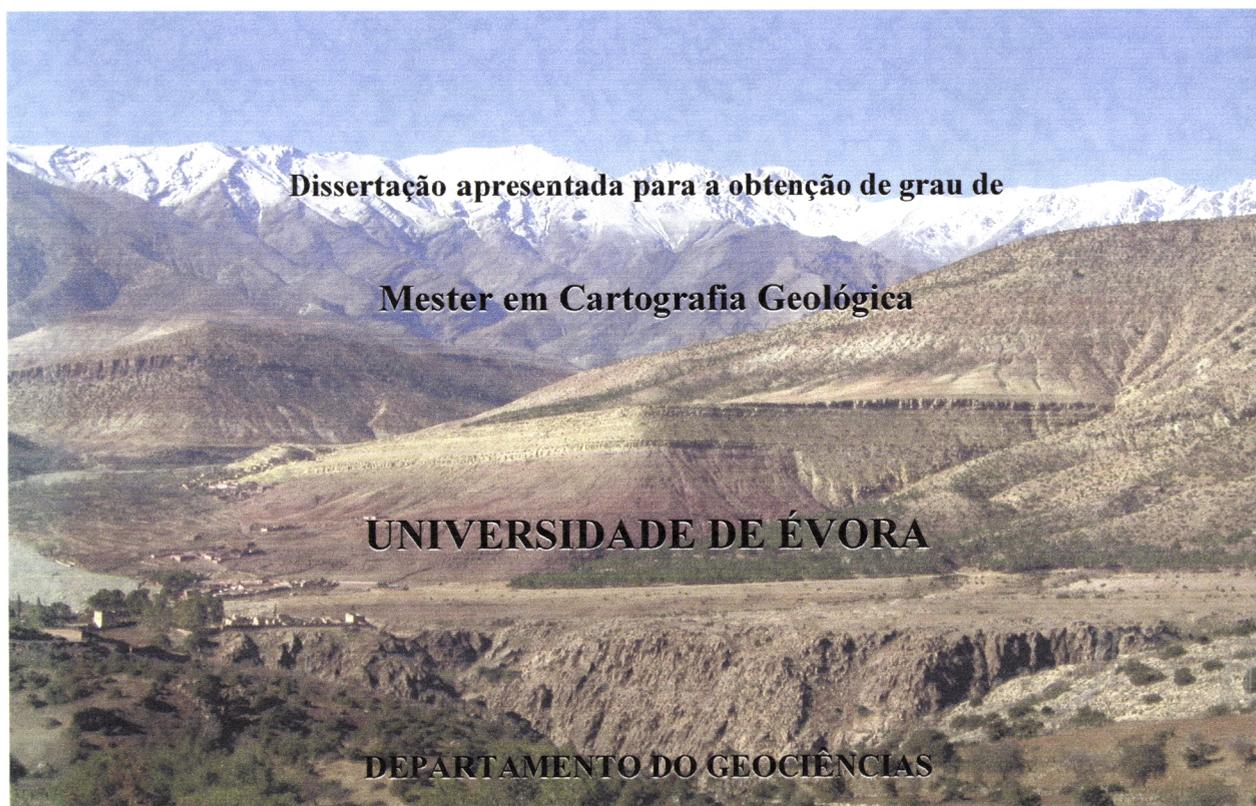


**RELATION DU MAGMATISME, DÉFORMATION ET MINÉRALISATIONS
AU SECTEUR D'AZEGOUR
(HAUT ATLAS OCCIDENTAL – MAROC)**

Por

Youssef Hendaq



*«Esta dissertação não inclui as críticas e
sugestões feitas pelo júri»*

Sob a orientação do : **Prof. Rui Manuel Soares Dias**
Dra. Isabel Leal Machado



UNIVERSITÉ D'ÉVORA

RELATION DU MAGMATISME, DÉFORMATION ET MINÉRALISATIONS AU SECTEUR D'AZEGOUR (HAUT ATLAS OCCIDENTAL – MAROC)

Par

Youssef Hendaq

Directeur de Thèse :

Professeur Rui Manuel Soares Dias

142528

Résumé

Le granite d'Azegour s'est mis en place dans des formations d'âge Cambrien inférieur à moyen de la partie nord centrale du Haut Atlas occidental. C'est un granite hyperalumineux qui a enregistré une partie de la déformation hercynienne qui affecte l'encaissant. Il s'est mis en place avec le fonctionnement dextre des décrochements hercyniens N70.

La cartographie digitale basée sur les données récoltées sur le terrain et la projection de différentes minéralisations dans le diagramme de Patterson ont démontré que celles-ci sont le fruit de deux familles, géométriquement parler. La première est de direction N-S déjà décrite aux travaux antérieurs et la deuxième est celle des décrochements ENE que nous avons concrétisé leur influence dans le présent travail. Ce résultat d'ailleurs, peut apporter d'énormes indications sur la localisation de la minéralisation dans le Haut Atlas occidental et ces faubourgs.

Resumo

O granito de Azegour é um granito hiperaluminoso que intrui as formações do Câmbrico inferior a médio no sector norte-central do Alto Atlas ocidental ao longo de cisalhamentos direitos Hercínicos com orientação N70.

O Sistema de Informação Geográfica baseado na colheita de dados de campo e a projecção no diagrama de Patterson da distribuição das mineralizações, demonstram que estas encontram-se alinhadas ao longo de duas direcções preferenciais. A primeira família, que já encontrava-se descrita na bibliografia, têm direcção principal N-S, enquanto que a segunda família ENE é associada aos cisalhamentos N70, e é descrita no presente trabalho. Este resultado pode indicar a localização de mineralizações ainda não descobertas no Alto Atlas ocidental e nas regiões vizinhas.

ملخص

يتموضع كرانيت أزغور بين التكوينات الصخرية المتحولة ذات السن الجيولوجي الكامبري. يوجد هذا الكرانيت في الناحية الجيولوجية المسماة القطعة الشمالية الوسطى للأطلس الكبير الغربي. هذا الكرانيت ذاته الميزة الألومينية يحتوي على علامات تشكيلية ترجع إلى العصر المرسيي. هذه التشكيلات تظهر بشكل جلي في الصخور المحاذية للسمارة الكرانيتية. في هذه الرسالة قمنا بتسمية خرائط رقمية اعتمادا على المعلومات المحصل عليها في حقول الدراسة وخاصة منما المتعلقة بمواقع الاستغلال المعدنية أو التنقيبية. بناءا على هذه المعلومات الجيولوجية وبتبني معلو بانرسن تبين لنا أن هذه المواقع المعدنية ليست محتباطة بل على العكس هي نتيجة لبنيات تحتية هندسية. على السواء لبيتولوجية و تكتونية. الأولى تتمثل في الصخور المتحولة الكربونانية و الثانية تتمثل في الهوالق المتحركة ذات الاتجاه فرق الشمال الشرقي. هذه الأخيرة التي ألقينا عليها الضوء في هذه الأطروحة.

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| REMERCIEMENTS | 1 |
| CHAPITRE 1 : LE MAROC HERCYNIEN | 4 |
| I. CADRE GENERALE | 5 |
| II. LE HAUT ATLAS OCCIDENTAL ET LE VARISQUE DU MAROC | 5 |
| III. EVOLUTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE DE LA MESETA MAROCAINE | 9 |
| III.1. LE SUBSTRATUM | 9 |
| III.2. LA SEDIMENTATION PALEOZOÏQUE DANS LA MESETA MAROCAINE | 10 |
| III.2.1. LES MOUVEMENTS EPIOROGENIQUES DU PALEOZOÏQUE INFERIEUR | 11 |
| III.2.2. LES BASSINS DU PALEOZOÏQUE MOYEN | 14 |
| IV. LA PERIODE OROGENIQUE ET TARDI OROGENIQUE DU PALEOZOÏQUE SUPERIEUR | 15 |
| V. MAGMATISME ET GRANITOIDES DE LA MESETA MAROCAINE | 15 |
| VI. CARACTERES ET STYLES DE LA DEFORMATION DANS LES DIFFERENTES ZONES STRUCTURALES DU MAROC | 19 |
| VI.1. LES DEFORMATIONS PALEOZOÏQUES DU DOMAINE SAHARIEN | 19 |
| VI.1.1. ZONE D'OULED DLIM | 19 |
| VI.1.2. ZONE DE ZEMMOUR | 19 |
| VI.2. LES DEFORMATIONS DANS LES MARGES DE LA CHAÏNE HERCYNIEUNE MAROCAINE | 19 |
| VI.2.1. DANS LE DOMAINE PRESAHARIEN : L'ANTI ATLAS | 19 |
| VI.2.2. DANS LE MOLE COTIER | 20 |
| VI.2.3. LES DEFORMATIONS DU BLOC NORD MESETIEN : BLOC DE SEHOUL | 20 |
| VI.2.3.1. LES DEFORMATIONS CALEDONIENNES : PREHERCYNIEUNES | 21 |
| VI.2.3.2. LA REPRISE HERCYNIEUNE (DEFORMATION NAMURO-WESTPHALIEUNE) | 21 |
| VI.3. LES DEFORMATION DE LA ZONE INTERNE : MESETA ORIENTALE | 22 |
| VI.3.1. LA DEFORMATION EOVARISQUES | 22 |
| VI.3.2. LES DEFORMATIONS POST- WESTPHALIEUNES | 22 |
| VI.4. LES DEFORMATIONS DE LA ZONE DE TRANSITION | 23 |
| VI.5. LES DEFORMATIONS DE LA ZONE EXTERNE : MESETA CENTRALE | 23 |
| CHAPITRE 2 : INTRODUCTION A LA REGION D'AZEGOUR | 25 |
| I. PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE | 26 |
| I.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE | 26 |
| I.2. SITUATION GEOLOGIQUE | 27 |
| I.3. APERÇUE STRUCTURAL | 29 |
| II. AGE DES FORMATIONS PALEOZOÏQUES ET DU GRANITE | 31 |
| III. NATURE DES FORMATIONS CAMBRIENNES | 32 |

| | | | |
|--|------------|---|-----------|
| II. ANALYSES ET INTERPRETATIONS STRUCTURALES DE LA LOCALISATION SPATIALE DES PRINCIPAUX METAUX (Mo, W, Cu) DANS LE SECTEUR CARTOGRAPHIE DA LA REGION D'AZEGOUR | 80 | IV. LES TERRAINS DES COUVERTURES | 33 |
| II.1. DIAGRAMME DE PATTERSON | 80 | V. LES MINERALISATIONS | 34 |
| II.1.1. THEORIE DU DIAGRAMME | 80 | VI. ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE ET EVOLUTION DES IDEES | 34 |
| II.1.2. METHODE DE CONSTRUCTION DU DIAGRAMME | 81 | VII. OBJECTIF DE L'ETUDE, METHODES ET MOYENS | 36 |
| II.1.3. INTERPRETATION DU DIGRAMME DE PATTERSON | 83 | VII.1. BUT DE CE TRAVAIL | 36 |
| II.2. DEVELOPPEMENT D'UN SIG POUR LE SUIVI DE L'EMPLACEMENT DE LA MINERALISATION | 84 | VII.2. METHODE DE TRAVAIL | 36 |
| II.2.1. PROCEDURES ET METHODES | 84 | VII.2.1. CARTOGRAPHIE AU 1/9000 | 36 |
| II.2.2. STRUCTURATION DE LA BASE DE DONNEES | 85 | VII.2.2. TRAITEMENT DE LA LOCALISATION SPATIALE DES PRINCIPAUX METAUX (Mo, W, Cu) PAR LE DIAGRAMME DE PATTERSON ET PAR LE SIG | 36 |
| II.2.3. PRESENTATION DE LA METHODE MERISE (METHODE DE REALISATION INFORMATIQUE PAR SOUS ENSEMBLES) | 86 | VII.2.2.1. DIAGRAMME DE PATTERSON | 37 |
| II.2.4. APPLICATION DE LA METHODE MERISE | 88 | VII.2.2.2. TRAITEMENT NUMERIQUE DES DONNEE (SIG) | 37 |
| II.2.5. LA CREATION DES FICHIERS | 90 | CHAPITRE 3 : ANALYSE LITHOLOGIQUE ET PETROGRAPHIQUE DU GRANITE ET DE SON ENCAISSANT | 39 |
| II.2.6. EXPLOITATION DE LA BASE DE DONNEES A TRAVERS LE SIG | 91 | I. ENCAISSANT | 40 |
| II.2.6.1. CARTE THEMATIQUE : A | 92 | I.1. LES ROCHES DE LA SERIE SCHISTEUSE | 41 |
| II.2.6.2. CARTE THEMATIQUE : B | 94 | I.2. LES ROCHES DU COMPLEXE VOLCANIQUE | 43 |
| II.2.6.3. CARTE THEMATIQUE : C | 95 | I.3. LES ROCHES PYROCLASTIQUES (VOLCANO-SEDIMENTAIRES) | 44 |
| II.2.6.4. CARTE THEMATIQUE : D | 95 | I.4. LES ROCHES VERTES (PILLOW-LAVAS) | 44 |
| III. CONCLUSIONS | 96 | I.5. LES CALCAIRES | 45 |
| CHAPITRE 6 : EVOLUTION GEODYNAMIQUE D'AZEGOUR | 98 | II. LE GRANITE | 46 |
| ANNEXE 1 : CARTE GEOLOGIQUE DE LA REGION D'AZEGOUR | 105 | II.1. CONFIGURATION GENERALE | 46 |
| ANNEXE 2 : CARTES THEMATIQUES ELABOREES PAR LE SIG | 106 | II.2. ASPECT PETROGRAPHIQUE | 48 |
| | | III. CORTEGE FILONIEN | 50 |
| | | III.1. LE GROUPE DE PEGMATITES ET D'APLITES | 50 |
| | | III.2. LE GROUPE DE PORPHYRES | 51 |
| | | III.3. LE GROUPE DES FILONS DE QUARTZ ET D'HEMATITE | 52 |
| | | CHAPITRE 4 : ANALYSE STRUCTURALE DU GRANITE ET DE SON ENCAISSANT | 54 |
| | | I. LA DEFORMATION DANS L'ENCAISSANT | 55 |
| | | I.1. DEFORMATION CONTINUE | 55 |
| | | I.2. DEFORMATION DISCONTINUE | 63 |
| | | II. LA DEFORMATION AU SEIN DU GRANITE | 66 |
| | | II.1. DEFORMATION DISCONTINUE | 66 |
| | | II.1.1. ANALYSE GEOMETRIQUE | 66 |
| | | II.1.2. ANALYSE CINEMATIQUE | 67 |
| | | II.1.3. INTERPRETATION | 73 |
| | | II.2. DEFORMATION CONTINUE | 75 |
| | | CHAPITRE 5 : LA MINERALISATION DANS LE SECTEUR D'AZEGOUR | 77 |
| | | I. INTRODUCTION | 78 |

Remerciements

Qu'il me soit permis de remercier toutes les personnes qui m'ont aidé de près où de loin à la réalisation de ce travail.

Mes remerciements s'adresse tout d'abord à Monsieur Manuel Ferreira Patrício recteur de l'Université d'Évora.

Je suis heureux de pouvoir exprimer ici ma profonde gratitude et reconnaissance à Monsieur le Professeur Rui Manuel Soares Dias, Directeur de cette thèse, qui m'a fait bénéficier de son expérience, ses connaissances et ses conseils prodigieux durant toutes les trois années écoulées pour la préparation du Master. Son aide, sa compétence et son art d'observation du moindre détail au terrain étaient à la base de la réalisation de ce mémoire.

Je remercie également, et tout particulièrement le Docteur Isabel Leal Machado. Il me serait difficile de délimiter exactement ses appuis aussi bien moraux que professionnels, sa générosité perpétuelle et son esprit chaleureux m'ont souvent épaulé durant mon long séjour au Portugal. La cartographie par les systèmes d'information géographique a été levée au Laboratoire d'investigation des roches industrielles et ornementales (LIRJO) grâce à sa vigilante assistance et son savoir faire.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur le Professeur António Ribeiro qui nous a fait bénéficier de ses connaissances. J'aimerais ici, d'exprimer ma reconnaissance pour les journées de terrain qui nous a accordées, mes collègues et moi au Maroc. Sa participation au jury est un honneur pour moi.

Je tiens aussi à remercier tous mes professeurs du Master Messieurs, le Professeur Alexandre Araújo, le Professeur Francisco Pereira et le Professeur Pedro Nogueira, qui par leur sens

scientifique et leur pédagogie nous ont consacré amplement du temps afin de définir et de redéfinir les termes en un Portugais commode.

Pour les traitements administratifs, j'ai eu bien souvent recours à Florbela qui m'a toujours accueilli avec sa bienveillance souriante. Ici je la déclare mes remerciements les plus sincères.

J'exprime aussi mes remerciements à ceux qui furent mes compagnons journaliers au Pólo universitaire, et qui ont vigilé à assurer la propreté de ma chambre et mon bureau. Mes honnêtes remerciements s'adressent ici particulièrement à Madame Joaquina, et à Madames Sandra, Leonor, Irène et Alice.

Je remercie également le Docteur Nourddine Aït Ayad, pour sa collaboration.

Je remercie tous mes collègues du Master pour les agréables moments que nous avons passé ensemble.

Je n'oublie pas mes trop chers amis Rachid El Meskijoui, Abdelouhab Zaki et Nourddine Hasri qui m'ont toujours soutenu, ici je leur exprime mon amitié éternelle.

Je remercie ma grande famille au Portugal et au Maroc pour le soutien qu'il m'apporté, surtout la famille Dias et Coxixo. Singulièrement je remercie Monsieur Isidoro et Madame Constantina, aussi Carlos et Elisabete.

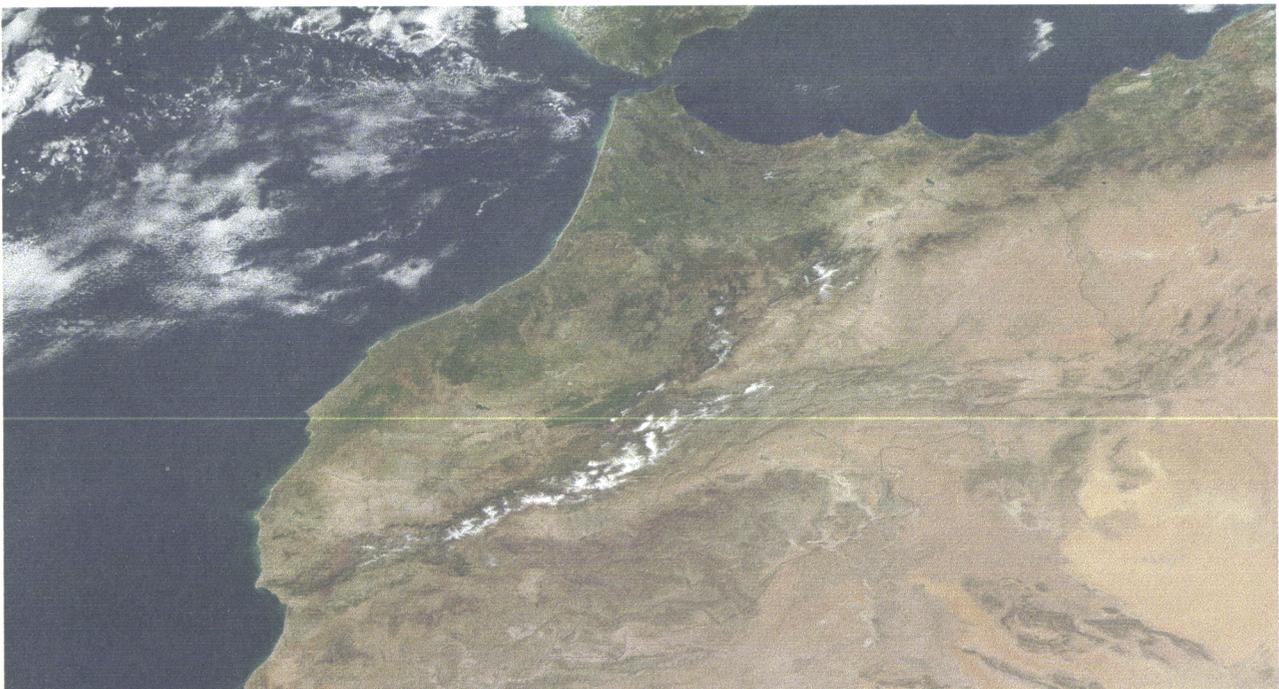
Je parviens en fin à ceux qui ont sacrifié toute leur vie à m'entretenir durant de longues années d'études. Ici je déclare pour mon charmant généreux Père et ma trop belle Mère mes énormes gratitude, je vous aime beaucoup mes parents et que grand Dieu vous garde pour moi. Je remercie également ma deuxième mère, ma très chère sœur Latifa et tous mes frères et sœurs, Malika, Ahmed, Said, Rabiâ et Aziza. Mes remerciements s'adressent aussi à ma femme Nour Alhoda, que grâce à elle j'ai pu supporter les colossaux obstacles de vivre loin de ma terre natale, je n'oubliera jamais son aide et sa patience durant les jours et les nuits de travail

*acharné, ici je l'exprime m'on amour éternelle. Je dédie pour elle ainsi que pour toute ma famille
ce mémoire.*

Arcos, le 26 Mai 2003

Chapitre 1

LE MAROC HERCYNIEN



I. CADRE GENERALE

Le Maroc est une zone de transition entre le craton ouest africain au sud et le domaine méditerranéen au nord. Sa configuration actuelle est le produit de nombreux cycles orogéniques qui se sont déroulés au cours des temps : cycles précambriens, hercynien et alpin.

C'est ainsi que l'Atlas constitue l'élément le plus méridional des chaînes alpines périméditerranéennes (Fig.1). Il s'étend sur 2000 Km d'Agadir au Gabés (Tunisie), avec une faible largeur, 80 Km en moyenne. C'est une chaîne intracontinentale typique, qui résulte de l'inversion positive d'un ancien bassin mésozoïque dépendant dans sa plus grande partie de la Téthys, sauf dans le Haut Atlas occidental, qui malgré la continuité structurale avec le reste de la chaîne, s'en distingue par une obédience atlantique. Cette dépendance se marque par des transgressions venant de l'ouest (ROCH, 1930, 1950, CHOUBERT & FAURE MURÈT, 1960-62) et par la dominance des directions de failles NNE-SSW.

II. LE HAUT ATLAS OCCIDENTAL ET LE VARISQUE DU MAROC

Au cours de ces trois dernières décennies, l'évolution hercynienne des terrains paléozoïques du Maroc a fait l'objet de plusieurs essais de synthèses structurales (MICHARD, 1976 ; PIQUE et MICHARD, 1989 ; BOUABDELLI, 1989). Ces travaux ont permis de subdiviser la chaîne hercynienne marocaine en plusieurs régions ou zones structurales (Fig. 2) :

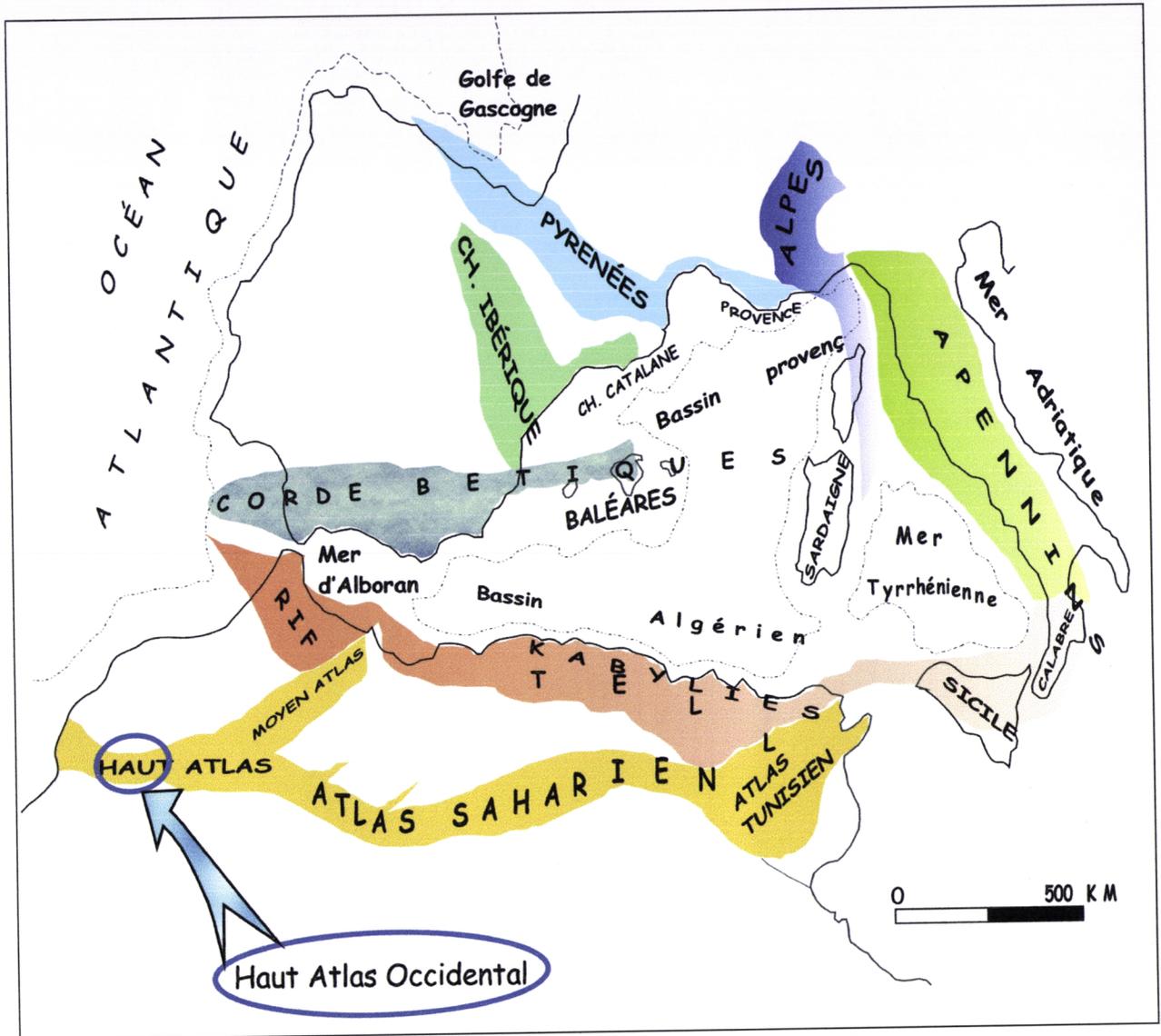
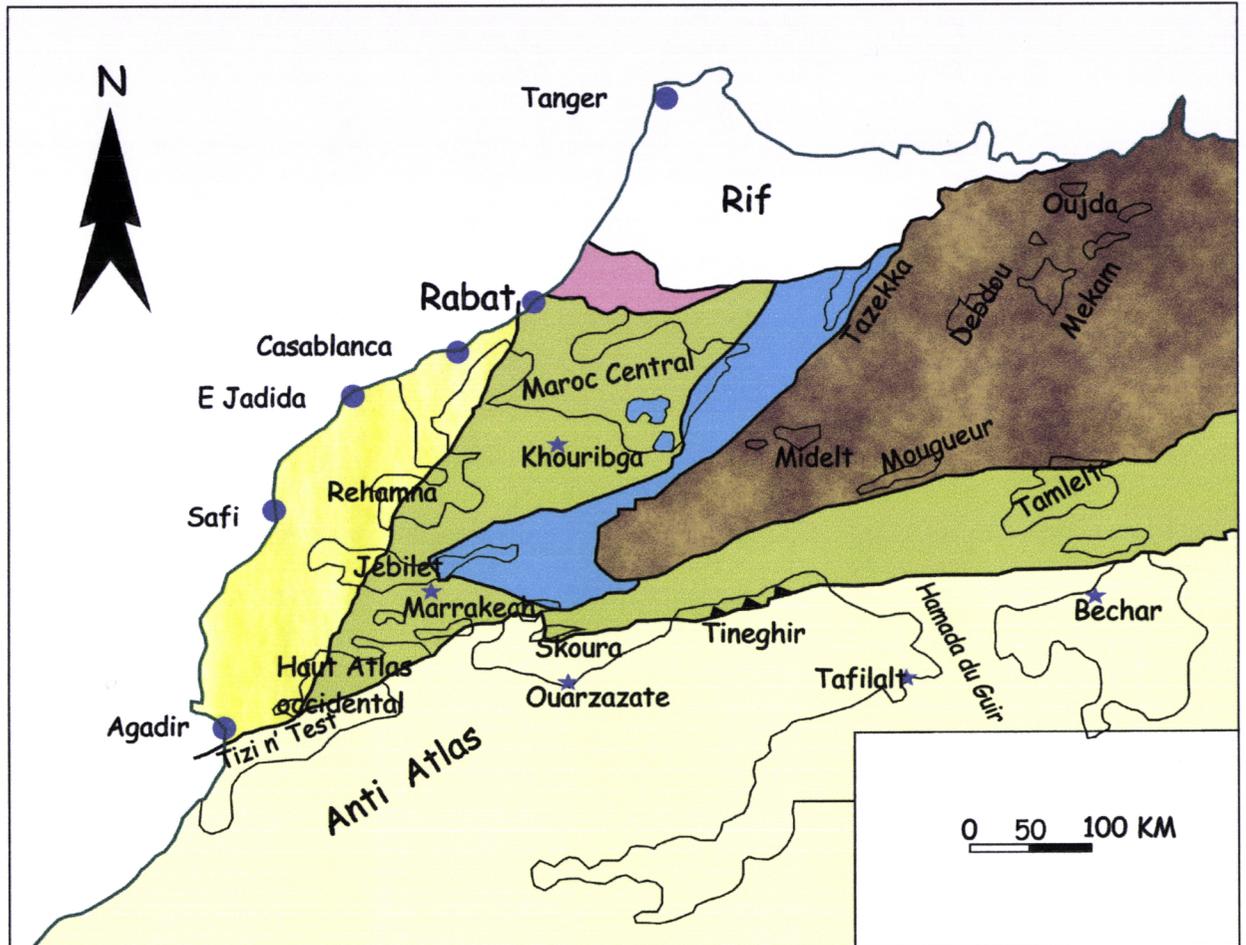


Fig. 1 : Place du Haut Atlas occidental parmi les chaînes alpines de la Méditerranée occidentale (carte d'après DURAND-DELGA & FONTBOTÉ, 1980, légèrement modifiée)

④ **La zone de la Meseta centrale (Zone externe)** : présente une série stratigraphique quasi-continue du Cambrien au Westphalien basal. Cette zone regroupe l'essentiel du Maroc central, le Haut Atlas occidental (de Marrakech), la partie centrale des Jebilet et les Rehamna.

A partir du Dévonien supérieur, des bassins de flysch s'individualisent. Or, le magmatisme est essentiellement basique, sauf dans les Jebilet où il est bimodal, qui se manifeste dès le Tournésien (bassin de Sidi Bettache, Sud Ouest de Rabat) (Fig. 3) et poursuit jusqu'au Viséen supérieur (Rehamna, Jebilet). La phase de déformation paroxysmale est intra westphalienne.



- Bloc des Sehoul**, fragment de la chaîne calédonienne.
- Zone interne** de la chaîne à déformation éovarisque, bretonne (Meseta orientale).
- Zone de transition** avec nappes synsédimentaires du Viséen supérieur et phase de plissement sudète probable (Viséen).
- Zone externe**, ou zone de la Meseta centrale (inclus Tamlelt).
à phase de plissement namuro-westphalienne sans phases précoces.
- a **Marges de la chaîne peu déformées :**
b a : bloc côtier mesetien.
b : zone de l'Anti-Atlas.

Fig. 2 : Les zones structurales hercyniennes du Maroc, (d'après HOEPFFNER 1996).

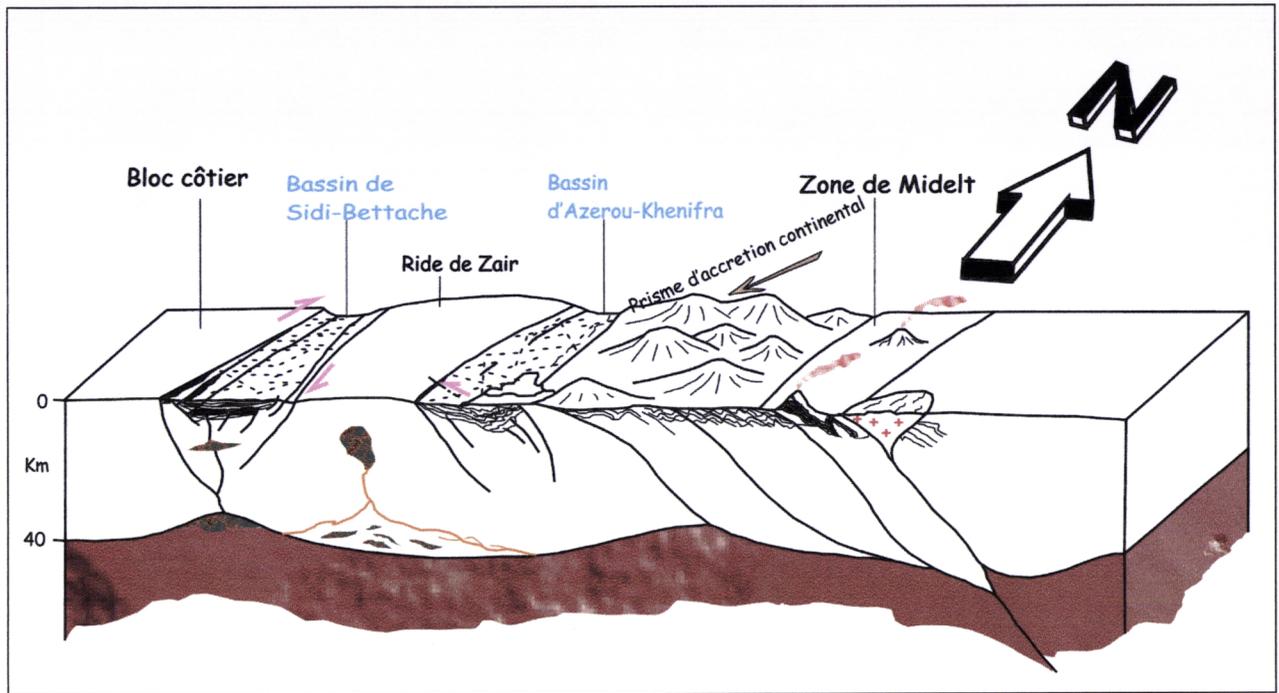


Fig. 3 : Bloc digramme schématique du domaine mesétien au début du Carbonifère, (d'après HOEPFFNER, 1989).

- ④ **La zone orientale** : englobe l'ensemble des boutonnières du Maroc oriental (Midelt, Debdou-Mekkam, Béni Snassèn, Mougueur...etc). Elle est caractérisée par une sédimentation détritique au Dévonien, une phase de déformation majeure au Dévonien supérieur (bretonne) et un volcanisme calco-alcalin au Carbonifère (Viséen supérieur-Namurien) (Fig.4).
- ④ **La zone de transition ou zone des nappes** : regroupe les Jebilet orientales, le Nord de la boutonnière de Aït Tamelil, et la partie orientale du Maroc central (Azerou, Khénifra et Tazekka). Elle est caractérisée par des bassins à flyschs au Viséen supérieur avec mise en place de nappes synsédimentaires de la zone Azerou-Khénifra, et aussi par une déformation tectono-métamorphique au Viséen supérieur « phase Sudète » (Fig.4).
- ④ **La zone du môle côtier et de l'Anti- Atlas** : constitue les marges de la chaîne hercynienne, où la déformation est faiblement exprimée, et vers lesquelles sont déversées d'une part, les structures de la Meseta central à l'ouest, d'autre part, les structures de la région de Ben Zireg et de Tinghir au sud.

Ces dernières, déformées par la phase Namuro-Westpalienne, pourraient être rattachées à la zone de Meseta centrale. Les déformations synschisteuses de la

boutonnière de Tamlelt pourraient correspondre soit à la phase sudète, soit à la phase asturienne.

④ **La région de Rabat - Tiflet (Bloc des Sehou)** : est constituée par deux unités principales, (EL HASSANI, 1990) :

La zone des Sehou se situe dans la partie nord, et caractérisée par une série détritique datée du Cambrien et affectée par une déformation tectono-métamorphique d'âge Ordovicien terminal-Silurien inférieur (phase sehoulienne).

L'axe de Bou-Reg-Reg se met dans la moitié sud, et présente des dépôts d'affinité mesetienne avec cependant une lacune de l'Ordovicien supérieur et du Silurien inférieur, contemporaine de la phase sehoulienne, et une tectonique distensive au cours du Dévonien.

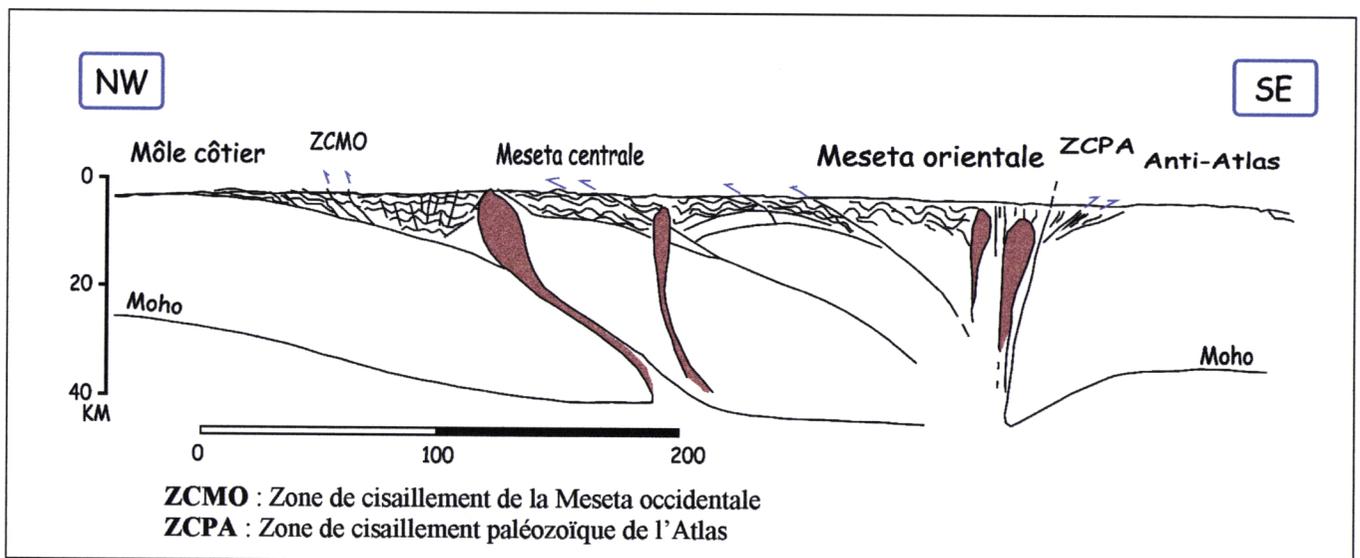


Fig. 4 : Coupe générale à travers la Meseta côtière, le Maroc central et oriental au Viséen supérieur; (d'après Michard, CAILLEUX, HOEPFFNER, 1987).

III. EVOLUTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE DE LA MESETA MAROCAINE

III.1. LE SUBSTRATUM

La chaîne hercynienne du Maroc est une chaîne intracontinentale édifée sur une croûte précambrienne «Panafricaine». Ce substratum précambrien, reconnu en gravimétrie (BERNADIN, 1988) est localement observable à la base de la série paléozoïque comme par exemple dans la région de Khénifra où du « Précambrien III » rhyolitique affleure sous les calcaires géorgiens (MORIN, 1962 ALLARY & al. 1976).

La présence de ce socle est indirectement confirmée par : (1) la mise en place à la base de la série paléozoïque, de plutons leucogranitiques issus d'une fusion crustale (MAHMOOD &

BENNANI, 1984) et (2) par les enclaves de gneiss granulitiques reconnues dans les granulites de Jebilet (CHEMSSEDDOHA, 1986) et dans les filons de microdiorite tardi hercyniennes (HUVELIN, 1977).

III.2. LA SEDIMENTATION PALÉOZOÏQUE DANS LA MESETA MAROCAINE

La sédimentation du Paléozoïque inférieur et moyen de la Meseta marocaine montre des séquences caractéristiques des mers épicontinentales avec des dépôts détritiques, parfois grossiers, et des bordures récifales (HOLLARD, 1978 ; PIQUE, 1979). Cette sédimentation s'effectue sur un socle précambrien constituant une plate forme, dont les fractures préexistantes vont contrôler étroitement l'individualisation des bassins paléozoïques (PIQUE, 1979).

L'histoire tectono-sédimentaire de ce domaine a été décrite par plusieurs auteurs (MICHARD, 1976 ; HOLLARD, 1978 ; PIQUE, 1979). Elle peut être schématiquement divisée en trois périodes :

- *Du Cambrien inférieur au Dévonien moyen*, période de mouvement épirogéniques et début d'organisation en rides et bassins.
- *Du Dévonien supérieur au Viséen supérieur-Namurien*, période intense d'amincissement crustal et de formation de bassins subsidents.
- *A partir du Namurien et au Westphalien inférieur*, tendance régressive liée au serrage des bassins lors de la compression hercynienne (Fig. 5).

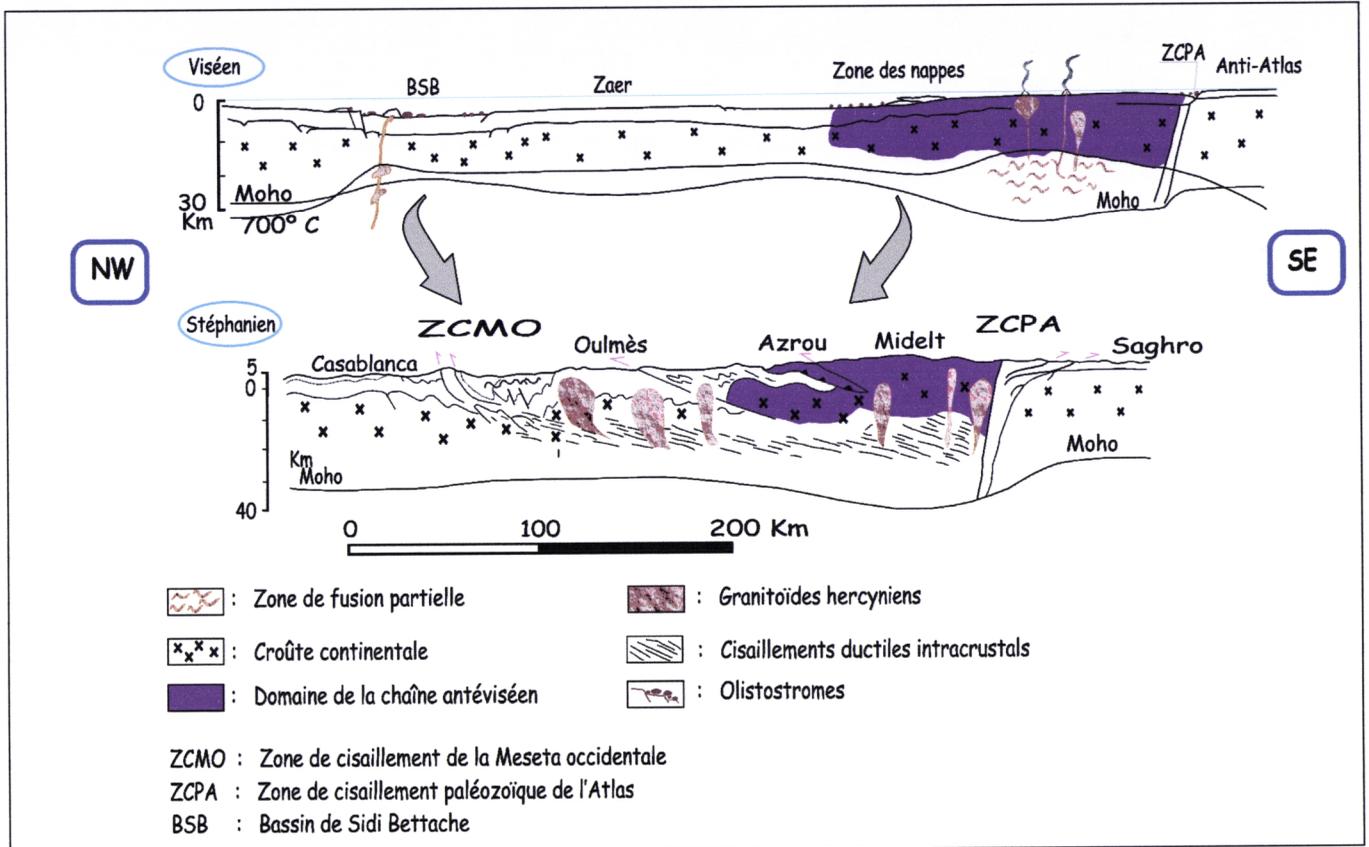


Fig. 5 : Interprétation géodynamique de la chaîne hercynienne du Maroc (MICHARD, CAILLEUX et HOEPFFNER, 1983)

III.2.1. LES MOUVEMENTS ÉPIOROGENIQUES DU PALÉOZOÏQUE INFÉRIEUR

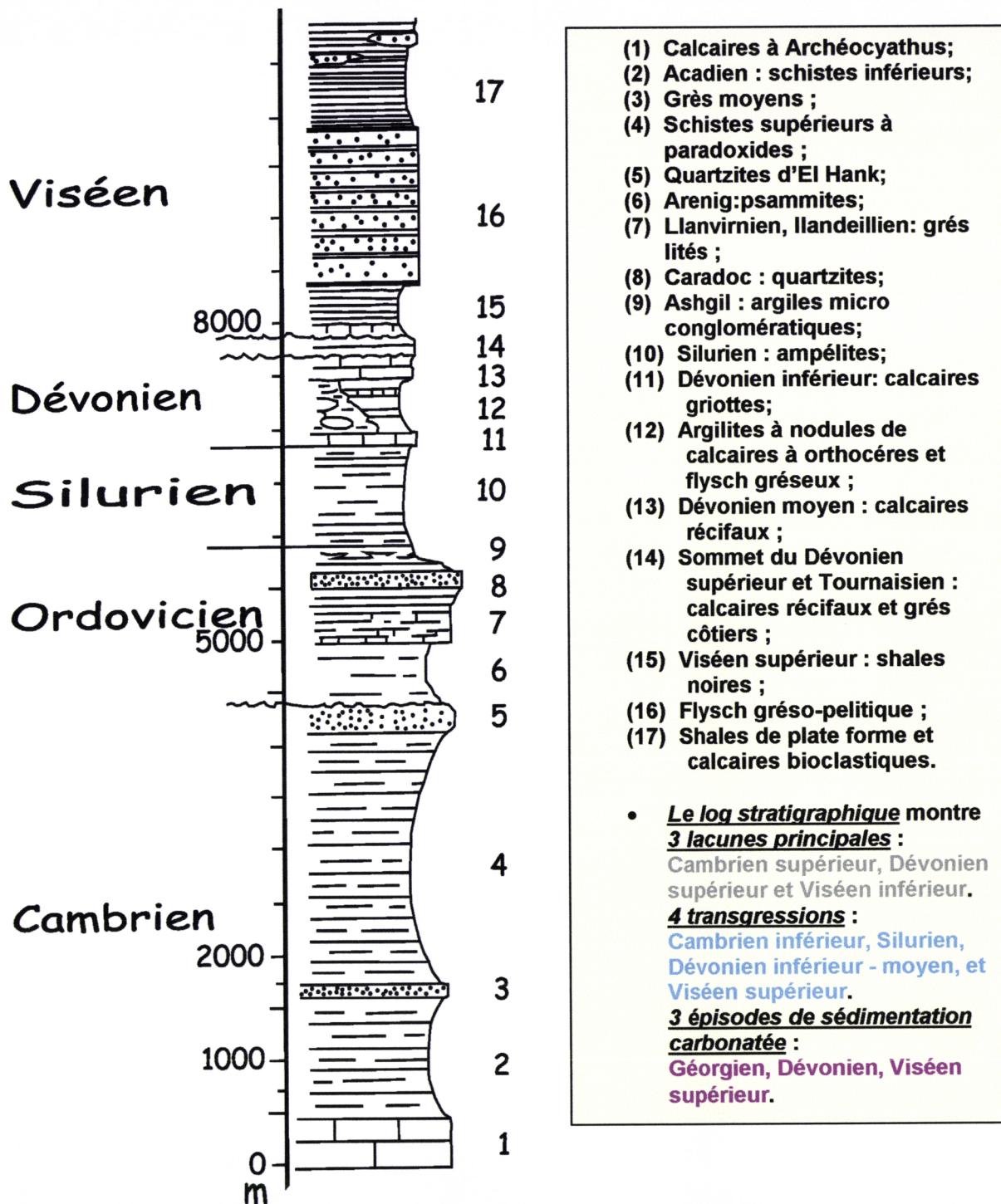


Fig. 6 : Log stratigraphique synthétique faisant apparaître les principales caractéristiques de la sédimentation au Paléozoïque inférieur et moyen de la Meseta marocaine (in LAGARDE, 1987).

- © Après la transgression de l'infra-cambrien sur les paléoreliefs précambriens, la Meseta marocaine constitue au Cambrien inférieur une plate forme carbonatée (calcaires à Archéocyathus géorgiens), que surmonte, dans le haut Atlas occidental, une puissance série volcano-détritique (PETIT, 1976).

- ④ A partir de l'Acadien, les carbonates font progressivement place à des formations détritiques telles que la formation des « schistes à Paradoxides » surmontée par un important niveau repère de l'Acadien : « les quartzites d'El Hank ». Cette époque est marquée aussi par un volcanisme trachy-andésique associé à des centres d'émission sous marins (GIGOUT, 1956). La Meseta subit ultérieurement un soulèvement épirogénique généralisé auquel est rattaché la lacune du Cambrien supérieur et de la base de l'Ordovicien.
- ④ A l'Ordovicien la sédimentation reprend avec des dépôts d'abord fins (Arenig), puis de plus en plus gréseux. Ces termes détritiques pourraient être liés à l'existence d'une phase calédonienne dans une région extérieure à la Meseta (PIQUE, 1979). Au sommet de l'Ordovicien apparaissent deux niveaux repères classiques : les barres quartzitiques du Caradoc et les argiles micro conglomératiques de l'Ashigill (Fig.6). Ces derniers sont considérés comme des témoins de la glaciation finis ordovicienne (HOLLARD, 1978).
- ④ Le Silurien correspond à une époque de transgression glacio-eustatique mise en rapport avec la fonte de l'inlandsis saharien. Il se présente sous un faciès monotone d'argiles noires, et d'ampélites à graptolites avec localement une intercalation, en bancs ou nodules, de calcaires à orthocères (Fig.6).
- ④ Le Dévonien inférieur est transgressif et concordant sur le Silurien. Il n'y a donc pas, dans la Meseta marocaine, de discordance calédonienne. Toutefois, dès le Dévonien inférieur commence à se faire sentir l'influence de la tectonique précoce distensive. Les zones Nord, Ouest et Sud mesetiennes vont constituer des plates-formes stables entre lesquelles se développera une zone NE-SW à fond instable. Dans le Nord de cette zone subsidente, vont s'installer les futurs bassins « viséens », seule la région de Khouribga-Oulmés semble constituer une ride émergée (PIQUE, 1979). Au plan de la sédimentation on note un net contraste entre les zones Ouest, détritiques ou carbonatées, et les zones Est pélagiques (HOLLARD, 1978). Ce contraste subsiste malgré la transgression qui favorise l'extension des calcaires récifaux.
- ④ Dès le Givetien supérieur la tendance est régressive et la Meseta occidentale, à titre d'exemple, reste quasiment émergée depuis le Frasnien moyen jusqu'au Faménien supérieur (PIQUE, 1979). Cette régression avec émergence localisée est à mettre en

relation avec les mouvements compressifs observables dans le Maroc oriental qui sont vieillis de 367 Ma (TISSERANT, 1977) c'est-à-dire Givetien-Frasnien.

III.2.2. LES BASSINS DU PALÉOZOÏQUE MOYEN

- ④ A partir de Famennien supérieur les processus d'organisation en rides et bassins vont brusquement s'amplifier. Un bassin subsident s'établit alors à l'emplacement de la zone mesetienne. Au cœur de ce bassin se dépose des séries détritiques flyschoïdes (Fig.6), alors que sur les bordures des faciès récifaux ou griottes interprètent la présence de haut fonds.
- ④ Du fait de la subsidence atténuée, les dépôts ont caractère transgressif vont persister jusqu'au Tournaisien. Celui-ci présente un faciès côtier de grès à brachiopodes reconnu depuis la région de Marrakech jusqu'à Rabat, ce qui réaffirme l'existence d'un domaine émergé au Nord et à l'Ouest.
- ④ L'absence du Viséen inférieur dans la plus grande partie de la Meseta est expliquée par le comblement du bassin mesetien et la migration de la mer (PIQUE, 1979). Cette lacune du Viséen inférieur peut être mise en relation avec l'épisode compressif qui affecte, à ce moment là, les régions orientales.
- ④ Le Viséen supérieur-Namurien est une époque de transgression généralisée (PIQUE, 1979 ; BEAUCHAMP, 1984). On y note une sédimentation détritique rythmée qui est équivalente du culm européen (MICHARD, 1976). La série viséo-namurienne, de plusieurs milliers de mètres d'épaisseur (HUVELIN, 1977) est essentiellement constituée de pélites, flyschs, grésopélites et de calcaires bioclastiques littoraux (BEAUCHAM, 1984) (fig.6).

Cette sédimentation s'accompagne d'une intense activité volcanique, d'âge Viséen supérieur, particulièrement bien développée dans le sud de la Meseta (massif des Rehamna et des Jebilet). Dans les Jebilet centrales des formations volcano-sédimentaires (tuffites basiques et acides) sont associées à un magmatisme bimodal qui témoignerait d'une ouverture intracontinentale de type rift (BORDONARO, 1983).

Dans l'Est de la Meseta et dans le massif des Jebilet, les flyschs du Viséen supérieur sont surmontés par une formation chaotique de type olistostrome (ALLARY & al,

1976 ; HUVELIN, 1977). Cet olistostrome est localisé au front et à la base d'unités allochtones comprenant une importante série glissée de Paléozoïque inférieur (Ordovicien, Silurien, Dévonien) mais engageant également une grande partie des flyschs viséens actuellement observables (ALLARY & al, 1976 ; BAMOUMEN, 1984, 1988, in LAGARDE, 1989). Ces glissements gravitaires annoncent le début de serrage du bassin mesetien (Fig. 5).

IV. LA PÉRIODE OROGÉNIQUE ET TARDI OROGÉNIQUE DU PALÉOZOÏQUE SUPÉRIEUR

La mise en place des nappes gravitaires 'synsédimentaires' annonce le début du serrage des bassins dévono-carbonifères de la Meseta marocaine.

Au niveau de la sédimentation il n'existe pas de preuves directes d'émersion avant le westphalien 'C' (HOLLARD, 1978). En revanche il semble acquis que la mer ait pu persister entre le Namurien et le Westphalien inférieur.

Le westphalien 'C', bien que légèrement plissé, est discordant sur le socle hercynien métamorphisé. Il s'agit de molasses conglomératiques grossières correspondant à des dépôts continentaux de bassins intramontagneux post-tectoniques (PRUVOST & TERMIER, 1949, in LAGARDE, 1989). L'essentiel du serrage varisque s'est donc produit avant le westphalien 'C' et pour partie après le westphalien 'A'.

Le processus hercynien s'est accompli par la formation, au Stéphano-Autunien, de bassins à sédimentation continentale parfois accompagnée de volcanisme. Ces bassins sont recouverts en discordance par le Trias.

Intégralement, entre le Stéphano-Autunien et le trias il est probable que la chaîne varisque a été décapée sur des épaisseurs variant entre 3000 et 8000 m (MICHARD, 1976).

V. MAGMATISME ET GRANITOÏDES DE LA MESETA MAROCAINE

Trois épisodes magmatiques caractérisent l'évolution hercynienne de la Meseta marocaine :

- ④ Initialement un épisode magmatique s'est engendré entre le Dévonien supérieur et le Viséen supérieur (MICHARD, 1976 ; HUVELIN, 1977 ; PIQUE, 1979). Dans la Meseta Nord occidentale, il s'agit d'un magmatisme effusif (KHARBOUCH, 1982 ; PIQUE & KHARBOUCH, 1983) présentant des caractères géochimiques intermédiaires entre les termes tholéitiques et alcalins (KHARBOUCH & al, 1985).

Dans le Sud de la Meseta ce magmatisme se traduit par la mise en place de corps intrusifs basiques (gabbros, dolérites) de souche tholéitique et de corps plutoniques acides d'affinité calco-alcaline selon BORDONARO (1983) et tholéitique d'après AARAB (1984).

- ② Le deuxième épisode magmatique est contemporain du serrage hercynien de la Meseta et correspond à la mise en place des magmas orogéniques calco-alcalins et anatectiques peralumineux (MRINI, 1985 ; ROSE, 1987).
- ③ Le troisième épisode correspond à la mise en place tardive (≈ 270 Ma) de magmas d'affinité alcaline (Rehamna et Azegour) de type subsolvus à biotite (BONIN, 1982 ; MABKHOUT & al. 1988).

En focalisant l'attention sur les plutons orogéniques hercyniens calco-alcalins et anatectique peralumineux ainsi que sur les granites alcalins d'Azegour et des Rehamna, LAGARDE & al. (1989) subdivisent ces plutons en quatre groupes pétrographiques :

- a) Les granodiorites sont les termes les plus largement représentés (Jebilet, Zaer, Tichka).

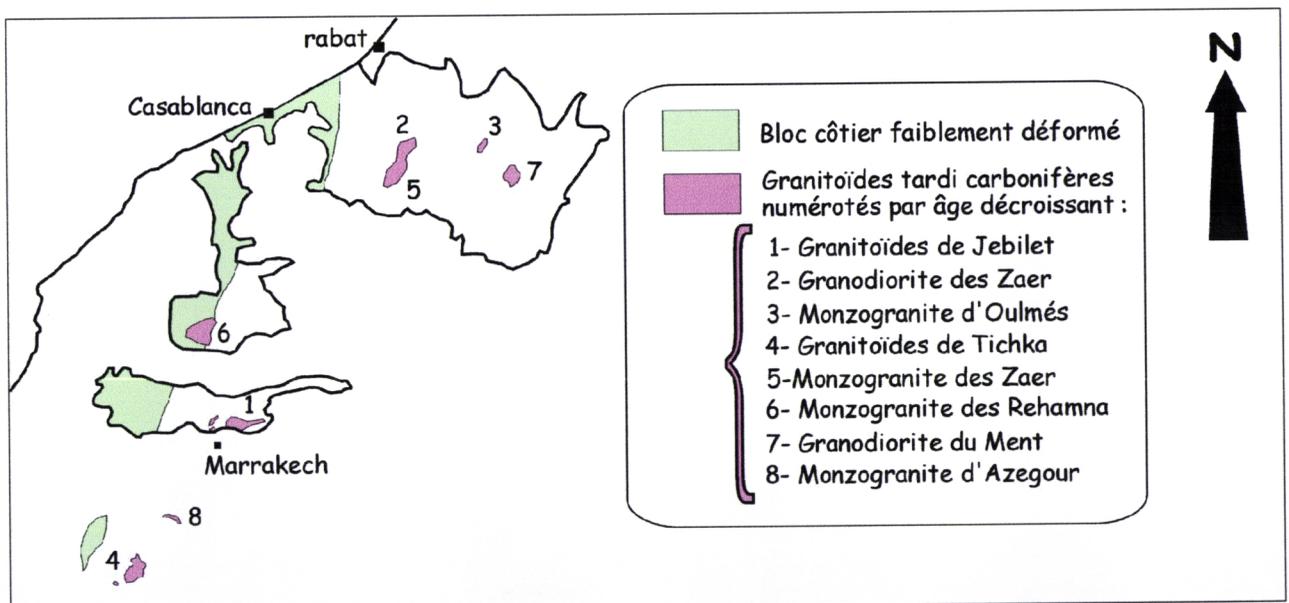


Fig. 7 : les principaux granitoïdes de la Meseta marocaine (modifiée, MRINI, in LAGARDE, 1987)

- b) Les monzogranites (leucogranites) constituent le pluton d'oulmés, le sud des Zaer et forment des filons intrusifs dans les granodiorites (Jebilet, Tichka).
- c) Les diorites affleurent dans le massif du Tichka (TERMIER & TERMIER, 1971) et dans le pluton des Zaer (MAHMOUD).

- d) Les gabbros ne sont observables que dans le massif de Tichka en amas déca à hectométriques à l'intérieur des diorites (TERMIER & TERMIER, 1971).

Or, ces plutons dont l'âge varie entre 320 Ma (Jebilet) et 271 ± 3 Ma (Azegour, Rehamna), (MRINI, 1985) (fig.6) intrudent différents niveaux de la série paléozoïque allant depuis le Cambrien (Tichka, Oulmés) jusqu'au Viséen supérieur (Jebilet).

En ce qui concerne l'origine et évolution des magmas granitiques de la Meseta marocaine, une étude géochimique a été réalisée par MRINI (1985). Cette étude, outre que la détermination de l'âge de mise en place des granites, aborde les problèmes suivants : (1) origine des magmas (mantellique ou crustale), (2) mécanismes intervenus lors de l'évolution magmatique (mélange, assimilation, cristallisation fractionnée), (3) identification des sources et du contexte géodynamique de la genèse des magmas, (4) la nature initiale du matériel crustal impliqué.

1. A propos de l'origine des magmas, la géochimie de strontium¹ montre l'existence, dans la Meseta marocaine, de deux grands types :
 - ⊙ Des magmas **granodioritiques** résultant d'un mélange binaire entre un magma d'origine mantellique et un composant crustal :
 $(0,704 < {}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr} < 0,708)$
 - ⊙ Des magmas **monzogranitiques** d'origine crustale :
 $(0,706 < {}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr} < 0,717)$

2. Concernant les mécanismes de l'évolution du magma calco-alcalin, cette étude fait apparaître les points suivants :
 - ⊙ L'ensemble des formations plutoniques (gabbros, diorites, granodiorites) provient d'une source mantellique dont les témoins seraient les gabbros.
 - ⊙ Le mécanisme de passage entre ces différents termes est une différenciation par cristallisation fractionnée se produisant au cours de l'ascension dans la croûte continentale.
 - ⊙ Le magma mantélique a incorporé, au cours de processus de différenciation par cristallisation fractionnée, une faible quantité de matériel crustal hétérogène.

3. L'utilisation des traceurs isotopiques initiaux (Nd^2 -Sr) contribue à l'identification des sources et permet de préciser le contexte géodynamique de genèse de ces magmas. Elle

¹ Métal qui se trouve dans divers minéraux (carbonates, sulfates, phosphates et rares silicates)

confirme tout d'abord l'existence d'un mélange binaire entre une composante d'origine mantellique et une composante crustale ; mélange dont une évaluation quantitative a été effectuée (Tab. 1). Elle montre par ailleurs que le matériel basique impliqué dans la création de ces granitoïdes provient d'un manteau océanique appauvri riche en éléments incompatibles (Sr, Nd) de type arc insulaire ou rift intracontinental. Le pôle crustal est de nature sédimentaire.

- la géochimie isotopique du plomb, utilisée pour définir la source crustale, montre l'absence de mémoire crustale ancienne dans les granitoïdes de la Meseta marocaine ce qui laisse de supposer que le composant crustal mis en jeu ne peut être le craton africain mais un matériel plus récent.

Tableau 1 : Évaluation quantitative des apports mantelliques et crustaux pour les granitoïdes hercyniens du Maroc, (d'après MRINI, 1985).

| | Massif | % en Matériel mantellique | % en matériel crustal |
|---------------------------------|---------|---------------------------|-----------------------|
| Granodiorites et Granite | Tichka | 75 à 100 | 0 à 25 |
| | Azegour | 40 à 60 | 40 à 60 |
| | Aouam | 35 à 60 | 40 à 65 |
| | Jebilet | 40 à 80 | 20 à 60 |
| | Rehamna | 50 à 75 | 25 à 50 |
| | Zaer | 50 à 60 | 40 à 50 |
| | Ment | 20 à 50 | 50 à 80 |
| Leucogranites | Jebilet | 15 à 30 | 70 à 85 |
| | Rehamna | 20 à 40 | 60 à 80 |
| | Zaer | 15 à 25 | 75 à 85 |
| | Ment | 5 à 12 | 88 à 95 |
| | Oulmès | 0 à 10 | 90 à 100 |

² Néodyme : appartient au groupe des terres rares

VI. CARACTÈRES ET STYLES DE LA DÉFORMATIONS DANS LES DIFFÉRENTES ZONES STRUCTURALES DU MAROC

VI.1. LES DÉFORMATIONS PALÉOZOÏQUES DU DOMAINE SAHARIEN³

Le craton Ouest africain et sa couverture paléozoïque n'ont pas été déformés au Paléozoïque, par contre les zones péricratoniques en marge de ce domaine ont subi une déformation plus ou moins accentuée et qui est rapportée au cycle hercynien, c'est le cas de l'Anti-Atlas, Zemmour et Ouled Dlim.

VI.1.1. ZONE D'OULED DLIM

Constitué par une unité de nappes (allochtones) charriée de l'Ouest vers l'Est au niveau de la dorsale de Reguibate par l'intermédiaire d'une bande de terrains minces paraautochtones.

Du craton vers le front du charriage, les séries paléozoïque montre des structures de plus en plus pénétratives, c'est-à-dire des plis NNE-SSW deversés vers l'Est et dont les axes sont subhorizontaux, puis des plans de cisaillement et des zones mylonitiques au contact de la série allochtone.

VI.1.2. ZONE DE ZEMMOUR

Elle présente les caractères d'une ceinture externe. Comme dans l'autochtone d'Ouled Dlim, il existe un gradient de déformation de l'E vers l'W.

A l'Est, les minces terrains de couverture reposant sur le socle de Reguibat ne sont pas déformés. Par contre la déformation se développe dans le Zemmour central et occidental sur une bande large de 15 Km. Celle-ci, se manifeste en se dirigeant vers l'Ouest par des plis NNE-SSW à flancs raides et qui deviennent par la suite plus serrés et associés à des chevauchements vers l'Est, (TROMPETTE, 1973 , HASSENFORDER, 1987).

VI.2. LES DÉFORMATIONS DANS LES MARGES DE LA CHAÎNE HERCYNIENNE MAROCAINE

VI.2.1. DANS DOMAINE PRÉSAHARIEN : L'ANTI-ATLAS

La chaîne de l'Anti-Atlas prolonge celle de Zemmour en continuité.

³ Adjectif masculin du nom arabe 'Sahara', qui signifie Désert

L'Anti-Atlas constitue un vaste anticlinal potelé ENE-WSW qui se prolonge à l'Est avec une direction Ougartienne NE-SW.

Le plissement régional présente un dispositif NE-SW dans l'Anti-Atlas occidental, puis E-W à NNW-SSE dans l'Anti-Atlas central et l'Ougarta. En outre la partie occidentale de l'Anti-Atlas constitue la zone où la déformation hercynienne est plus nette avec un gradient de déformation fort de l'E vers l'W et dont les plis sont subméridiens, aux plans axiaux subverticaux ou déversés vers l'Est. Ils sont accompagnés d'une schistosité pénétrative, d'un métamorphisme anchi à épizonal et un taux de raccourcissement au alentour de 55% (MICHARD, CAILLEUX, 1979).

VI.2.2. DANS LE MÔLE CÔTIER

La déformation hercynienne dans cette zone (Jebilet et Rehamna occidentaux, le Haut-Atlas occidental) est homogène et elle se traduit par des plissements d'amplitude régionale, anticlinaux et synclinaux, bien réglés de direction NNE-SSW à NE-SW. Ces plis sont droits à l'Ouest de se bloc et tend à se déverser vers le WNW lorsqu'on s'approche de la zone cisailée de la Meseta occidentale, ce qui peut être interpréter par une évolution progressive de l'intensité de la déformation en acheminant de l'Est ver l'Ouest.

VI.2.3. LES DÉFORMATIONS DU BLOC NORD MESETIEN : BLOC DE SEHOUL⁴

La zone de Sehoul (largeur de 20 Km), constituée par une série cambrienne, est en contact tectonique avec l'anticlinal de Rabat-Tiflet par un accident E-W. Elle se distingue du reste de la Meseta par la superposition de la déformation d'âge Paléozoïque inférieur (Calédonien) et Paléozoïque supérieur (Namuro-Westphalien).

⁴ Pluriel du nom arabe 'Sahle', qui signifie plaine

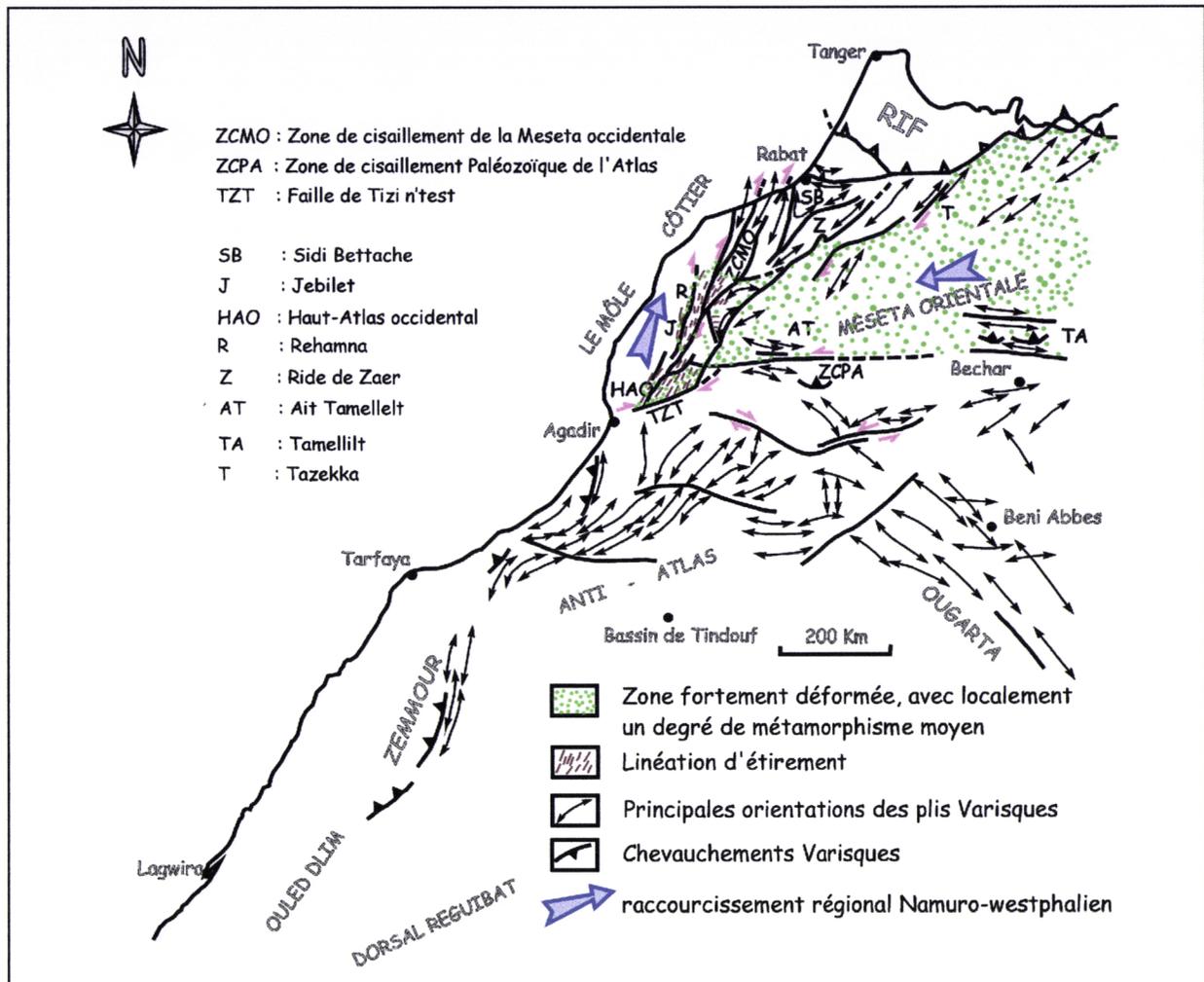


Fig. 8 : Cinématique des déformations Namuro-Westpaliens du Maroc, (adaptée, CORNEE, 1989).

VI.2.3.1. LES DÉFORMATIONS CALÉDONIENNES : PRÉHERCYNINIENNES

Les terrains sont affectés par une déformation pénétrative synschisteuse et synmétamorphe. Les plis sont subisoclinaux de direction E-W aux plans axiaux peu pentés à déversement vers le Sud. Ces plis sont associés à une schistosité de flux (cristallophyllienne). Cependant les schistes de sehoul sont traversés par un ensemble de petites intrusions granitiques (granites de Tiflet) daté de 430 ± 3 MA (fin d'ordovicien Silurien) avec un métamorphisme de contact, puis des chevauchements tardi-schisteux (PIQUÉ, 1979).

VI.2.3.2. LA REPRISE HERCYNIENNE (DÉFORMATION NAMURO-WESTPHALIENNE)

Les déformations hercyniennes sont faibles, hormis à la limite Sud (au contact de l'accident Rabat-Tiflet) où les schistes ont subi une déformation attribuée au Paléozoïque supérieur. C'est ainsi que les plans de chevauchement calédoniens sont plissés, la schistosité S_1 est

crénulée par une schistosité S_2 , cette dernière est parallèle au plan de l'anticlinal de Rabat-Tiflet de direction E-W.

Postérieurement à ceci, il y a eu des écaillages (ou chevauchements vers le Sud) à pendage Nord de l'ensemble de la zone de Sehouf.

VI.3. LES DÉFORMATIONS DE LA ZONE INTERNE : MESETA ORIENTALE

Cette zone est caractérisée par des déformations éovariques à caractère homogène (phase bretonne) et par une reprise pendant la phase namuro-westphalienne.

VI.3.1. LES DÉFORMATION ÉOVARISQUES

Elles sont enregistrées dans les boutonnières de Midelt, Debdou, Mekkam, et partie Nord de Tamellelt. Ces déformations ont un caractère homogène et dans la plus part des cas tangentiel (structures déversées associées à des chevauchements) ; ainsi on note des structures plicatives isoclinales et couchées vers l'Ouest, et dont les axes sont orientés NS à N20 au niveau de Benisnassen (Nord de la Meseta orientale) et elles passent vers le Sud à la direction NS à N140 au niveau de Midelt, Mougueur et Tamlelt. La linéation d'étirement se situe dans un plan orienté N70, cette orientation qui représente aussi la direction globale du raccourcissement.

Par ailleurs, cette zone, dès le Dévonien terminal correspond à un domaine déformé en forme convexe vers l'W, dont sa limite avec le domaine de l'Anti-Atlas joue en zone transcurrente (décrochevauchante) sénestre appelée : Zone de cisaillement paléozoïque de l'Atlas. D'autre part sa limite vers le SW est essentiellement chevauchante vers l'Ouest avec une composante décrochante dextre (bassin d'Azrou-Khenifra).

VI.3.2. LES DÉFORMATIONS POST-WESTPHALIENNES

Dans les séries d'âge viséen à westphalien, les déformations sont homogènes et de faible intensité. Elles se marquent par :

- des plis droits ou déjetés à plan axial raide et à orientation de N70 ;
- l'amplitude des plis est kilométrique et à vergence opposée ;
- une schistosité S_1 discrète ;
- une schistosité de crénulation discrète avec développement des plis en chevrons et des *Kink-bands* (qui replissent la stratification S_0 et la schistosité antérieure S_1) ;

Ces structures se moulent sur le bord nord du craton Ouest africain et la zone transformante paléozoïque de l'Atlas.

VI.4. LES DÉFORMATIONS DE LA ZONE DE TRANSITION

Appelée aussi zone des nappes vue qu'elle était un sillon à *wild-flysch* caractérisé par la mise en place synsédimentaire à tardisédimentaire de nappes gravitaires au Viséo-Namurien. La tectonique paroxysmale intraviséen (phase Sudète) est caractérisée par un régime de déformation hétérogène.

Les études qui ont été faites au niveau du massif de Tazekka montrent que les modalités de déformation sont identiques à celles de la phase antéviséenne (bretonne) de la Meseta orientale. En effet les schistes de Tazekka dévoilent des plis synschisteux, déversés à couchés et dont les axes sont orientés N20 à N30, associés à des écaillages vers l'Ouest générant en plusieurs situations des écaillages en duplex.

En outre, il apparaît une diminution de l'intensité de cette déformation en progressant de l'Est vers l'Ouest.

Par opposition, au niveau de la zone orientale du massif hercynien central marocain, la déformation sudète est datée de 330 MA, elle s'étale sur des terrains antéviséens des pays Zaïan (autochtone) mais aussi sur les unités allochtones orientales (nappe gravitaire d'Azerou-Khenifra). Dans ce massif se développe essentiellement des plis NS à N140 qui sont déversés à couchés au NE ou parfois au SW, et qui sont associés à des cisaillements subhorizontaux peut penté vers le NE.

En revanche, la reprise namuro-westphalienne a engendré une déformation relativement faible, qui affecte les terrains viséo-namuriens et qui se définit par des plissements droits ou déversés orientés en général NE-SW ; ce qui s'accorde avec un raccourcissement régional de direction SE-NW (MEDINA F., 1991, in PIQUE A., 1994).

VI.5. LES DÉFORMATIONS DE LA ZONE EXTERNE : MESETA CENTRALE

Cette zone est épargnée de la déformation éovarisque, elle se caractérise par le développement d'un bassin tectonique initié sur décrochement dès le Dévonien supérieur-Viséen supérieur.

Cette zone correspond à une zone culminante où augmente l'intensité de déformation, métamorphisme et granitisation et où les déformations sont hétérogène. L'âge de la

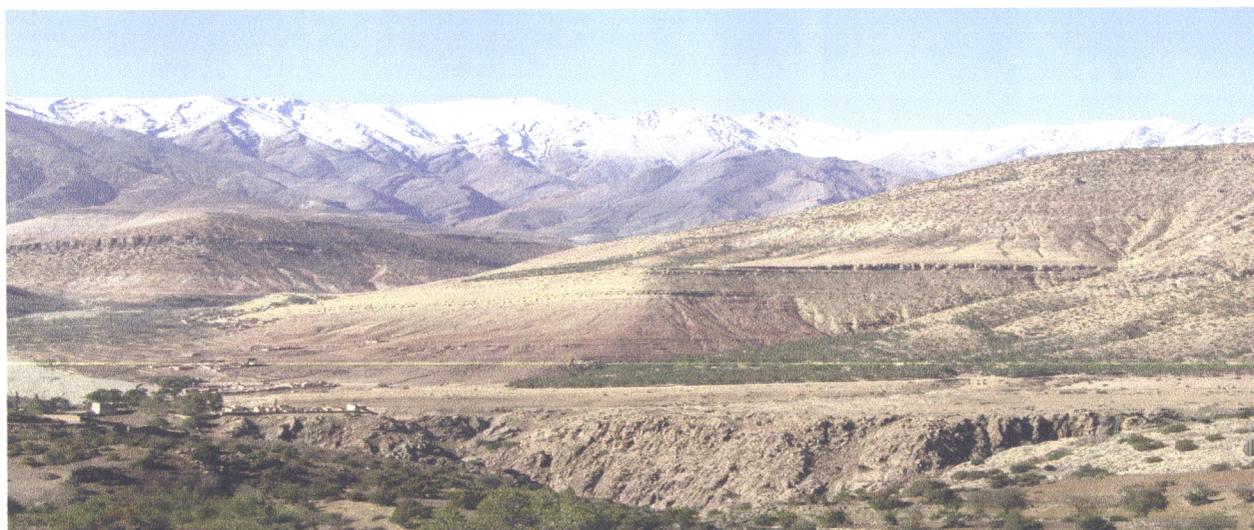
déformation paroxysmale est namuro-westphalien (Fig. 8), dont les principales caractéristiques sont :

- La direction des plis régionaux est généralement NE-SW, E-W ou NNE-SSW en échelon (Sidi Bettache) ;
- L'emplacement des anticlinaux et synclinaux régionaux sont contrôlés par l'existence des anciennes structures ;
- Lors de la compression, les anciennes failles ainsi que les anciens bassins rejouent en zones cisillées, chevauchantes et/ou décrochantes, transcurantes ; contrôlant la répartition du métamorphisme et de la déformation pénétrative, ainsi elles permettent la mise en place du magma granitique ;
- La déformation plicative est accompagnée d'une schistosité et d'un métamorphisme, son intensité est variable à l'échelle régionale. Ceci se traduit par la coexistence de vastes zones peu déformées juxtaposant des zones étroites ou des bandes où se concentre l'essentiel de raccourcissement (schistosité, métamorphisme et granitisation) ; par exemple :
 - Rehamna central : paragenèse à disthène et staurotide ;
 - Jebilet centrales : métamorphisme épizonal ;
 - L'axe d'Oued Cherrate (SE de Rabat) : métamorphisme anchizonal à épizonal.

En effet, les déformations intenses dans la Meseta centrale sont ligotées à l'existence des bandes de cisaillements ductiles à caractère transcurrent et parfois chevauchant aux limites des blocs notifiés stables (môle côtier et Anti-Atlas) ; mais aussi à des zones périphériques à des intrusions granitiques à caractère syntectonique.

Chapitre 2

INTRODUCTION À LA RÉGION D'AZEGOUR



I. PRÉSENTATION DU SECTEUR D'ÉTUDE

Azegour est un nom Berber qui signifie “chemin ou itinéraire”. Il est nommé ainsi car il était depuis plusieurs siècles une bande de passage pour les caravanes et les troupes de commerce, venant de Sousse (Agadir et faubourgs) et du désert, à destination Marrakech. Cette ville qui depuis toujours était une entité jouant un rôle central et attractif au commerce et aux autres activités culturelles.

Or, ces commerçant d'autrefois n'ont jamais spéculé que cette zone de transit sera plus tard, vers 1919, un endroit suscité pour une activité minière qui n'a cessé de régner conformément à des recherches géologiques.

I.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le secteur d'étude est situé au sud de la Meseta marocaine, sur le versant nord du Haut Atlas occidental, à 1525 m d'altitude dans la vallée de l'Assif Ouedaker¹, à 72 Km au SSW de Marrakech. L'accès se fait par la route national secondaire n° :507 reliant Marrakech à Amizmiz (1000 m) au pieds de l'Atlas, en traversant sur environ 50 Km la plaine du Haouz. A partir d'Amizmiz, le trajet vers Azegour est une piste grimpette d'alentour 20 Km de flanc Ouest très escarpé de la vallée de l'Assif Anougal, puis passe dans la vallée de l'Ouedaker par un col à 1700 m d'altitude.

Le lieu d'Azegour, comme la plus part des régions du Haut Atlas occidental marocain, est caractérisé par un climat montagneux aride, chaud et occasionnellement accompagné des traverses nocturnes en été, froid et sec en hiver (Fig. 9).

¹ Assif signifie «rivière» en Berber du Sud marocain. Par confusion (oued = rivière en arabe).

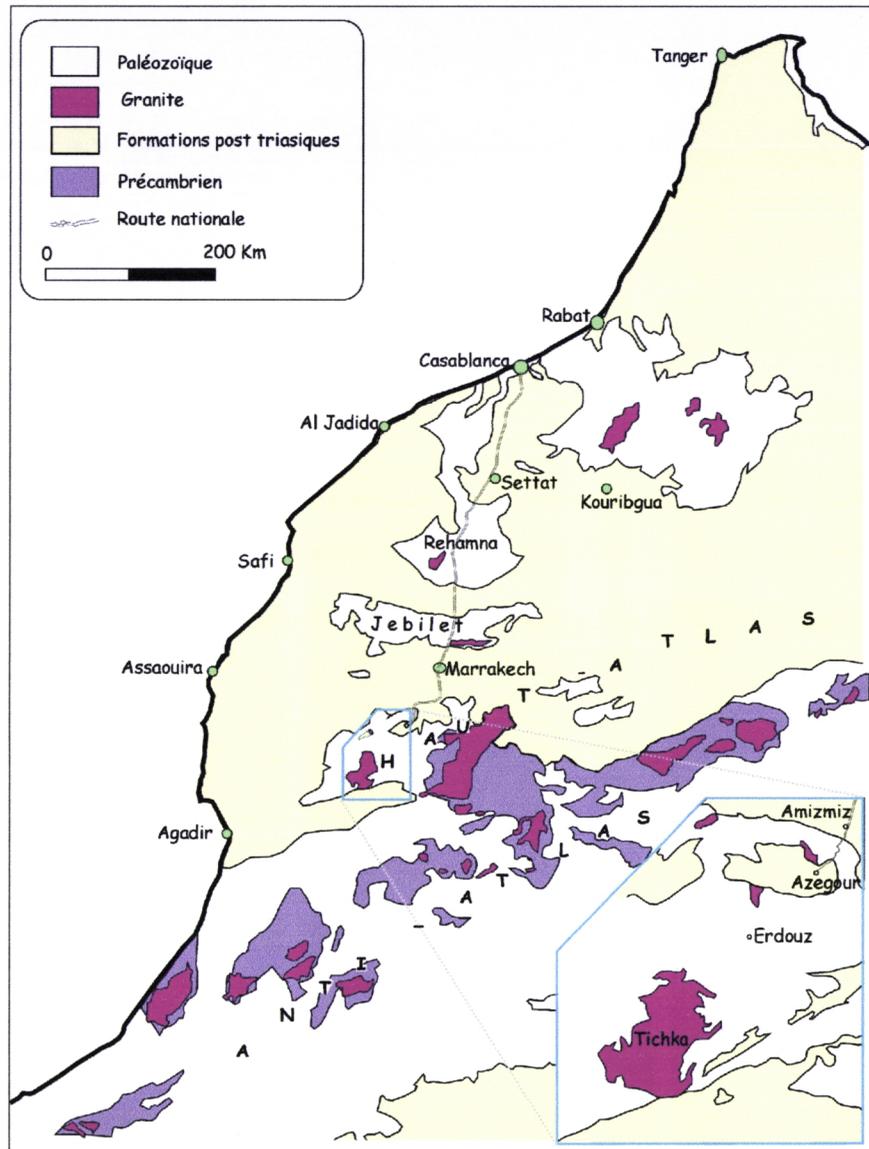


Fig. 9 : Localisation géographique du Village d'Azegour dans le Maroc

I.2. SITUATION GÉOLOGIQUE

Le secteur d'Azegour est situé dans la zone sub-Atlasique septentrionale, qui a été soulevée en bloc, entre l'accident d'Amizmiz au Nord et l'accident de Medinat au Sud (Fig. 10 & 11), lors de la déformation Atlasique (à partir de l'Eocène) caractérisée par deux phases compressives, dont leur pression maximale est successivement de NNE-SSW puis NW-SE (LABBASSI, 1998).

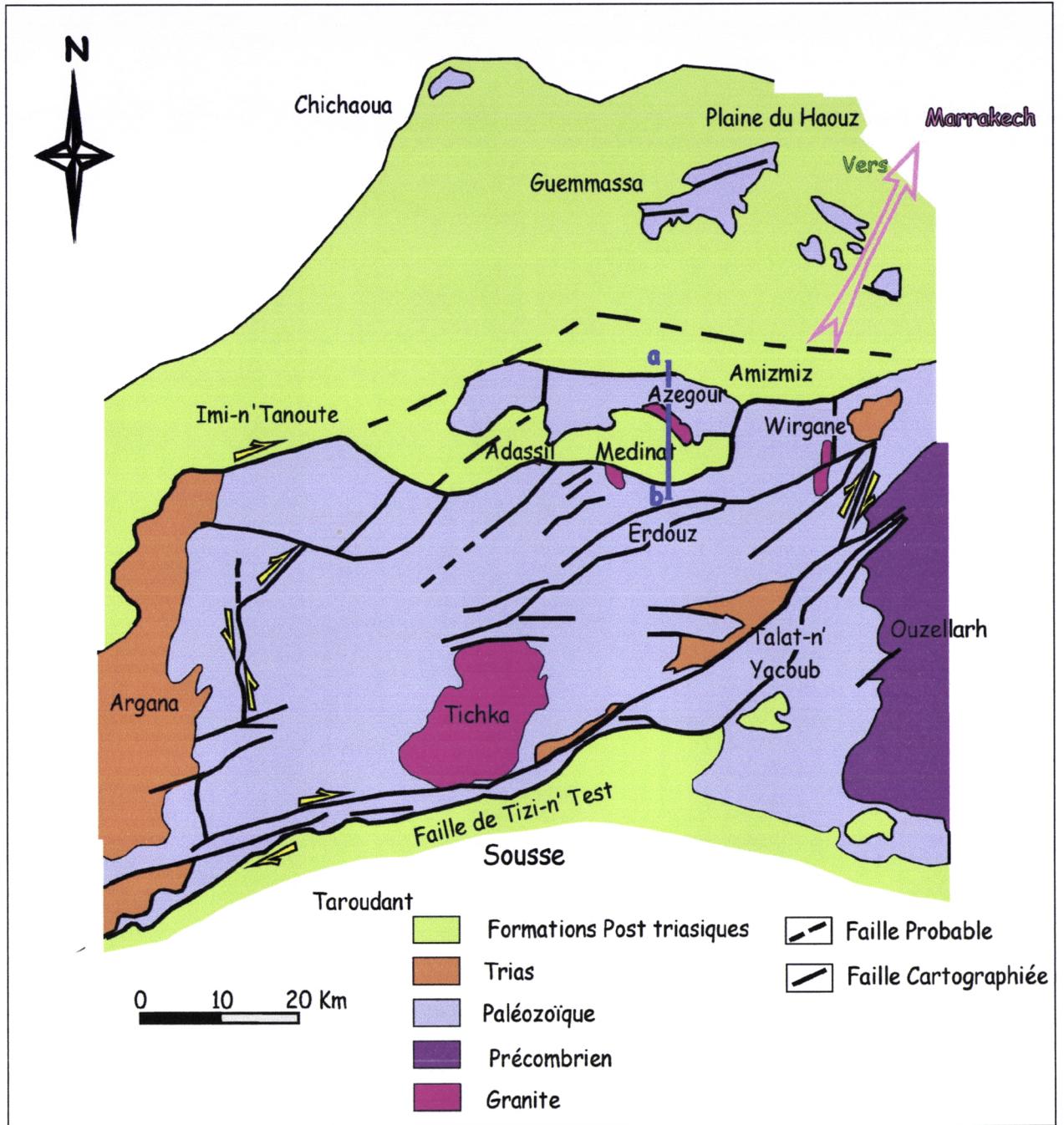


Fig. 10 : Situation du massif granitique d'Azegour dans le Haut Atlas occidental (modifiée, in PIQUEE, 1994).

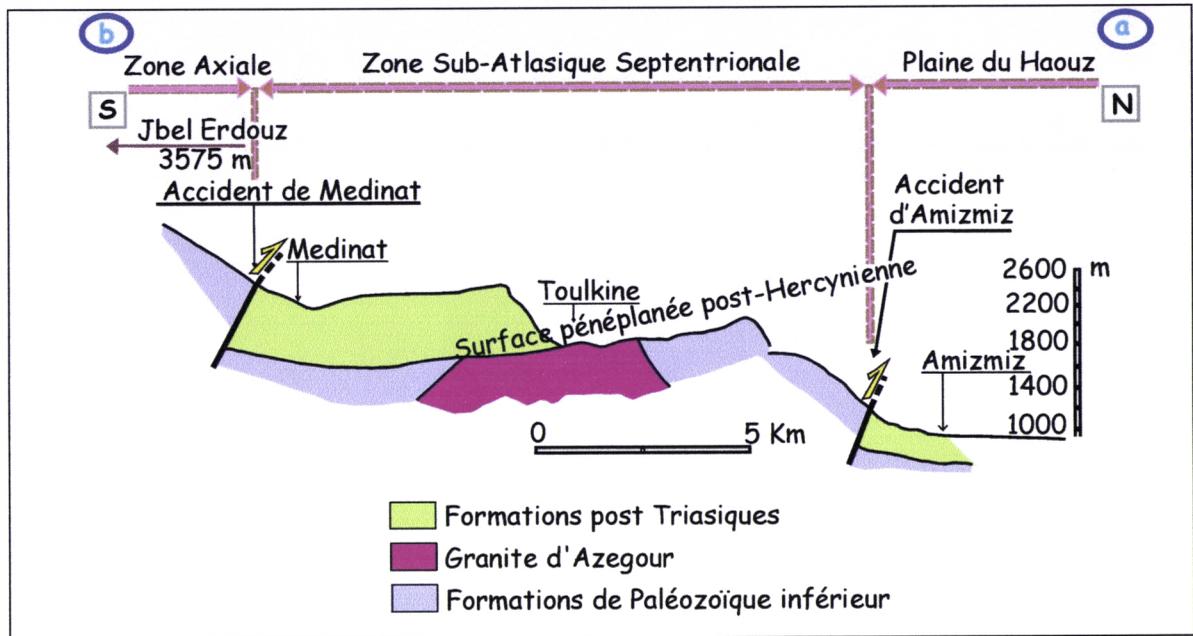


Fig.11 : coupe N-S de la bordure nord du Haut Atlas occidental, entre l'accident d'Amizmiz et celle de Medinat.

I.3. APERÇU STRUCTURAL

Le granite d'Azegour ainsi que d'autres corps granitiques voisins (Tichka, Medinat, Adassil) sont en réalité des zones d'extension locale générées à l'intérieur d'un méga-duplex dont la bordure méridionale est soulignée par l'accident de Tizi-n'Test et la bordure septentrionale est la faille d'Amizmiz (AIT AYAD & DIAS, 1999) (Fig. 12). A l'intérieur de ce duplex, l'interaction entre les failles actives, globalement orientées ENE, dextre, donne lieu à des extensions locales, associées soit à des failles en échelon ou à des situations de '*releasing bends*' (Fig. 13).

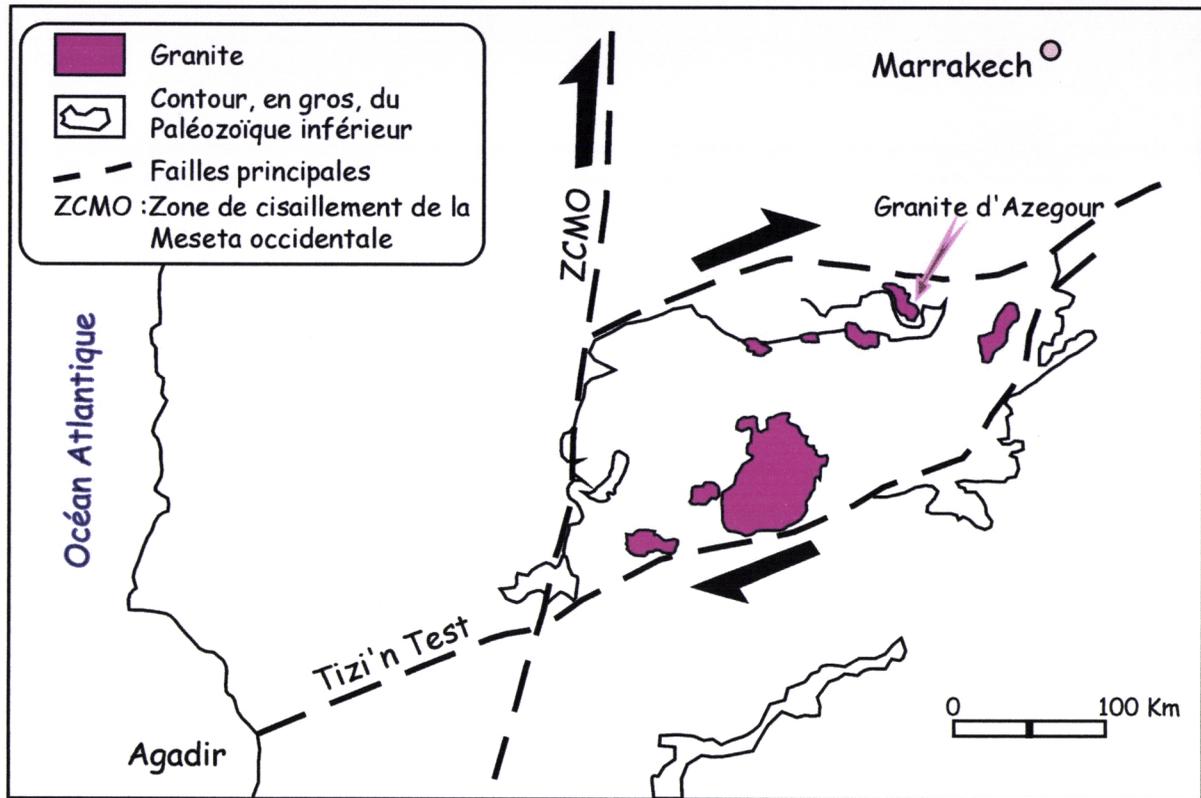


Fig. 12 : Interprétation structurale, pour l'emplacement des granites (AIT AYAD & DIAS, 1999).

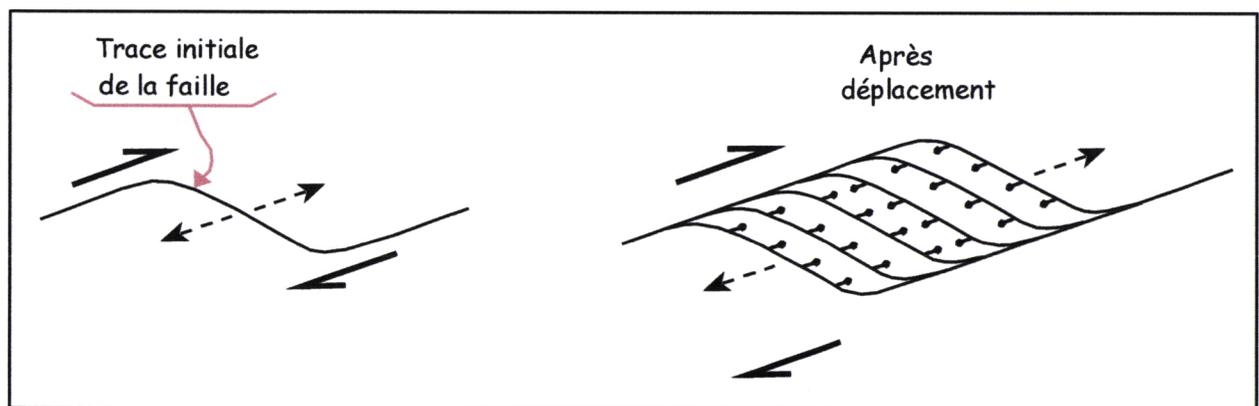


Fig. 13 : Démonstration du fonctionnement des failles ENE en "releasing bends"

En effet le granite d'Azegour qui affleure au sein de ce mega-duplex recoupe des formations d'âge Cambrien moyen et inférieur, plissées et métamorphisées à l'époque hercynienne. C'est ainsi que l'encaissant paléozoïque du granite d'Azegour est affecté par deux phases de déformations paléozoïques nettement distinctes par rapport à sa mise en place :

- ⊙ La première phase est syncinématique ductile, signalée D₁. Elle présente des structures intégralement orientées NS correspondant à la phase hercynienne majeure reconnue dans tous les massifs paléozoïques de la Meseta marocaine. La mise en place du granite est tardive par rapport à cette phase comme en témoignent les critères suivants :

 - La présence des nodules de cordiérite dans l'encaissements du granite, aplatis dans la schistosité et étirés parallèlement à l'étirement régional sub-horizontale (AIT AYAD, 1987) ;
 - La présence de bandes N-S, parallèles aux structures régionales, dans lesquelles apparaît des paillettes de séricite, qui, bien que postérieure aux taches de métamorphisme, ont été déformées et orientées parallèlement à la schistosité (PERMINGEAT, 1957).
 - La déformation ductile n'est bien marquée que dans la zone d'influence thermique, donc elle est contrôlée par le granite. Autour de cette zone thermique apparaissent des domaines anchizonaux peu déformés à l'Est et à l'Ouest (AIT AYAD, 1985). Cette zone d'intensification de la déformation en direction du granite est marquée par la diminution de la longueur d'onde et de l'angle d'ouverture des plis synschisteux et par l'évolution typologique de la schistosité (AIT AYAD, 1987) ;
 - L'étirement NS à NE-SW, observé dans le granite, est compatible avec le champ de déformation régional hercynien.

- ⊙ La deuxième phase, signalée D₂ est tardi-hercynienne, et à caractère fragile. Elle est légèrement postérieure à la mise en place du granite et localisée essentiellement dans son pourtour immédiat (AIT AYAD & DIAS, 1999). Cette phase, en reprenant les structures antérieures, Elle provoque une fracturation abondante du granite. L'examen structural des fractures permis de mettre en évidence des jeux cisailants sénestres orientés N70.

II. ÂGE DES FORMATIONS PALÉOZOÏQUES ET DU GRANITE

PERMINGEAT, 1957 attribue les formations paléozoïques au cambrien à la suite de la découverte par L. NELTNER (1931) d'Archeocyathidés dans des calcaires du massif de l'Erdouz paraissant prolonger vers le Sud, au-delà de l'accident de Medinat, les calcaires d'Azegour.

Cependant, dater un granite est difficile, car plusieurs millions d'années s'écoulent entre le début de la montée du magma et les dernières transformations métamorphiques des couches

environnantes. En revanche, un simple regard panoramique du paysage du secteur d'Azegour montre que la mise en place du granite est, d'une part, postérieure aux plissements hercyniens (phase D1), d'autre part, antérieure au crétacé et même, sans aucun doute, au Jurassique, puisque la surface pénéplanée d'Azegour se poursuit vers l'W sous le Jurassique (Fig. 14). En effet une datation du granite a été faite par MRINI (1985), qu'il a attribué un âge de Permien moyen (271 ± 3 Ma).

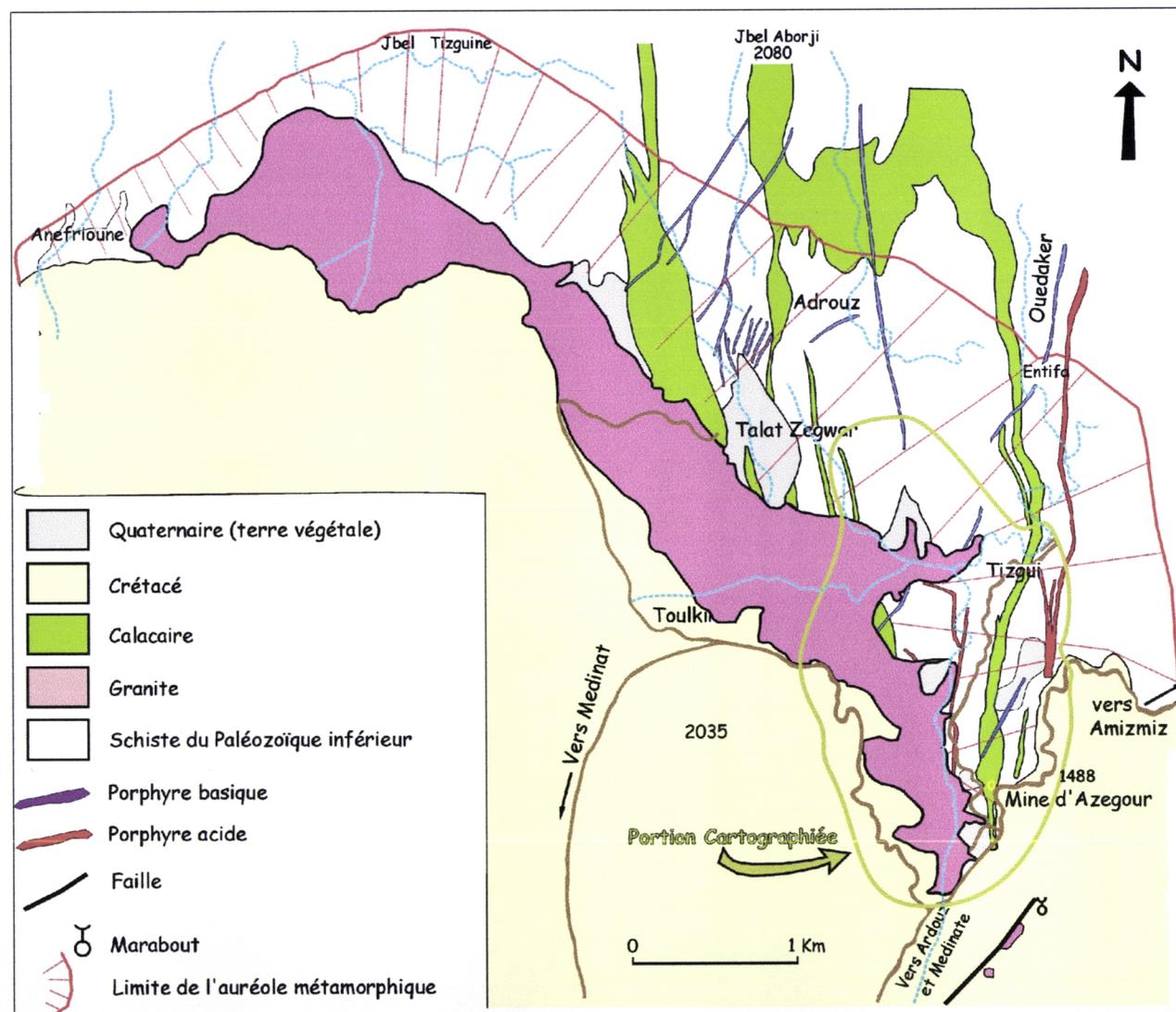


Fig. 14 : Cartographie du granite d'Azegour et de son encaissant (modifiée, PERMINGEAT, 1957)

III. NATURE DES FORMATIONS CAMBRIENNES

L'encaissant du granite d'Azegour est essentiellement formé de deux grandes catégories d'après leur origine :

- Roches éruptives : les laves en coussin (roches vertes amphibolitiques) ;

- Roches sédimentaires : schistes, grès schisteux plus ou moins chargés en matériel volcanique, roches pyroclastiques remaniées et calcaires étroitement associés aux roches volcano-sédimentaires.

IV. LES TERRAINS DE COUVERTURE

Les formations cambriennes et le granite disparaissent vers le S et le SW sous une épaisse couverture sédimentaire constituée de crétacé (600 m environ d'épaisseur) qui forme entièrement les hauteurs qui dominent au Sud du granite d'Azegour : Jebel Allarhine, J. Timerhit (2035 m) et J. Douzerou (2135 m).

En outre il est très peu fossilifère et à caractère marin à l'Ouest puis devient progressivement lagunaire vers l'Est (à l'échelle du Haut Atlas occidental), d'où la prédominance des formations marneuses et gréseuses rouges au secteur d'Azegour. L'Eocène comporte des couches phosphatées, il ne subsiste plus qu'en lambeaux d'érosion près de Tnirt et de Medinet.

On note l'absence du Jurassique, largement développé dans le Haut Atlas occidental, et qui ne commence à apparaître qu'à une douzaine de kilomètres vers l'Ouest dans la vallée des Aït Athman (PERMINGEAT, 1957).

Les dépôts quaternaires sont extrêmement limités. Alluvions caillouteuses, occupant le lit de l'Ouedaker, marnes remaniées aux pieds de la falaise crétacée, lambeaux de terre végétale étalés sur les replats ou pendus aux pentes et petits éboulis schisteux (Photo. 1).

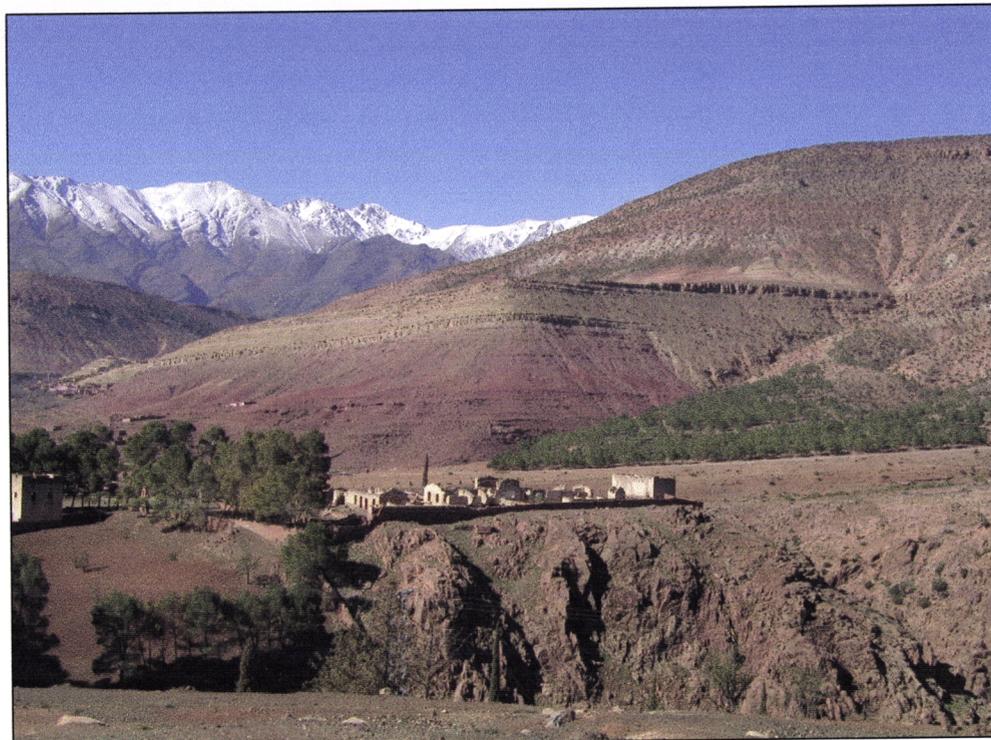


Photo. 1 : Granite d'Azegour et sa couverture crétacée

V. LES MINÉRALISATIONS

La région D'Azegour est surtout connue par sa richesse en une multitude de minéralisations, tels que : Molybdène, Tungstène, Cuivre, Zinc et Plomb.

Une étude détaillée a été faite par PERMINGEAT, 1957, et où il a distingué deux grands types de minéralisation :

- L'une plombo-zincifère, de forme filonienne, se rencontrant dans toute la région loin de l'affleurement granitique (hors de l'auréole de métamorphisme de contact, zone non cartographiée) ;
- L'autre, beaucoup plus complexe, caractérisée par l'association molybdène-tungstène-cuivre, étroitement liée au granite, localisée dans les calcaires ayant subi le métamorphisme de contact.

VI. ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE ET ÉVOLUTION DES IDÉES

Les études géologiques et surtout structurales de synthèse ou même ponctuelles concernant le secteur d'Azegour sont limitées, particulièrement cette dernière décennie.

Les premières reconnaissances géologiques reviennent à DE LARÛE et DE CHÉLAT (1925), qui décrivent, au plan pétrographique, les formations éruptives et métamorphiques de la région d'Azegour.

Peu après, E. ROCH (1930), L. MORET (1931) et L. NELTNER (1935, 1938) établissent les grandes lignes de la géologie du Haut Atlas central et occidental, situent ainsi la région d'Azegour dans son cadre structural naturel.

En 1941, F. VON DER WEID fut le premier géologue qui a daté les formations d'Azegour et les régions voisines, et en plus il a établi une synthèse qui servi de base aux recherches ultérieures tant minières que géologiques.

En 1945, E. RAGUIN précise la nature des terrains métamorphiques en montrant qu'ils comportent en abondance des roches volcaniques, tout en donnant une hypothèse sur la relation granite minéralisation.

Les travaux de F. PERMINGEAT (1957) à Azegour constituent une importante référence, toujours utile pour la recherche fondamentale. Son mémoire reste une source de base aux études géologiques. Il a dressé la première carte géologique sur un levé topographique au 1/20.000, il a aussi établi les éventuelles relations pouvant exister entre la minéralisation, les roches magmatique et métamorphique, en entreprenant l'étude pétrographique et géochimique de l'ensemble. Et en fin il fait une étude microscopique des minerais pour en conclure les résultats.

A. EL AMRANI (1984), a effectué une étude pétrographique et géochimique du granite d'Azegour, et des roches filoniennes associées. Il a abordé également les amphibolites en coulées massives et à pillow-lavas, aussi il a fait une description des paragenèses minérales et métalliques, une discussion de la zonation de la minéralisation et des conditions de genèse des skarns.

Z. MRINI, en 1985, a fait une datation géochronologique du granite par la méthode Rb/Sr sur roche totale, et une étude de la géochimie isotopique du Sr et Nd sur des échantillons prélevés du granite d'Azegour.

En 1987, N. AITAYAD a établi les relations entre déformation syncristeuse dans l'encaissant et l'intrusion granitique. Il a étudié aussi le front thermique lié à ce dernier, on outre d'une étude pétrographique du granite et des schistes.

LAGARD, 1987 a étudié la zone dans son contexte régional. Il a mis l'accent sur l'importance de la tectonique tangentielle et il a montré l'influence déterminante de la paléogéographie sur la déformation hercynienne de la Meseta marocaine occidentale.

VII. OBJECTIF DE L'ETUDE, METHODE ET MOYENS

VII.1. BUT DE CE TRAVAIL

Ce travail a pour motif, l'étude précise de la mise en place spatio-temporelle du granite d'Azegour, dans son contexte local ainsi que régional, tout en persuadant la reconnaissance préférentielle des minéralisations et leur relation avec d'éventuels couloirs de cisaillement présent dans la zone étudiée.

VII.2. MÉTHODE DE TRAVAIL

Les moyens d'étude disponibles sont essentiellement le travail sur le terrain, ce dernier va par la suite engendrer les diverses étapes, hiérarchiquement ordonnées, qui interviennent à l'élaboration de ce mémoire.

VII.2.1. CARTOGRAPHIE AU 1/9000

- Du granite et de ces contacts avec l'encaissant, tout en déterminant s'ils sont intrusifs ou animés par des mouvements de cisaillements de cisaillements ;
- De l'encaissant, tout en délimitant les limites des formations, récoltant des données micro et méso structurales et assiégeant les différentes minéralisations ou grattages repérés sur le terrain ;

Il nous paraît essentiel ici d'indiquer que toutes les projections stéréographiques sont faites dans l'hémisphère inférieur de canevas de Schmidt.

- Des couloirs de cisaillement et porphyres.

VII.2.2. TRAITEMENT DE LA LOCALISATION SPATIALE DES PRINCIPAUX METAUX (Mo, W, Cu) PAR LE DIAGRAMME DE PATTERSON ET PAR LE "SIG"

On va accomplir ce traitement par l'intermédiaire de deux outils tellement importants dans la quantification et l'évaluation des données géométriques aussi bien que alphanumériques ; Permettant par la suite de déduire de prestigieuses conclusions :

- Le premier outil, c'est le diagramme de Patterson ;
- Le deuxième est les systèmes d'information géographiques (S.I.G)

VII.2.2.1. DIAGRAMME DE PATTERSON

Le diagramme de Patterson est une représentation graphique bidimensionnelle, contrairement à la distribution de données dans l'espace géographique. Il a un centre de symétrie générant avec la projection d'autres points un espace vectoriel propre. Ce diagramme offre une méthode visuelle et simple, par laquelle les alignements possibles sur le terrain, peuvent être amplifiés et plus facilement reconnus (Chapitre 5).

VII.2.2.2. TRAITEMENT NUMÉRIQUE DES DONNÉES (S.I.G)

Le sigle **S.I.G**, signifie Systèmes d'Information Géographique.

Une *information géographique* est la représentation d'une portion du territoire soit par un schéma (figure géométrique), soit par une copie de réalité sous forme d'image (photo). Cette représentation est géoréférencée, c'est-à-dire que toutes les données sont localisées dans le même système de coordonnées.

Exemple : une photo aérienne, une carte géologique, une image satellite, plan cadastral, etc.

Une *information alphanumérique* est une description de la donnée graphique grâce à du texte.

Exemple : nom d'une région, désignation d'une zone, etc.

Un S.I.G, est donc un ensemble de données graphiques et non graphiques. Le but est de pouvoir disposer à tout moment et sous n'importe quelle forme des informations dont disposent les partenaires du projet.

Un S.I.G est autrement dit un système qui permet de rassembler des données connues en coordonnées, de les structurer et de les synthétiser pour qu'elles servent à la réflexion et à la prise de décisions. Il doit donc permettre la saisie, la gestion l'exploitation et l'édition de ces données repérées géographiquement.

© **Saisie de données :**

L'information graphique peut se trouver sous forme palpable, dans le cas de présent travail, la carte géologique du secteur étudié d'Azegour ou sous forme d'information numérisée (disquette). Il s'agit donc de donner d'une même consistance à toutes les données dont on aura besoin au sein du S.I.G. Cela se fera par le biais d'une saisie.

Elle s'effectuera par :

- *Digitalisation* : carte géologique ;
- *Scannérisation* : carte géologique ancienne ;
- *Reconstitution* : carte en mauvais état ;
- *Saisie alphanumérique* : bases de données associées aux données graphiques.

© **Exploitation des données :**

Le S.I.G. permet d'exploiter des données après paramétrage du logiciel. On distingue trois grands types d'exploitation de données, selon les potentialités S.I.G. que l'on utilise :

- **Interrogation** : on pose une question simple au S.I.G.
Exemples : -Quel est le nom de cette formation lithologique ?
 -Quelle est la nature des minéralisations qui se trouvent dans le secteur d'Azegour ?
- **Extraction** : Elle permet de créer un fichier où ne sont regroupées que les informations qui intéressent l'utilisateur.
Exemple : -Cartographie des grattages qui s'aperçoivent dans la région d'Azegour.
- **Analyse spatiale** : c'est la fonction la plus intéressante car la plus évoluée d'un S.I.G. Elle permet d'intégrer dans la demande des notions géométriques, qui peuvent amener l'outil à effectuer des calculs.
Exemple : -Quelles sont les minéralisations situées à plus de quatre kilomètres du village d'Azegour ?

© **Edition :**

Le S.I.G. permet enfin d'imprimer des cartes et des plans, de les visualiser à l'écran, de monter les rapports... etc. Et ceci en fonction des spécifications exactes de l'utilisateur.

Il est possible de tirer des cartes géologique, par exemple, sur une petite imprimante A4 ou A3 directement dans un bureau de soi, ou de tirer des plans grand format sur un traceur qui serait présent dans des bureaux professionnels qui développent des projets S.I.G.

Chapitre 3

ANALYSE LITHOLOGIQUE ET PÉTROGRAPHIQUE DU GRANITE ET DE SON ENCAISSANT

