondantes à ces failles, affiche une phase extensive de direction N73° provoquant le jeu normal des failles subéquatoriales (ENE-WSW), avec un rapport de $\Phi = 0,47$ qui donne une famille de failles normales de permutation $\sigma_1 - \sigma_2$, $\sigma_2 - \sigma_3$ avec un jeu décrochant dextre de la faille N120°. Ces accidents seraient responsables de la fracturation de la granodiorite ainsi que les filons quartzeux stériles. Elles seraient donc postérieures à la mise en place des filons quartzeux.

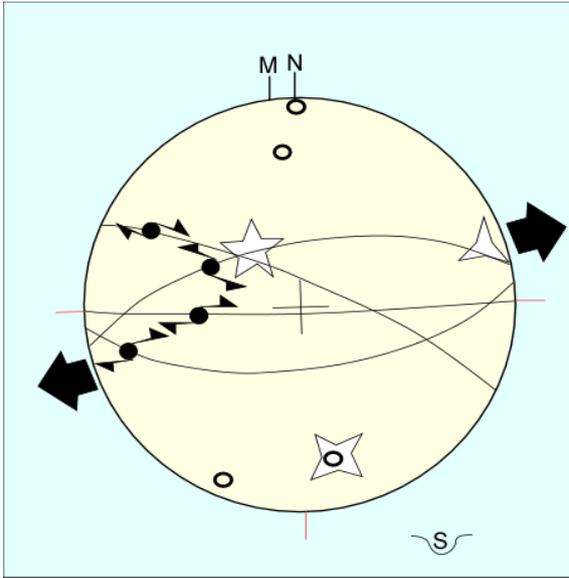


Figure 19: Stéréogramme montrant une extension ENE-WSW responsable de la mise en place des filons de quartz stériles

σ_1 : N142, 61NW ; σ_2 : N168, 26SSE ; σ_3 : N73, 11ENE

E- Fractures à filons minéralisés

Le filon bréchique de Rhourat N'Hass est connu par sa minéralisation cuprifère. Cette dernière, associée au quartz et aux oxydes, affleure au sein des filons centimétriques bien individualisés au niveau des parois des galeries (principale et secondaire) ou anastomosés dans la zone intermédiaire. Les stries observées au niveau des miroirs de fractures à filons minéralisés sont imprégnées d'une coloration verdâtre impliquant ces filons ainsi que la malachite dans un mouvement à composante normale senestre (Photo.5). Ceci renseigne sur la mise en place syntectonique de la minéralisation cuprifère de Rhourat N'Hass.

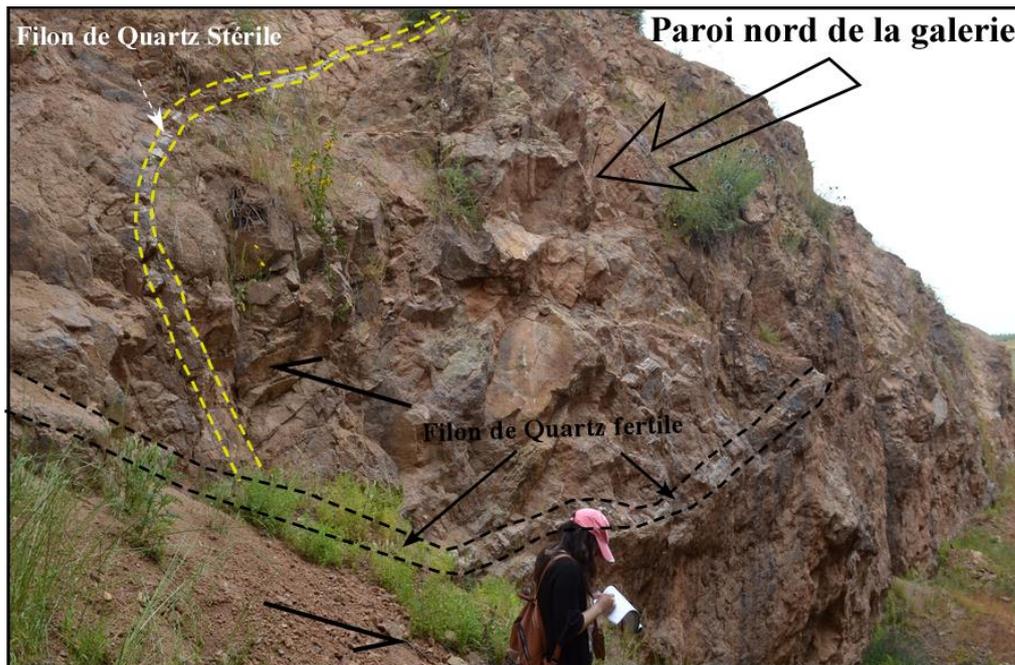
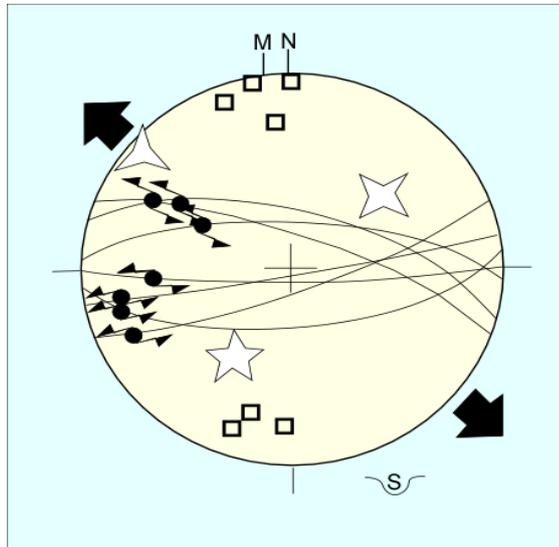


Photo 5: Crochant de faille recoupé par le filon minéralisé à jeu senestre

Le stéréogramme sur lequel sont reportés les mesures correspondantes montre que les fractures à filons minéralisés se sont développés lors d'une extension (σ_3) de direction N131 dont le rapport de forme $\Phi = 0,56$ où $\sigma_2 = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2$ est proche de 0,5 indiquant un régime régional décrochant. Ce qui plaide en faveur d'une mise en place de la minéralisation cuprifère au sein des fractures à un jeu décrochant sénestre.



σ_1 : N31, 46SW ; σ_2 : N49, 43NE ; σ_3 : N131,09NW

Figure 20: Stéréogramme montrant une extension (σ_3) NW-SE responsable de la mise en place des filons fertiles de quartz imprégnés de malachite

Ces filons minéralisés recoupent les filons de quartz stérile en les décalant comme par exemple au point (X=375567m, Y=304247m) où le recoupement entre ces deux structures est matérialisé par un crochon de faille dessiné par le filon de quartz stérile au contact du filon minéralisé. De même les filons minéralisés en stockwork au niveau de la zone intermédiaire recoupent et décalent dans jeu senestre les filons stériles (Photo.6). Ces figures fossilisent la mise en place syntectonique de la minéralisation cuprifère dans des fractures à composante normale décrochante senestre tardive.

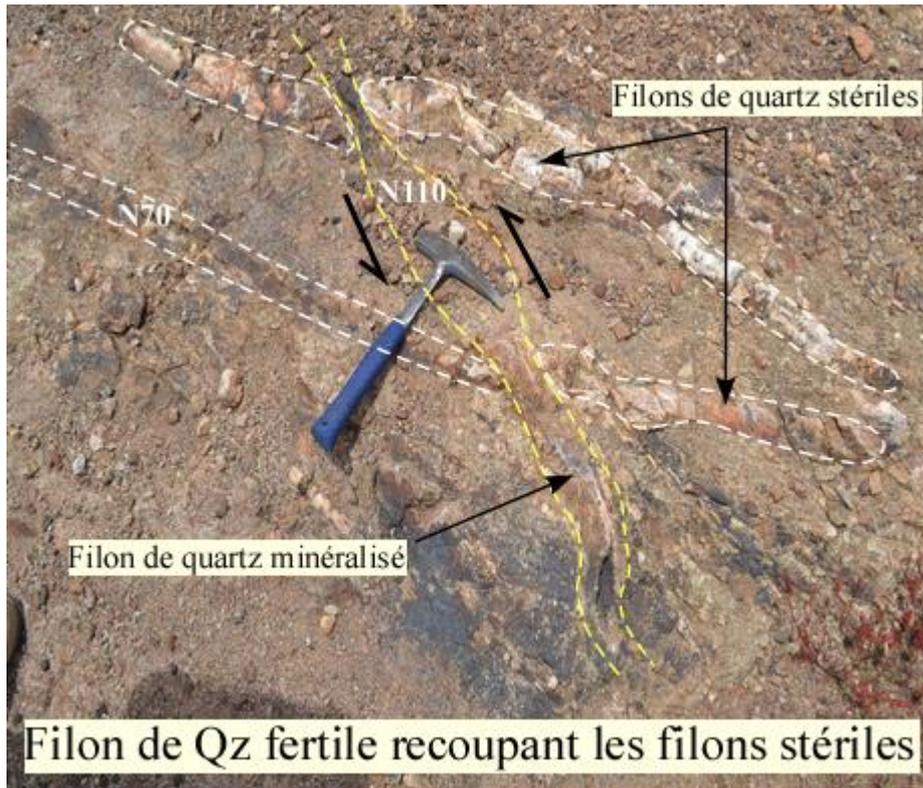


Photo 6: Filons stériles direction N70 décalés par un filon fertile direction N110

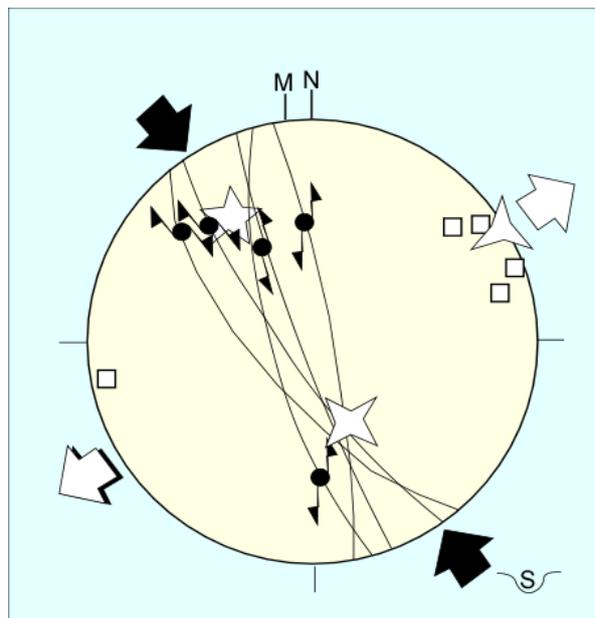
f-Failles tardives subméridiennes

Ces failles subméridiennes recoupent l'ensemble des structures de Rhouirat N'Hass y compris les filons minéralisés. L'observation de ces failles a été effectuée au niveau de la galerie principale où les miroirs et les jeux sont nettement bien visibles. Ainsi au niveau du point (X=375589m, Y=304245m) des failles de direction variant entre N140 et N160, traversent perpendiculairement les parois de la galerie principale. Ces failles, à pendage fort (80°W), recoupent et décalent les miroirs imprégnés de malachite ainsi que les filons quartzeux minéralisés et stériles dans un jeu à composante normale dextre (photo.7). Le rejet mesuré sur ces failles est d'environ 1m.

Le stéréogramme des mesures réalisées sur les miroirs de ces failles (Fig.20), montre que ces dernières se sont activées dans un régime extensif (σ_3) de direction N59 provoquant le jeu normal des failles N140°. Ce régime extensif, avec permutation $\sigma_1 - \sigma_2$, $\sigma_2 - \sigma_3$, provoque un jeu décrochant dextre et senestre avec leurs conjugués. Une petite galerie de direction NNW-SSE, d'extension réduite, a été aménagée suivant la direction de l'une de ces failles subméridiennes atteste que ces failles sont stériles. Ce régime tectonique est similaire à celui décrit dans les Atlas (Laville 1985). Il serait probablement en relation avec le régime alpin qui aurait provoqué la réactivation des accidents hercynien parcourant la granodiorite à Rhouirat N'Hass et probablement dans l'ensemble du Maroc Hercynien Central (Michard et al, 2010). Ces failles clôturent les événements tectoniques à Rhouirat N'Hass.



Photo 7: Faille tardive subméridienne



σ_1 : N147, 34NW ; σ_2 : N155, 56SSE ; σ_3 : N59, 04ENE

Figure 21: Stéréogramme montrant une contrainte compressive NNW-SSE qui provoque un jeu normal à composante décrochante

II-4-2 Conclusion

La région de Rhouirat N'Hass constitue une zone clé dont la compréhension des phénomènes tectoniques régit postérieurement à la mise en place de la granodiorite à biotite $301\pm 8,2$ Ma (Giuliani, 1989) et des aplites $283\pm 6,2$ Ma (Giuliani, 1989) et le mode de mise en place de la minéralisation essentiellement cuprifère. En effet cette zone est parcourue par une brèche nommée Br2 matérialisée par de multiples fractures qui s'y sont succédées. Il s'agit de quatre phases successives :

- Mise en place des filons de quartz stériles.
- Jeu de la fracture à composante normale dextre
- Mise en place des filons minéralisés dans un mouvement à composante normale sénestre.
- Jeu des failles tardives subméridiennes à composante normale décrochante.

Les minéralisations cuprifères qui constituent l'objet cet étude ont été cernées pour la première fois par ce travail. En effet, celles-ci sont en relation avec la troisième phase ayant engendrée des filons fertiles de quartz et d'oxydes mêlés à la malachite qui se sont développés lors d'une extension (σ_3) de direction N131 dans un régime régional décrochant sénestre.

Les stries des miroirs de failles imprégnées de malachite indiquent une mise en place syntectonique de la minéralisation.

Les anciens travaux réalisés dans cette région ne démontrent pas la cause de disparition du filon porteur de la minéralisation. Or, les structures engendrées par la phase responsable de cette minéralisation affichent un pitch prédominant de 20° W. Ce qui explique l'éclipse du filon de malachite de l'Est vers l'Ouest. La continuité de la brèche Br2 en profondeur a été mis en évidence par le sondage RN1 décrit dans la partie précédente.

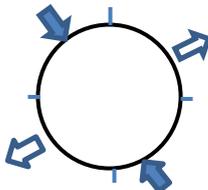
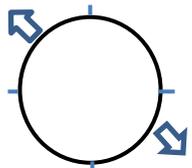
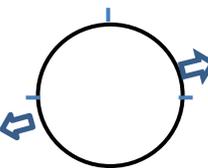
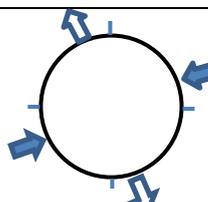
Âge	Phases	Orientations	Descriptions
Tardi-hercynien à probablement atlasique Post-minéralisatrice		Régime compressif σ_1 : NW-SE σ_3 : NE-SW	Une famille de failles subméridiennes à un jeu normal décrochant
Syn-minéralisatrice		Régime extensive σ_3 : NW-SE	Mise en place des filons fertiles riche en malachite au sein des fractures à un jeu décrochant sénestre à composante normale
Anté-minéralisatrice		Régime extensive σ_3 : ENE-WSW	Fracturation des filons stériles avec un jeu décrochant dextre à composante normale
Post-permien inférieur Anté-minéralisatrice		Régime compressif σ_1 : ENE-WSW σ_3 : NNW-SSE	Mise en place des filons stériles

Tableau 2 : Phases associées à la région de Rhourat N'Hass

III-Conclusion générale et recommandations

Au terme de ce travail, le filon bréchié de Rhourat N'Hass, postérieur à la mise en place du massif granitoïdique de Zaër, apparaît complexe et intéressant, vu la diversité de ces faciès pétrographiques rencontrés ainsi que le nombre de phases tectoniques énumérées responsables de la réactivation des fractures et la mise en place des fluides porteurs de la minéralisation cuprifère.

Les résultats de l'étude pétrographique menée sur le massif granitoïdique de Rhourat N'Hass montre une évolution pétrographique d'Ouest en Est s'intégrant parfaitement dans la zonéographie définie dans ce massif granitoïdique de Zaër. Il s'agit d'un faciès de bordure de nature tonalitique à texture grenue porphyroïdique, mésocrate, auquel succède un faciès intermédiaire granodioritique leucocrate à texture grenue isogranulaire qui passe vers l'Est au faciès monzogranitique leucocrate à texture grenue. Cette évolution pétrographique est caractérisée par la diminution des plagioclases en faveur des feldspaths potassiques et de la biotite au dépend de la muscovite. Cette évolution concorde avec une mise en place successive des faciès moins évolués (tonalite) aux faciès plus évolués (Monzogranite). Les événements magmatiques s'achèvent dans cette évolution par la mise en place des filons aplitiques

A Rhourat N'Hass, la granodiorite constitue l'hôte principale des minéralisations cuprifères : objet de cette étude. En effet cette zone est parcourue, suivant des directions variante entre ESE-WNW à E-W (N85 à N115), par un filon quartzéux et bréchié noté « Br2 » sur la carte géologique d'Ezzhiliga (1/50000). Dans cette brèche apparaît une minéralisation essentiellement cuprifère associée à une multitude de filons de quartz et d'oxydes anastomosés ou en chevelure mis en place au sein des fractures à composante décrochante senestre. Cette structure bréchifiée, résulterait d'un système filonien en stockworks (Système complexe des veines orientées aléatoirement ou structurellement contrôlées).

La mise en place de cette minéralisation cuprifère est en relation avec une phase tectonique cassante parmi les quatre phases énumérées dans ce secteur et qui sont :

- Une phase compressive de direction ENE-WSW postérieure au Permien inférieur (Kungurien). Cette phase compressive serait responsable d'une extension créant l'ouverture des fentes NNW-SSE et leur remplissage quartzique stérile.
- Une phase extensive de direction N73 provoquant le jeu normal des failles subéquatoriales avec un jeu décrochant dextre. Ces accidents seraient

responsables de la fracturation de la granodiorite ainsi que les filons quartzeux stériles.

- Une phase d'extension de direction NW-SE induisant un régime régional décrochant. Cette phase est responsable de la mise en place de la minéralisation cuprifère associée au quartz et aux oxydes au sein des fractures montrant un jeu décrochant sénestre. Ces filons minéralisés recouper et décalent les filons quartzeux et les fractures à composante normale dextre.
- Une phase d'extension tardive de direction ENE-WSW provoquant le jeu normal des failles subméridiennes avec un jeu décrochant. Ces dernières constituent le dernier évènement tectonique dans cette zone, puisqu'elles recouper l'ensemble des structures rencontrées. Cette phase, clôturant les évènements tectoniques à Rhourat N'Hass, serait probablement activée lors d'un régime tardi hercynien.

Recommandations

Le sondage RN1 réalisé au voisinage de cette brèche Br2 révèle la continuité de cette minéralisation en profondeur au niveau de la même zone bréchique. Pour une valorisation adéquate de ce site minier, il est souhaitable:

- ✓ De mener une étude métallographique approfondie pour mettre en évidence toutes les différentes phases minéralisatrices
- ✓ De réaliser une campagne géophysique le long de cette fracture pour suivre la continuité de la minéralisation en profondeur et son étendue vers l'Ouest au-delà de Rhourat N'Hass dans l'encaissant sédimentaire.
- ✓ De réaliser d'autres sondages qui confirmeraient les résultats géophysiques.

- Agard, J. and Penningeat, F. 1952.** Etain. Wolfram et molybdène. In: Géologie des gites minéraux marocains. Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, 87, 416 p.
- Agard, J. and Ziegler, V. 1951.** Présence de la Scheelite en bordure du granite des Zaër, Marco Central. C.R. Acad. Sc. Paris. T. 232, n° 23, p 2121.
- Beudet, G. (1969)** : Le plateau central marocain et ses bordures: études géomorphologiques. Rabat, 478 p. Thèse Lettres Paris.
- Ben Abbou M, Soula J-C, Brusset S., Roddaz M. Ntarmouchant A., Driouch Y., Christophoul F., Bouabdelli M., Majesté-Menjoulas C., Beziat D., Debat P. et Deramond J. (2001)** – Contrôle tectonique de la sédimentation dans le système de bassin d’avant-pays de la Meseta marocaine. C. R. Acad. Sc., Paris, Vol. 332, 11, 703-709.
- Ben Abbou M. (2001)** - Dynamique des bassins d’avant-pays carbonifères : signatures tectoniques, sédimentaires et magmatiques de l’évolution de la chaîne hercynienne du Maroc Central septentrional. Implication sur le modèle géodynamique de la chaîne hercynienne. Thèse es sci., Univ. Cadi Ayad, Marrakech, 313 p.
- Bouabdelli, M. (1989)** : Tectonique et sédimentation dans un bassin orogénique : Le sillon d’Azrou-Khénifra (Est du Massif Hercynien Central du Maroc). Thèse ès sci., Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 262 p.
- Bouali A. (1995)** : Recherche générale sur la plaine de Tamlelt (région de Bouarfa-Bouanane). Rapport ONHYM, inédit, 12 p.
- Boushaba, A & Cailleux, Y (1992)**: Les relations métamorphiques-déformation au voisinage des granitoïdes hercyniens du Maroc central. Bull. Inst. Sci., Rabat, n° 16, pp.15-22.
- Boushaba, A. (1994).** - Geochemical evolution (behaviour of major, traces and rare earths) and setting history of the Ment granitic complex (Moroccan central massif). 2nd International Conference on Geology of the Arab World, Cairo.
- Destombes, J. (1953).** Gisement de Scheelite de Sibara II (Maroc central). Rapport inédit. Ser. Et. Gîtes minér. Rabat, n°236.
- Durand-Delga, M. et Fontboté, J.M. (1980)**: Le cadre structural de la Méditerranée occidentale. 26th International Geological Congress. Colloque C5: Géologie des chaînes alpines issues de la Téthys. Mémoires Bureau Recherche Géologique et Minière, 11: 65- 85.
- El Hassani A. 1990.** La bordure nord de la chaîne hercynienne du Maroc. Chaîne « calédonienne » des Sehoul et plate-forme nord-mesétienne. Thèse d’Etat, Univ. Strasbourg, 208 p.
- Giuliani, G. (1980)**: Découverte de minéralisations en Sn-W-Mo dans le pluton granitique des Zaër (Massif Central marocain). C. R. A. S., Paris, T. 290, Série D, pp 1397–1399
- Giuliani, G. (1982)** : Contribution à la géologie du massif granitique des Zaer (Maroc central; étude des minéralisations à W-Sn-Mo associées. Thèse Inst. Nat. Polytechnique de Lorraine, 347 p.
- Giuliani, G., Cheilletz, A., Zimmermann, J.L. (1989).** The emplacement, geochemistry and petrogenesis of two central Morocco Hercynian granites: geotectonic implications. J African Earth Sci 9 :617-629
- Haïmeur J. & El Amrani E.I. 2005.** Rôle du brassage et du stockage magmatique dans l’homogénéisation des granitoïdes calco-alcalins : le pluton composite de Zäer (Maroc central). Eclogae Geol. Helv., 98, 219–236.
- Haïmeur J., El Amrani I.E & Chabane A. 2004.** Pétrologie et géochimie des granitoïdes calco-alcalins de Zaër (Maroc central) : modèle pétrogénétique. Bull. Inst. Sci. sect. Sci. Terre, 26, 27-48.
- Hassenforder, B. (1987)** : La tectonique panafricaine et varisque de l’Anti-Atlas dans le massif du Kerdous (Maroc). Thèse de doctorat 3^{ème} cycle, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France, 249p.
- Hoepffner, C. (1987)** : La tectonique hercynienne dans l’Est du Maroc. State Thesis, University of Strasbourg 1, 280p.
- Hoepffner, C., Soulaïmani, A., Piqué, A., (2005)** : The Moroccan Hercynides. Journal of African Earth Sciences 43, 144–165.

- Lagarde J.L. 1987/1989.** Les plutons granitiques hercyniens marqueurs de la déformation crustale. L'exemple de la meseta marocaine. Thèse d'état, Uni. Rennes I, Mém. Doc. CAESS, Rennes, 26, 342 p.
- Laville, E. (1985).** Evolutions sédimentaire, tectonique et magmatique du bassin jurassique du Haut Atlas (Maroc) : modèles en relais multiple de décrochements. Thèse Doct. d'Etat, Univ. Montpellier, France, 168 p
- Mahmood, A. (1980).** Etude pétrologique du granite hercynien des Zaër (Massif Central Marocain). Thèse Doctorat d'Etat, Clermont-Ferrand, 412 p
- Mahmood, A. (1981):** Solidification du pluton granitique hercynien des Zaër (Massif Central Marocain) à la lumière de nouvelles données pétrochimiques et structurales: C.R. Acad. Sc. Paris, Série D, 292:409-412
- Mahmood, A. and Couturié, J. P. 1979.** Etude de la structure Zonée du pluton granitique hercynien des Zaër, Massif Central Marocain. C. R. Acad Sci. 289, 985-988.
- Michard A. (1976)** – Élément de géologie marocaine. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, 252, 420 p.
- Michard A. (1982)** – Le massif Paléozoïque des Rehamna (Maroc). Stratigraphie, tectonique et pétrogenèse d'un segment de chaîne varisque. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 303, 180 p.
- Michard, A., Soulaïmani, A., Hoepffner, C., Ouanaïmi, H., Baïdder, L., Rjimatî, E. C., et Saddîqî, O. (2010) :** The south-western branch of the variscan belt: Evidence from Morocco, *Tectonophysics*, 492, pp. 1-24.
- Nerci K. (2006) :** Les minéralisations aurifères du district polymétallique de Tighza (Maroc central): un exemple de mise en place péri-granitique tardi-hercynienne. Thèse Doct. Univ. Orléans et UQAM, 238 p., www.archipel.uqam.ca/729/1/D1603.pdf
- Ntarmouchant A. (1991)** – Le Magmatisme Hercynien de la région de Mrirt (Est du Massif Central Marocain) : cartographie, pétrographie, géochimie et contexte géodynamique. *Thèse de 3^{ème} cycle, Univ. Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès*, 169 p.
- Ntarmouchant, A., Smaili, H., Bento dos Santos, T., Dahir, M., Sabri, K., Ribeiro, M.L., Driouch, Y., Santos, R., Calvo, R. (2016):** New evidence of effusive and explosive volcanism in the lower Carboniferous formations of the Moroccan Central Hercynian Massif : Geochemical data and geodynamic significance – *Journal of African Earth Sciences*. Volume 115, March 2016, Pages 218-233. Doi : 10.1016/j.jafresci. 015.12.019
- Oftedahl, C. 1958.** A theory of exhalative-sedimentary ores. *Geol. Foren. Stockholm Forh.* 80 (pt. 1, no. 492): 1–19.
- Piqué A. (1979)** – Evolution structurale d'un segment de la chaîne hercynienne : La Meseta marocaine nord-occidentale. *Sci. Géol.,Mém.* 56, 243 p.
- Piqué A. (1982)** – La zone de Rabat-Tiflet (Meseta Marocaine Septentrionale), sa place dans l'ensemble des noyaux paléozoïques de la Méditerranée occidentale. *C. R. Acad., Paris, t. 295, Série II, p. 263-266.*
- Piqué A. (1994)** – Géologie du Maroc. Les domaines régionaux et leur évolution structurale. *PUMAG, Maroc*, 284 p.
- Piqué A. et Kharbouch F. (1983)** – Distension intracontinentale et volcanisme associé. La Meseta marocaine Nord-occidentale au Dévono-Dinantien. *Bull. Centre Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, 7, 1, p. 377-387.
- Piqué A. et Michard A. (1989)** – Moroccan hercynides : a synopsis. The paleozoic sedimentary and tectonic evolution at the Northern margin of West Africa. *Amer. Jour. Sci.*, 289, p. 286-330.
- Piqué A. et Michard A.(1981)** – Les zones structurales du Maroc hercynien. *Sci. Géol. Bull. Strasbourg*, 34, 2, 135-146.
- Tahiri A. 1991.** Le Maroc central septentrional : stratigraphie, sédimentologie et tectonique du Paléozoïque ; un exemple de passage des zones internes aux zones externes de la chaîne hercynienne du Maroc. Thèse ès Sciences, Université Bretagne Occidentale, Brest, France, 299 p.