

LES STRUCTURES HERCYNiennes DANS LA COUVERTURE SÉDIMENTAIRE PALÉOZOÏQUE DE L'AHNET OCCIDENTAL ET DE BLED EL MASS (N.O. DU HOGGAR, ALGÉRIE) : UNE CONSÉQUENCE DU REJEU DES FAILLES PANAFRICAINES.

Hamid HADDOUM*

RÉSUMÉ

La plate forme saharienne se caractérise par la juxtaposition de bassins sédimentaires intracratoniques orientés N-S à NO-SE, séparés entre eux par des môles de même orientation (Follot, 1952; Fabre, 1976 et 2005). Nous allons nous intéresser dans cette étude à l'un de ces bassins : le bassin de l'Ahnet-Bled El Mass.

Ce bassin se trouve à la jonction de deux ensembles géologiques cratonisés à deux époques différentes, le Craton Ouest Africain stable depuis la fin de l'orogénèse éburnéenne (2000 Ma), et la chaîne mobile du Hoggar, cratonisée à la fin de l'orogénèse panafricaine (525 Ma). Il est limité à l'est par la faille d'échelle lithosphérique de Ers Oum Ellil, et à l'ouest par la suture avec le Craton Ouest Africain.

La série du Paléozoïque, discordante sur un socle panafricain, est pratiquement complète. Cependant, on note d'importantes variations d'épaisseurs et de faciès : ces variations se font généralement de façon progressive du sud vers le nord.

Toutes les données, aussi bien de surface que de sub-surface, convergent vers un seul modèle de déformation à l'Hercynien, et qui s'est déroulé après le dépôt du Moscovien. Il s'agit d'un dispositif transpressif orienté NE-SO à ENE-OSO (Haddoum et *al.*, 2001), caractérisé par la réactivation dans le substratum des grandes failles sub-méridiennes héritées de l'orogénèse panafricaine. Les influences sur la couverture paléozoïque de ces rejeux se matérialisent par la verticalisation des formations à l'aplomb des failles profondes, le développement de « structures en fleur » positives, l'association de failles et de plis en échelons, la disposition en « relais » des failles dans la couverture, la formation de structures en sigmoïdes et circulaires dans les zones d'intense déformation, dans les conditions de l'argilocinèse, la diverticulation des grandes failles (« queue de cheval »), avec création de zones d'effondrement (relais transtensionnels) ou d'ensellement (relais transpressifs), l'omniprésence de décollements, notamment dans les alternances bancs compétents-bancs incompétents et enfin le boudinage dans les niveaux compétents.

Les failles normales sont beaucoup plus rares; ce sont des failles d'extrados, ou qui compensent les « structures en fleur »; on note également, là où le Méso-Cénozoïque affleure, des rejeux en failles normales des grandes fractures sub-méridiennes, et l'apparition de failles d'effondrement orientées E-O qui affectent le Tertiaire.

La zone de Bled El Mass est également caractérisée par un grand développement de sills de dolérites qui se mettent en place dans les argiles du Dévonien supérieur (Frasnien-Famennien) et du Carbonifère moyen (Viséen); ces dolérites ont été datées du Jurassique (Conrad, 1981 et 1984; Smith et *al.*, 2006). Les sills sont parfois recoupés par des filons de dolérites qui scellent des failles NE-SO.

Mots-clés - Ahnet - Bled El Mass - Hercynien - Argilocinèse - Décollements.

*Laboratoire de Géo-Environnement, FSTGAT/USTHB, BP. N°32, El Alia, Bab Ezzouar, Alger, Algérie.
- *Manuscrit déposé le 07 Juillet 2008, accepté après révision le 17 Septembre 2008.*

THE HERCYNIAN TECTONIC STRUCTURES IN THE PALAEOZOIC FORMATIONS OF THE AHNET AND BLED EL MASS AREAS (N.W. HOGGAR, CENTRAL SAHARA, ALGERIA).

ABSTRACT

The Ahnet and Bled El Mass Palaeozoic basin belongs to the Algerian Saharan Platform, which extends northwards. It overlies an arm of the Late Paleozoic Pan-African Belt which was developed against the West African Craton, along the Pan-African suture zone. The Paleozoic cover thickens northwards and westwards (Reggane Basin), and corresponds to the Late Cambrian to the Late Carboniferous series. It includes sandstones and shales and few limestones intercalations, both of dominantly marine origin. Some major N-S trending Late Pan-African fault zones were rejuvenated during the Palaeozoic and could influence both the sedimentological and tectonic history. Folding, strike-slip faulting and reverse faulting occurred by latest Palaeozoic, providing structures which can be unconformably sealed by the Mesozoic formations.

The Ahnet and Bled el Mass domains are good examples to observe the relationships between a relatively rigid Pan-African basement and a «plastic» cover during the Hercynian event: ENE-WSW transpressive deformation provokes the remobilization of the Panafrican faults in the basement, and involves the decollement of the Palaeozoic cover and its flattening.

These processes appear by formation of NW-SE folds at the first time, which are re-oriented and parallelized with the sub-meridian faults in the last time, associated to intra bedded shear-zones. Flanks and periclinal closures react differently: the flanks are very upright again, the beds are thinned down, stretched and boudinated, corresponding to the manifestations on the surface of the deep faults; the periclinal closures are generally of quadrangular forms in which the beds are also verticalized, appear to correspond to the south and the north limits of the blocks, and react in overlapping structures.

The circular structures are frequent in this part of Central Sahara; they are due to the rolling up of the Paleozoic cover above the deep faults; this phenomenon is facilitated by the presence of competent and incompetent alternating beds. They can be initiated between «en echelon faults» with the appearance of compressive zones (reverse faults), which provokes the remobilization of the clays to the upper.

As well as in the Ahnet or in the Bled el Mass, the Silurian or the Famennian clays take place in the middle of these structures, and show verticalized beds and disharmonic folds. They correspond to the flow of incompetent formations to the upper in argilokinesis conditions, and which slip on to a rigid basement.

The Hercynian deformations that we described in the Ahnet and Bled El Mass basin can be correlated with approximately synchronous deformations registered northwestward and westward along the margins of the West African Craton. These deformations include the polyphase folding and local thrusting of the large Ougarta-Saoura-Bechar range.

It appears that all the Palaeozoic basins located along the West African peri-cratonic suture were inverted during the Carboniferous-Early Permian times. This was also the time of the deformations described in the Ahnet and Bled El Mass basin. We show in this study that far-field deformation affected the whole West African intra-plate domain. The distal compressional/transpressional structures of the Ahnet and Bled El Mass basin are located about 2000/2500 km to the East of the contemporaneous Mauritanide-Zemmour thrust front (Haddoum *et al.*, 2001).

Key-words - Ahnet - Bled El Mass - Hercynian - Argilokinesis - Decollement.

1. INTRODUCTION.

Le bassin de l'Ahnet-Bled El Mass forme la partie occidentale du Sahara Central (plate-forme saharienne); le Bled El Mass constitue le commencement du plateau du Tanezrouft (plateau situé à l'Ouest du bouclier targui), dont une partie est située sur le Craton Ouest Africain. L'Ahnet et le Bled El Mass se distinguent des autres contrées de la Plate-forme Saharienne, d'une part, par leur complexité tectonique et leur degré de structuration plus intense, et d'autre part, par leur position proche de la suture panafricaine avec le Craton Ouest Africain, à l'ouest, position qui a eu des conséquences très importantes sur la sédimentation et la structuration de ces régions. Ces deux domaines se sont toujours comportés, en effet, comme des zones relativement hautes sur lesquelles, les formations du Paléozoïque ont des épaisseurs relativement moins importantes que dans le reste de la plateforme du Sahara Central, d'une part, et d'autre part on note une plus forte densité de failles sub-méridiennes panafricaines, qui se continuent dans le rameau pharusien occidental du bouclier targui. Par ailleurs, cette partie de la Plateforme saharienne a subi les conséquences de l'indentation du horst (uplift) des Réguibat (un bloc faisant partie du Craton Ouest Africain), aussi bien à l'intérieur du craton saharien, qu'à l'intérieur de la plaque Nord-américaine, au cours du Carbonifère terminal (Lefort, 1988).

Ces deux domaines sont séparés du plateau du Tidikelt au nord, composé de formations rapportées au Mésozoïque et au Cénozoïque, par un mégalinément orienté E-O (Haddoum et al., 2001; fig. 1). A l'instar de la région de Djanet (Plateforme Saharienne Orientale), dans cette région (notamment Bled El Mass) les affleurements de socle panafricain et post-panafricain sont bien développés, permettant l'observation de très belles discordances entre socle et couverture. Socle, couverture paléozoïque et couverture méso-cénozoïque révèlent des histoires géologiques différentes, nous permettant ainsi de faire une chronologie relative succincte des événements ayant affecté l'Ahnet et le Bled El Mass.

C'est dans ces deux domaines que les phénomènes de décollements de couverture paléozoïque relativement « plastique » par rapport à un socle relativement « rigide » (Série pourprée, Séries intermédiaires et socle cristallin panafricain) sont les plus évidents. Le rejeu des failles sub-méridiennes (héritage de l'événement panafricain), relayées ensuite par les failles NE-SO et NO-SE et parfois par des failles E-O, entraîne le déplacement de blocs individualisés les uns par rapport aux autres. Dans la couverture, ces déplacements sont accommodés par des glissements couches sur couches (alternances de niveaux compétents et de niveaux incompétents); la couverture se comporte à l'image d'un « jeu de cartes », avec localement des décollements et des recouvrements anormaux de socle (Bled El Mass).

Ces phénomènes sont la conséquence du mécanisme de l'extrusion latérale : les blocs se déplacent latéralement, vers le nord ou vers le sud au cours d'une transpression orientée NE-SO à ENE-OSO, conséquence des effets lointains de l'orogénèse hercynienne (= varisque; Haddoum et al., 2001), entraînant la couverture sédimentaire paléozoïque dans leurs déplacements. Celle-ci est parfois désolidarisée de son substratum et montre des déplacements en apparence incohérents (oued Ouzdaf, Ahnet Occidental).

2. DESCRIPTION DE QUELQUES SITES GÉOLOGIQUES.

Dans cette contribution, nous avons choisi de découper l'Ahnet et le Bled El Mass en secteurs ayant chacun ses particularités lithologiques et structurales, fruits des observations effectuées sur le terrain au cours d'un certain nombre de missions. Ces secteurs sont au nombre de 5 (fig. 1) :

- le secteur d'Aïn Kahla, à l'est;
- le secteur d'Aoulef, au nord-ouest;
- le secteur de l'Oued Ouzdaf au Sud d'Aoulef;
- le secteur du Djebel Temamat, à l'Ouest d'Aoulef;
- et enfin, le secteur de Bled El Mass, à l'extrême ouest.

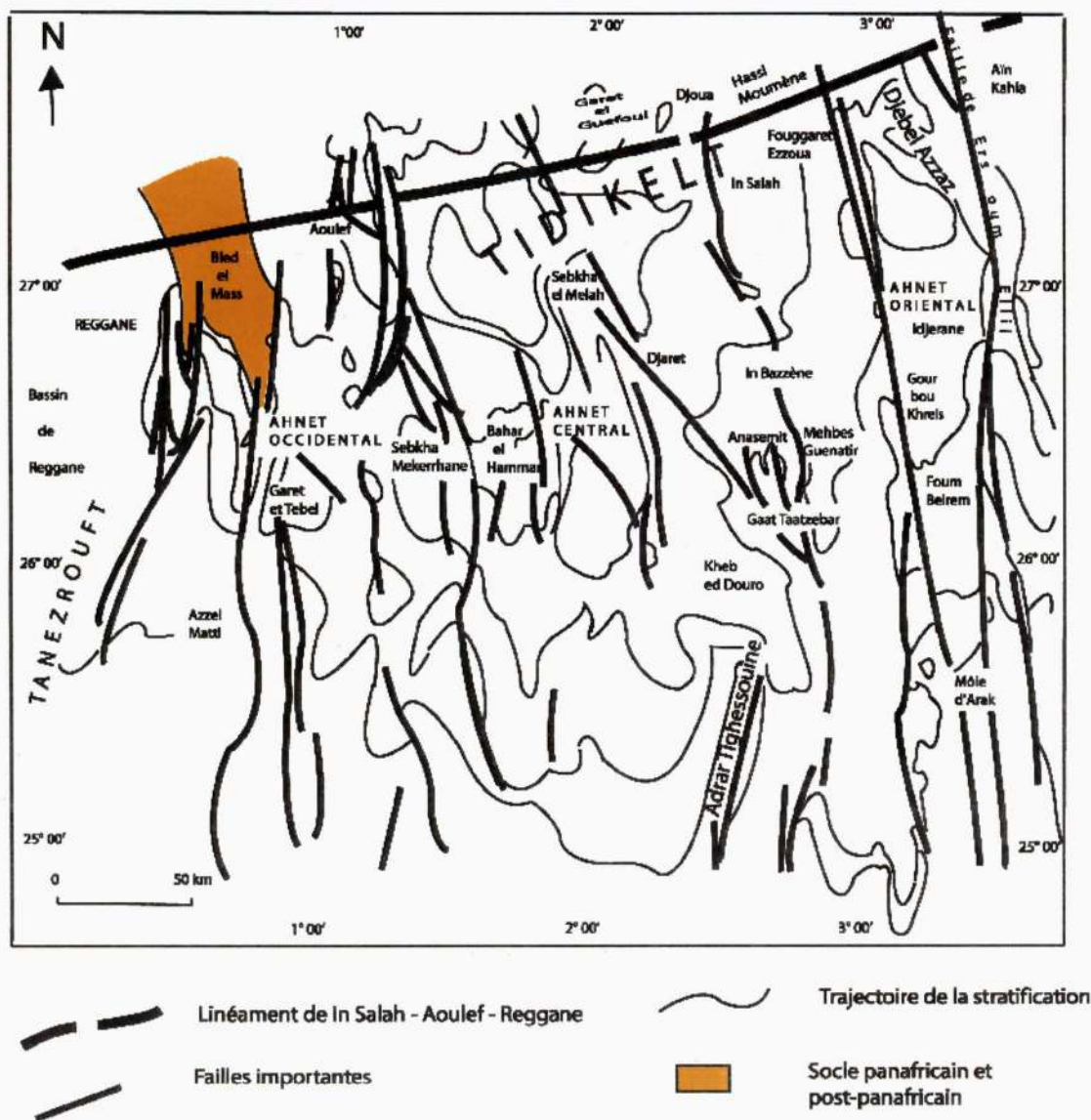


Fig. 1 - Carte schématique des différents ensembles géologiques de l'Ahnet et Bled El Mass (Sahara Central, Algérie).

Schematic map showing the different geological zones of Ahnet and Bled El Mass (Central Sahara, Algeria).

a- Le secteur de Aïn Kahla.

La région de Aïn Kahla (à environ 100 km à l'Est d'In Salah) est caractérisée essentiellement par des terrains qui vont de l'Ordovicien (discordant sur le socle granitique et gabbro-doléritique panafricain, fig. 2), au Crétacé et Tertiaire, tous deux discordants sur le Paléozoïque (Ordovicien à Carbonifère). Le socle panafricain

affleure au Nord de Aïn Kahla et dans l'Adrar Idjerane; il est constitué de granites recoupés par des filons de rhyolites roses, de micro-gabbros, de dolérites et de basaltes; ces filons sont systématiquement orientés N-S. Follot (1952), puis Conrad (1981 et 1984) ont eu le mérite de parler, même succinctement, de cette région qu'ils considèrent comme étant la plus déformée de l'Ahnet. Ce secteur

LES STRUCTURES HERCYNiennes DANS LA COUVERTURE SÉDIMENTAIRE PALÉOZOÏQUE DE L'AHNET OCCIDENTAL ET DE BLED EL MASS (N.O. HOGGAR, ALGÉRIE) : UNE CONSÉQUENCE DU REJEU DES FAILLES PANAFRICAINES.

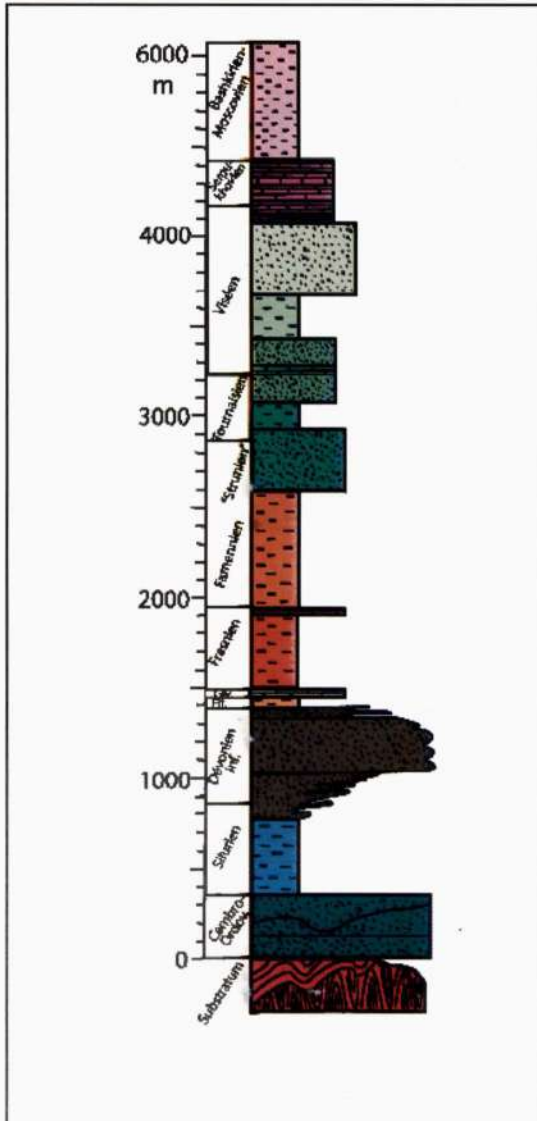


Fig. 2 - Colonne lithostratigraphique schématique du bassin de l'Ahnet-Mouydir (Haddoum et al., 2001).

Schematic lithostratigraphic column of the Ahnet-Mouydir Basin (Haddoum et al., 2001).

est séparé du bassin du Mouydir, à l'est par la faille de Ers Oum Ellil, prolongement vers le nord de l'accident du $2^{\circ}30'$ (Hoggar Occidental), qui sépare l'In Ouzal, constitué de terrains essentiellement granulitiques d'âge archéen à protérozoïque inférieur (Haddoum et al., 1994), du rameau pharusien central formé de terrains volcano-sédimentaires (métamorphisés dans les faciès amphibolites et schistes verts), d'âge protéro-

zoïque moyen à protérozoïque supérieur (Haddoum, 1992; Haddoum et al., 1994).

En observant les cartes, aussi bien celles établies par BEICIP (1972), que celles faites par nous, on remarque une concentration de la déformation au niveau de la faille de Ers Oum Ellil et aux abords de celles-ci. Cette déformation s'atténue peu à peu vers l'ouest (Ahnet Central) et s'annule vers l'est (Mouydir, bassin très large où le Paléozoïque, monoclinale, affleure sur de grandes étendues pratiquement non perturbées), et reprend avec une grande intensité dans la région de Djanet. La faille de Ers Oum Ellil est de direction globalement NNO-SSE, rectiligne depuis le Hoggar, mais change de direction au Nord de Aïn Kahla, où elle devient franchement N-S en traversant les formations du Crétacé du Plateau de Tadmaït. Takherist (1991) a montré que cette faille coïncide avec une suite d'anomalies gravimétriques positives; il lui donne une signification lithosphérique, correspondant probablement à une zone de suture.

Sur le terrain, cette faille est matérialisée par un couloir de roches de la couverture paléozoïque déformée et schistosée s'étendant sur une largeur d'environ 10 m; ce sont des brèches consolidées très souvent silicifiées, injectées de minéralisations (hydroxydes de fer, carbonates et hydroxydes de cuivre, cuivre gris, sulfures...). Cette faille est également jalonnée tout le long de son tracé par des points d'eau (Aïn Kahla, Aïn Beïda, Aïn Hamimidet, Ers Oum Ellil, Aïn Tidjoubar...).

Le jeu en décrochement dextre, au cours de l'événement hercynien a été déterminé grâce aux tectoglyphes, aux structures rotationnelles (lentilles sigmoïdes) et aux relations C/S (Berthé et al., 1979); les stries étant horizontales. Les répercussions sur la couverture paléozoïque (Ordovicien à Carbonifère), se manifestent par la formation de plis en échelons, d'orientation NO-SE, qui se parallélisent au grand accident à l'approche de celui-ci.

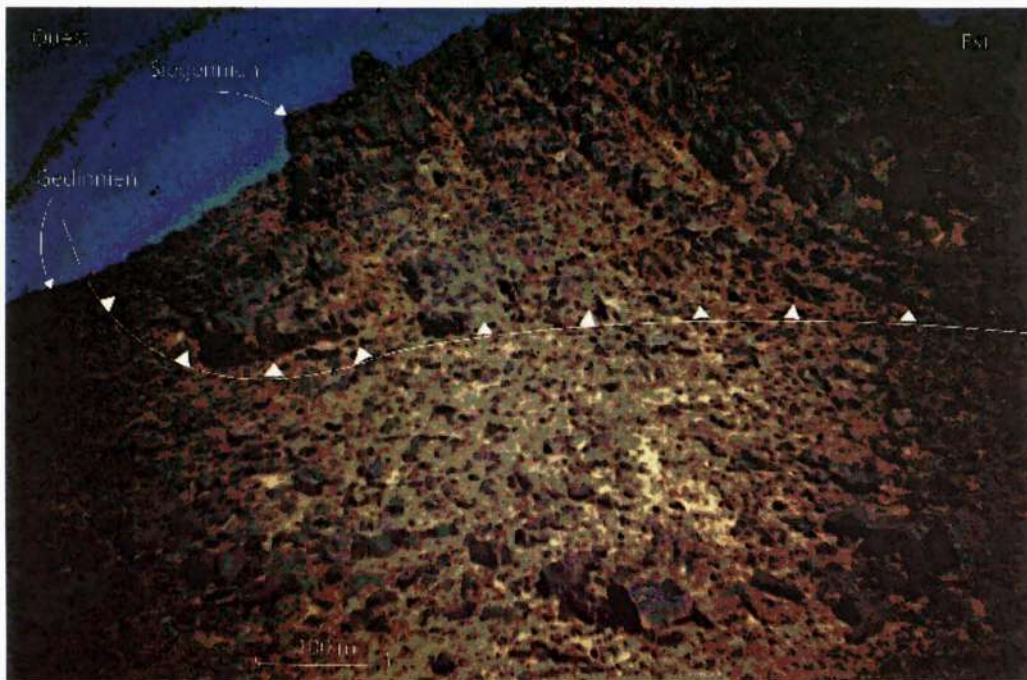


Planche-photo I.

Aïn Kahla (Ahnet Oriental): faille inverse avec le Siegénien chevauchant le Gédinnien (vergence SO).
Aïn Kahla (Eastern Ahnet) : reverse-fault with the Siegenian overthrusting the Gedinian (towards SW).

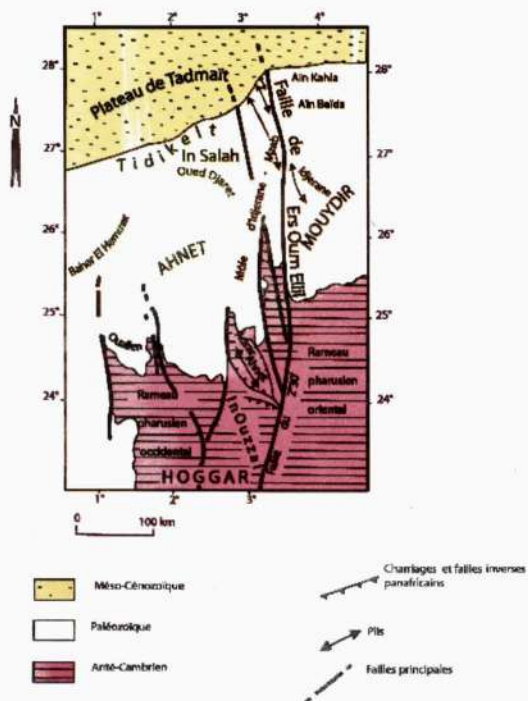


Fig. 3a - Carte géologique simplifiée du NO. du Hoggar et de la Plate-forme Saharienne Orientale.

Simplified geological map of NW Hoggar and Eastern Saharan platform.

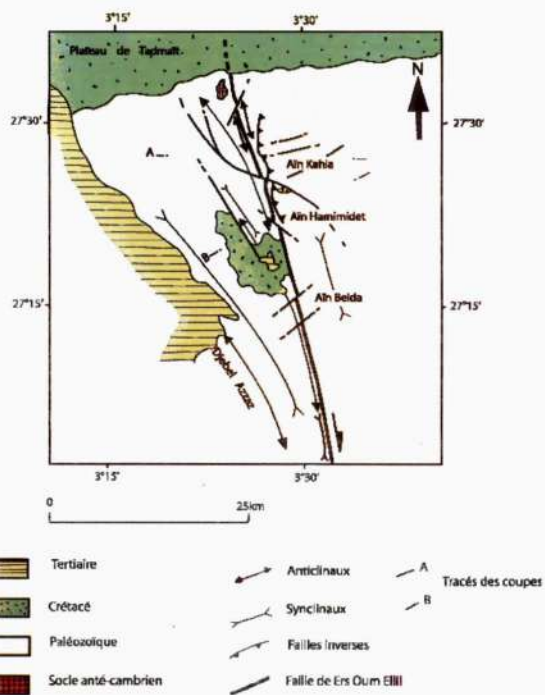


Fig. 3b - Schéma structural simplifié de la région de Aïn Kahla (Ahnet Oriental, Sahara Central).

Structural sketch of the Aïn Kahla area (Eastern Ahnet, Central Sahara).

LES STRUCTURES HERCYNiennes DANS LA COUVERTURE SÉDIMENTAIRE PALÉOZOÏQUE DE L'AHNET OCCIDENTAL ET DE BLED EL MASS (N.O. HOGGAR, ALGÉRIE) : UNE CONSÉQUENCE DU REJEU DES FAILLES PANAFRICAINES.

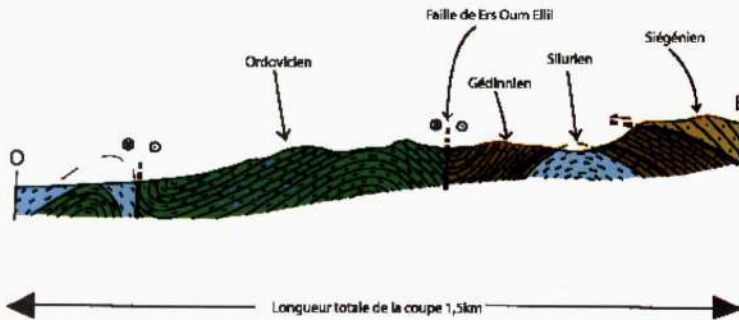


Fig. 4a - Coupe E-O montrant les relations entre les différentes unités, la faille de Ers Oum Ellil et la faille inverse de Aïn Kahla (Ahnet Oriental).

East-West cross section showing the relationships between the different units, the Ers Oum Ellil strike slip fault and reverse fault of Aïn Kahla (Eastern Ahnet).

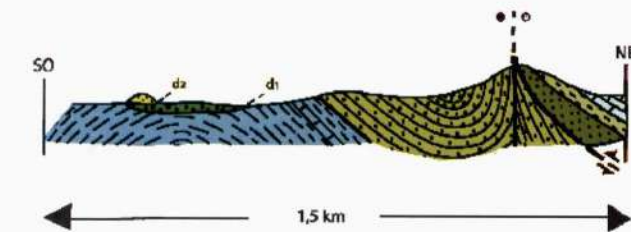


Fig. 4b - Coupe montrant la faille de Ers Oum Ellil au niveau de Aïn Hamimidet (au Sud de Aïn Kahla, Ahnet Oriental).

Cross section showing the Ers Oum Ellil fault in the Aïn Hamimidet area (South of Aïn Kahla, Eastern Ahnet).



L'accident de Ers Oum Ellil est souvent décalé par deux familles de failles NE-SO dextres et NO-SE sénestres (fig. 3a et 3b). À proximité de cet accident, dans les parties les plus comprimées des plis, on observe des failles inverses dont les plus caractéristiques sont localisées dans le Dévonien inférieur (grès massifs du Siégénien chevauchant les alternances du Gédinnien, fig. 4a et 4b et planche-photo I); dans l'Ordovicien, cela se traduit par des glissements bancs sur bancs (alternances grès-argiles). À l'extrados des plis, des failles normales et des diaclases orthogonales (remplies d'hydroxydes de fer) donnant les fameuses « structures en cendriers », dominent.

Tous les éléments structuraux observés sur le terrain sont compatibles avec un dispositif transpressif dextre (direction de raccourcissement maximum orienté NE-SO), qui aurait affecté toute la couverture paléozoïque jusqu'au Carbonifère supérieur. Ce dispositif est caractérisé par des plis

en échelons associés à l'accident de Ers Oum Ellil, des failles inverses (Aïn Kahla, Aïn Hamimidet) qui parfois semblent correspondre à des «structures en fleur» positives (comme au Djebel Idjerane, Haddoum et *al.*, 2001; fig. 5).

L'histoire post-hercynienne de la faille de Ers Oum Ellil est marquée essentiellement par un rejeu en faille normale et le plissement des terrains d'âge crétacé. À Aïn Beïda, où les terrains crétacés sont discordants sur l'Ordovicien (formation de In Tahouite), la stratification crétacée est redressée aux abords de l'accident; les formations du Crétacé sont en contact direct avec le Dévonien inférieur : le compartiment a été soulevé par rapport au compartiment ouest. Lorsque la faille de Ers Oum Ellil traverse les formations conglomeratiques du Tertiaire (comme à Aïn Hamimidet par exemple), ces dernières sont également affectées par ces rejeux en faille normale.

Plus au nord, dans le plateau de Tadmait, constitué de terrains d'âge crétacé, Amard (1977) dans la région de Hassi Inifel, et Lefranc (1977) dans la région de Timimoun, ont mis en évidence des

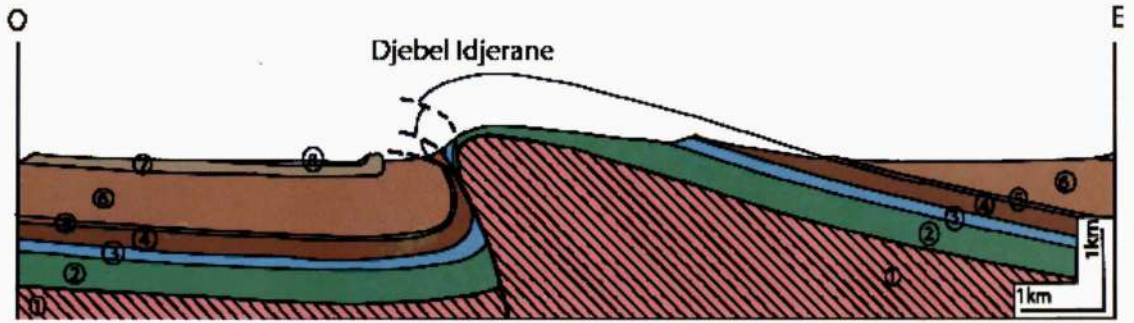


Fig. 5 - Coupe géologique du Djebel Idjerane (d'après des observations de terrain).

Geological cross section of the Djebel Idjerane (from field observations).

1. substratum (métagreywackes) (**basement (metagreywackes)**);
2. Ordovicien (grès) (**Ordovician (sandstones)**);
3. Silurien (argiles) (**Silurian (shales)**);
4. Dévonien inférieur (grès) (**Lower Devonian (sandstones)**);
5. Dévonien moyen (calcaires) (**Middle Devonian (calcareous mudstones)**);
6. Dévonien supérieur (argiles) (**Upper Devonian (shales)**);
7. Dévonien terminal-Carbonifère basal (argiles-gréseuses) (**Latest Devonian and Earliest Carboniferous (shaly sandstones)**);
8. Carbonifère inférieur (argiles) (**Lower Carboniferous (shales)**); (Haddoum et al., 2001).

rejeux en faille normale de l'accident de Ers Oum Ellil. Comme dans la région de Aïn Kahla, c'est toujours le compartiment oriental qui est affaissé par rapport au compartiment occidental.

b- Le secteur d'Aoulef.

Ce secteur englobe l'oasis d'Aoulef (fig. 1); il est caractérisé par les affleurements de socle, constitué d'arkoses, de silts, de pélites, à tendance flyschöide (Protérozoïque terminal affecté par le Pan-africain ?), recouverts en discordance par les formations du Paléozoïque, qui débutent par l'Ordovicien.

Les dépôts du Dévonien inférieur sont dis-taux et moins détritiques, par rapport à ceux de l'Ahnet Oriental : il n'existe que de rares barres gréseuses gédiniennes ou siégéniennes. L'Emsien et le Couvien (ce dernier souvent absent dans l'Ahnet Oriental) forment des affleurements assez importants, alors que le Carbonifère est absent.

c- Le secteur de l'Oued Ouzdaf.

Dans ce secteur, situé au Nord de la Sebkhia Mekerrhane, il nous a été possible d'observer, dans quelques stations, des indices prouvant des décollements parfois importants d'une couverture par rapport à un socle, des «structures en fleur» et des recouvrements anormaux locaux (fig. 6 et



Fig. 6. Oued Ouzdaf (Ahnet Occidental), schéma structural et cinématique montrant la réorientation progressive des axes des anticlinaux et les déplacements relatifs des « blocs » (carte Beicip, 1972, complétée).

Oued Ouzdaf (Western Ahnet), structural and kinematic map showing progressive reorientation of anticlines axis and relatively displacements of the «blocks» (Beicip map, 1972, completed).

LES STRUCTURES HERCYNiennes DANS LA COUVERTURE SÉDIMENTAIRE PALÉOZOÏQUE DE L'AHNET OCCIDENTAL ET DE BLED EL MASS (N.O. HOGGAR, ALGÉRIE) : UNE CONSÉQUENCE DU REJEU DES FAILLES PANAFRICAINES.



Planche-photo II.

Mekerrhane: photo montrant une succession de failles inverses qui affectent les grès du Siégenien, notez également les lenticulations.

Mekerrhane : photo showing reverse-faults which affect the Siegenian sandstones, note also the lenticular forms.

planche-photo II); tous ces phénomènes sont en liaison avec le rejeu de grands accidents sub-méridiens dont les traces en surface ne sont pas toujours évidentes : ils se matérialisent surtout par des glissements «bancs sur bancs» de couches très fortement redressées qui forment parfois des duplex. Ces accidents ne sont pas toujours continus. Ils se disposent en relais ou alors changent complètement d'orientation (exemple de l'accident N-S de Khebb Tin Dial qui se réoriente selon une direction ONO-ESE (fig. 6), les déplacements variant de décrochant dextre à chevauchant vers le sud). On peut donc considérer le secteur de l'Oued Ouzdaf comme un bloc à part, qui coulisse, par l'intermédiaire de la faille de Khebb Tin Dial, par rapport au bloc de Khebb Baba Ahmed à l'est, et qui vient affronter au nord, le secteur d'Aoulef (structures orientées N-S), secteur dans lequel affleure le socle : le blocage entraîne la réorientation progressive des plis qui bordent cette limite, de N-S à ENE-OSO (Oued Ouzdaf), et par voie de conséquence, la réorientation progressive des axes des plis, et leur déversement vers le

SO («structures en fleur» positives), alors que dans le compartiment oriental les plis sont déversés vers l'est (fig. 7). Au plus fort de la déformation, les terminaisons périclinales des plis sont décalées par des failles E-O sénestres qui prennent le relais. Une limite structurale majeure doit donc exister entre le secteur d'Aoulef et le secteur de l'Oued Ouzdaf (fig. 7), invisible en surface; elle coïncidera en gros avec l'Oued Ouzdaf lui-même (NE-SO).

d- Le secteur de Djebel Temamat.

Dans ce secteur, le socle occupe une grande partie; il forme la jonction avec Bled El Mass, c'est une série qui est très déformée, avec des plis isoclinaux très serrés orientés N-S, dont les flancs sont découpés par des failles inverses de direction NE-SO, et sur lesquels les formations cambro-ordoviciennes sont discordantes. Nous les attribuons aux séries pharusiennes de type flysch, du Protérozoïque terminal, décrites notamment dans le Hoggar occidental (Caby, 1970; Haddoum, 1984), et qui ont été affectées

par l'événement panafricain. Sur ce socle sont «accollés» l'Ordovicien à dominante gréseuse, très silicifié, et le Silurien à dominante argileuse, cœur d'un anticlinal dont le flanc ouest a été entièrement raboté. A ce niveau, le socle est légèrement chevauchant sur la couverture ordovicienne; de plus, les niveaux paléozoïques discordants sur le socle sont affectés de plissements : ce sont des plis d'entraînement dus au glissement de cette couverture sur le socle : ces niveaux joueraient le rôle de

«couche-savon» provoquant la désolidarisation de la couverture par rapport au socle.

Ces glissements se répercutent dans les niveaux du Dévonien moyen (Givétien), avec l'apparition de gonflements dans les flancs des plis (dédoubléments des couches en duplex), favorisés par la présence de couches incompetentes de part et d'autre des calcaires du Givétien, mais également dans les niveaux gréseux du Dévonien inférieur (fig. 8).

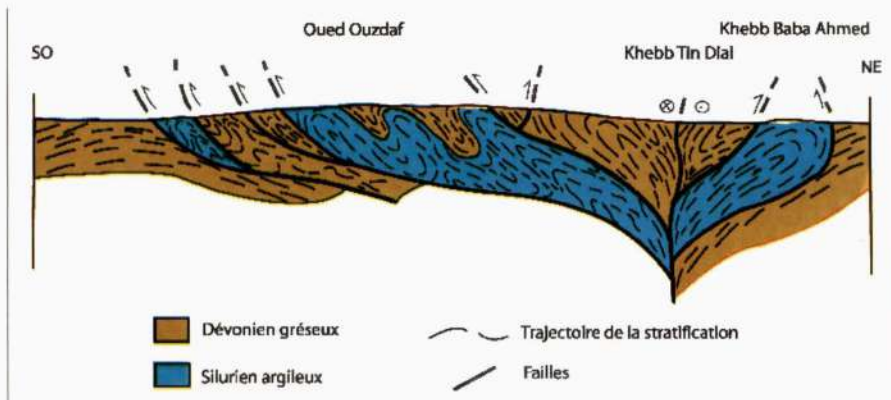


Fig. 7. Coupe schématique interprétative montrant la «structure en fleur» de l'Oued Ouzdaf, impliquant les formations du Silurien et du Dévonien. Longueur de la coupe environ 50 km.

Schematic cross section showing the Oued Ouzdaf « flower-structure », which affects the Silurian and Devonian formations. Length of the cross section 50 km.

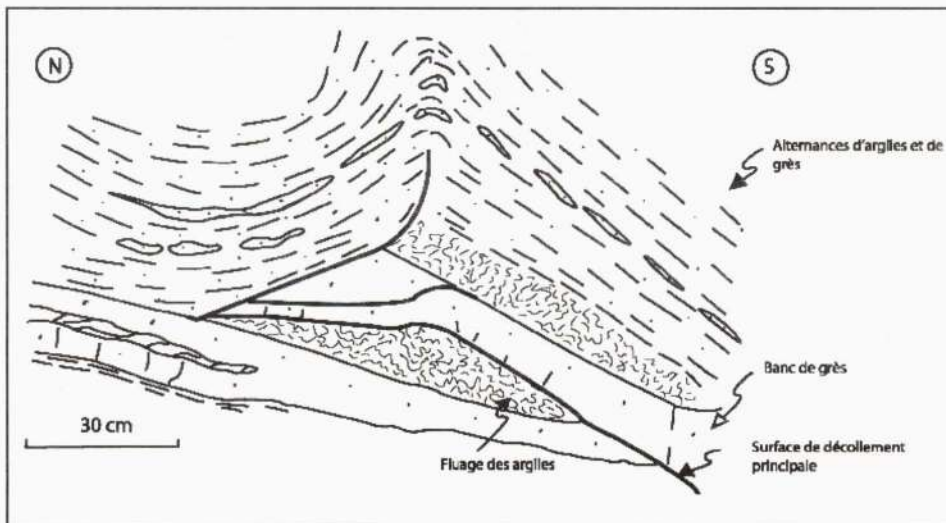


Fig. 8. Schéma d'affleurement montrant un «duplex» dans les alternances grès-argiles du Frasnien (In Tidjoubar au Sud-Est de In Salah).

Schematic outcrop sketch showing a « duplex » in the Frasnian sandstones-shales alternations (In Tidjoubar, South-East of In Salah).

LES STRUCTURES HERCYNiennes DANS LA COUVERTURE SÉDIMENTAIRE PALÉOZOÏQUE DE L'AHNET OCCIDENTAL ET DE BLED EL MASS (N.O. HOGGAR, ALGÉRIE) : UNE CONSÉQUENCE DU REJEU DES FAILLES PANAFRICAINES.

Comme pour le secteur de l'Oued Ouzdaf, toute la couverture, qui forme le grand anticlinal du djebel Temamat, remonte vers le nord et coulisse par rapport au socle, sous l'effet d'une transpression ENE-OSO, provoquant des recouvrements locaux et la naissance de plis de forme quadrangulaire (influencés par des accidents N-S et E-O).

e- Le secteur de Bled El Mass.

Ce secteur est marqué par la prédominance des affleurements de socle (Série pourprée, Séries intermédiaires, Séries pharusiennes déformées

par le Panafricain) entre lesquels sont coincées les formations du Paléozoïque (fig. 9). C'est dans ce secteur que le phénomène d'extrusion latérale avec détachement de la couverture qui chevauche vers le nord le socle, est le plus évident. En effet, le synclinal à flancs redressés et à fond plat à l'Est du Djebel Aberraz, est découpé par des failles NE-SO dextres (sur le flanc ouest), et des failles NO-SE sénestres (sur le flanc est), qui participent à son étalement vers le nord et vers le sud. Les niveaux de calcaires bleus du Givétien (niveaux les plus sensibles à la déformation), montrent des dédoublements

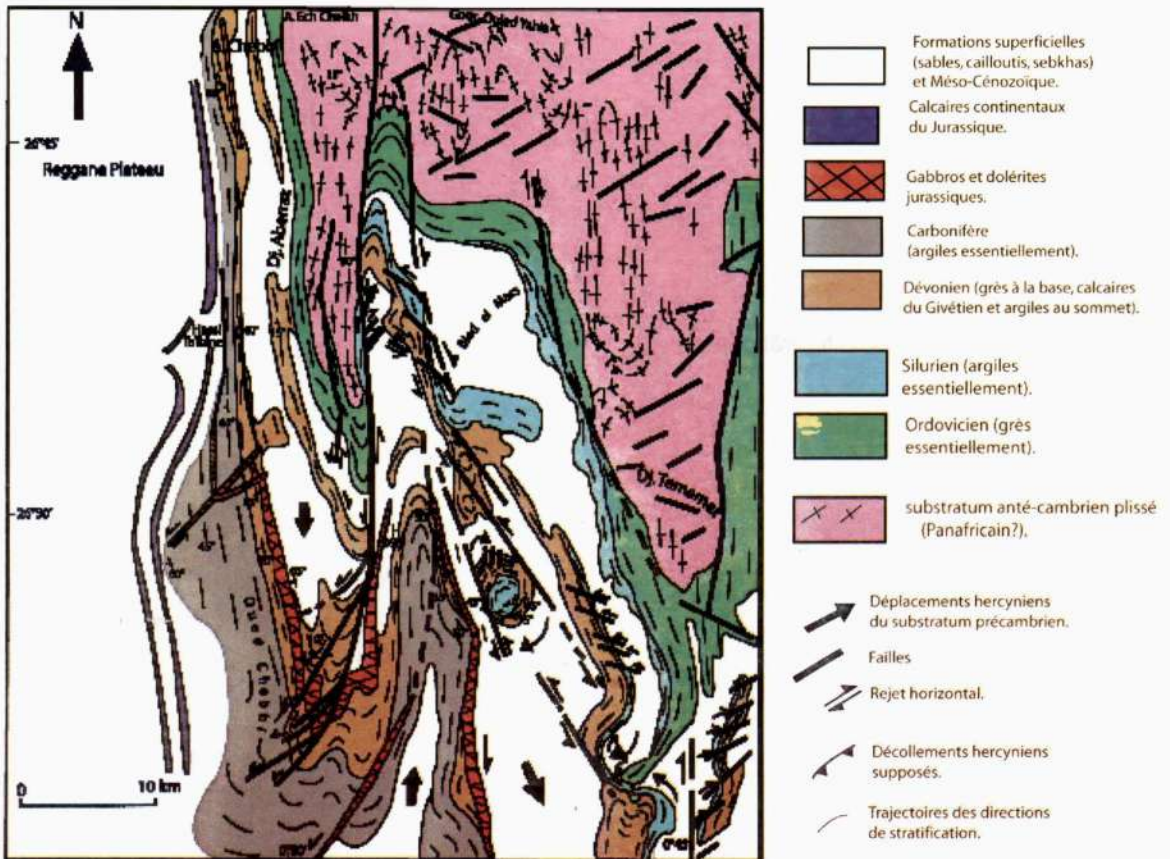


Fig. 9. Schéma structural de la région de Bled El Mass (Ahnet Occidental, craton saharien algérien) montrant les déplacements de la couverture paléozoïque au cours de l'orogénèse hercynienne (Moscovien, Carbonifère terminal), (Carte Beicip, 1972, complétée).

Schematic structural map of the Bled El Mass area (Western Ahnet, Algerian Saharan Craton), showing the displacements of the Palaeozoic cover during the Hercynian Orogeny (Moscovian, Latest Carboniferous); (Beicip map, 1972, completed).

dus à des blocages lors des glissements « bancs sur bancs » entre deux niveaux argileux, formant des plis en duplex (fig. 10). Ces dédoublements s'observent à diverses échelles (jusqu'à 2 km d'envergure, fig. 11), prouvant ainsi que les phénomènes de glissements « bancs sur bancs » (quelque soit la taille de ces bancs) ont influencé grandement la structuration de l'Ahnet et de Bled El Mass, expliquant les formes particulières des plis : ces glissements prennent le relais en surface des accidents plus profonds de direction généralement sub-méridienne.

3. LES DOLÉRITES DE BLED EL MASS.

Les dolérites de Bled El Mass, se mettent en place dans les argiles du Dévonien supérieur (Frasnien-Famennien) et du Viséen (fig. 9), influencées nécessairement par la compétence des roches encaissantes au moment de leur intrusion. En effet, la lithologie de l'encaissant est un facteur déterminant sur la ductilité des roches magmatiques (Roman-Berdiel, 1995); ainsi, ces roches montrent des contacts concordants avec les grauwackes,

pélites et argiles (sills et laccolites), et discordants avec les roches compétentes tels que les granites, les calcaires... Dans notre cas, les dolérites se présentent en sills qui sont interstratifiés dans le Dévonien moyen-supérieur (argiles du Frasnien-Famennien), ou alors dans les argiles du Viséen. D'autre part, Pitcher (1992) considère que la teneur en eau des argiles augmente la ductilité des roches intrusives qui « pompent » cette eau; par conséquent la perte de cette eau est susceptible d'induire une diminution du volume des argiles facilitant ainsi l'expansion de l'intrusion.

Par ailleurs, il est certain que dans le Bled El Mass, il existe au moins deux générations de dolérites :

- une première génération qui se met en place dans les niveaux « tendres » du Famennien et du Viséen (argiles, pélites); elles ne sont pas affectées par la déformation hercynienne (fig. 12). Les diaclases et la schistosité semblent être dues à leur mise en place (pression latérale). Ce sont des roches finement cristallisées (micro-grenues), très souvent altérées qui développent,

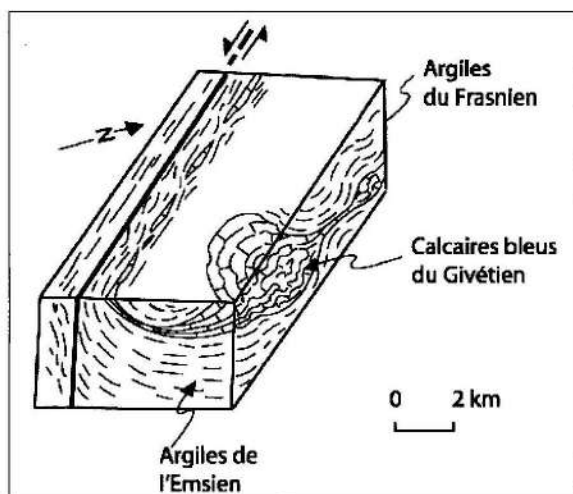


Fig. 10. Bloc-diagramme montrant les phénomènes de fluage et de bourrage («gonflements») dans les calcaires du Givétien (Bled El Mass).

Block-diagram showing the flow and tectonic thickening of the Givetian calcareous formations (« swelling up »), (Bled El Mass).

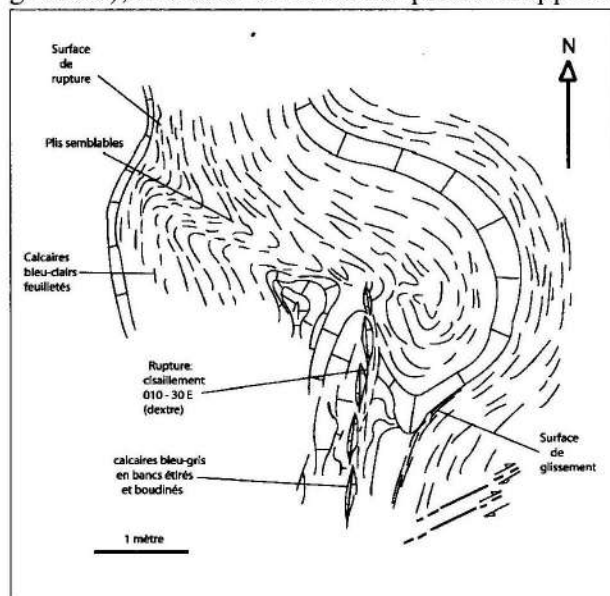


Fig. 11. «Duplex» dans les calcaires du Givétien (Djebel Aberraz).

« Duplex » in the Givetian calcareous formations (Djebel Aberraz).

LES STRUCTURES HERCYNiennes DANS LA COUVERTURE SÉDIMENTAIRE PALÉOZOÏQUE DE L'AHNET OCCIDENTAL ET DE BLED EL MASS (N.O. HOGGAR, ALGÉRIE) : UNE CONSÉQUENCE DU REJEU DES FAILLES PANAFRICAINES.

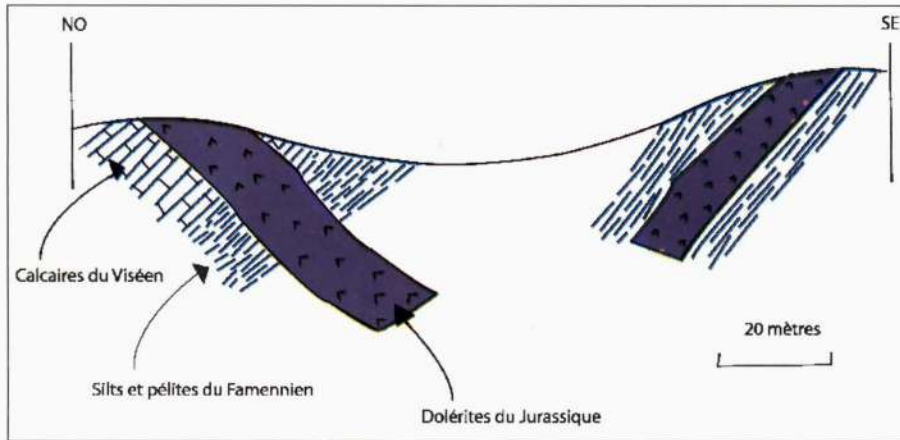


Fig. 12. Hassi Taïbine (Djebel Aberraz, Ahnet Occidental, Plateforme Saharienne Occidentale). Coupe de terrain montrant les relations entre les filons de dolérites jurassiques et l'encaissant paléozoïque.

Hassi Taïbine (Djebel Aberraz, Western Ahnet, Western Saharan platform). Field cross section showing the relationships between the Jurassic doleritic veins and the Palaeozoic basement.

parfois, un métamorphisme de contact matérialisé par des cornéennes. Ces dolérites suivent les pendages des couches encaissantes;

- une deuxième génération qui se présente en filons orientés NE-SO et E-O qui recoupent tout l'encaissant (fig. 12). Les roches de cette génération affleurent sous forme de boules très dures, sombres à grains moyens (texture grenue) : ce sont des gabbros-dolérites.

L'intersection de ces deux types de corps de roches basiques, se caractérise par un « cirque » formé d'anneaux concentriques dont le diamètre maximal atteint 500 mètres : ce serait la zone d'alimentation principale (Sud de Hassi Taïbine; fig. 9). Ces deux générations ont donné un âge jurassique (Conrad, 1981 et 1984; Smith, et al., 2006).

4. HISTOIRE TECTONIQUE HERCYNIENNE.

La particularité structurale des domaines de l'Ahnet et de Bled El Mass, réside dans les formes singulières des plis qui affectent la couverture paléozoïque, formes déjà décrites par Donzeau et al. 1981, et le caractère discontinu des grandes failles sub-méridiennes.

En effet, les plis varient des formes en échelons typiques des zones de cisaillement simple (exemple Oued Ouzdaf Sud, Aïn Kahla) qui surplombent les failles de socle sub-méridiennes et se parallélisent à celles-ci, aux formes coffrées, elliptiques et même circulaires; ces plis sont presque toujours des anticlinaux.

Les plis de forme quadrangulaire (ou coffrés) sont guidés par deux directions de failles, N-S et E-O, qui entraînent dans leurs mouvements, la couverture paléozoïque (exemple Djebel Temamat). Ces failles de socle ne sont pas toujours évidentes à observer sur le terrain; elles se manifestent dans la couverture paléozoïque, par la verticalisation des couches (fig. 13a, 13b et 13c et planche-photo III), leur étirement (d'où les variations d'épaisseurs), leur boudinage et parfois même par des phénomènes de bourrage, qui touchent notamment les formations carbonatées du Givétien; toutes ces structures ne sont pas nécessairement parallèles aux accidents dans le socle. Ce sont généralement les failles E-O qui se manifestent en dernier, au plus fort de la déformation.

Les plis de forme elliptique, en fait des structures sigmoïdes, sont coincés entre deux accidents N-S (exemple Djebel Temamat et Oued Ouzdaf,

H. HADDOUM

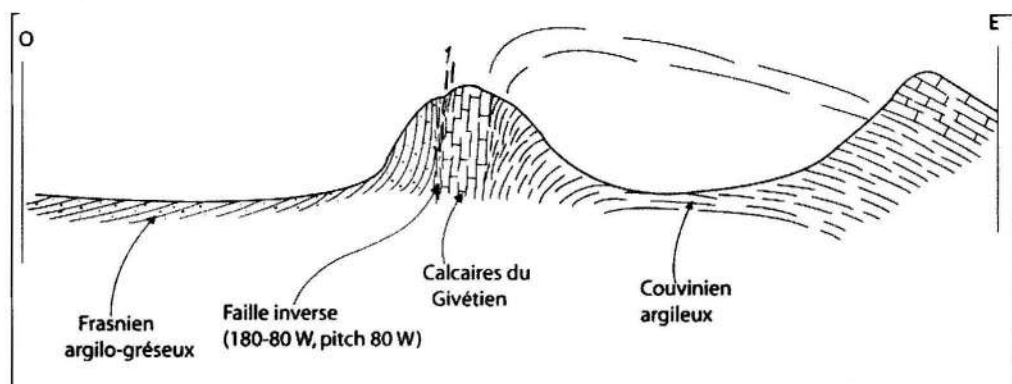


Fig. 13a. Oued Ouzdaf (Ahnet Central), coupe de terrain montrant un anticlinal dissymétrique, a flanc verticalisé à l'aplomb d'une faille inverse, accompagné de glissements bancs sur bancs. Longueur totale de la coupe, environ 700m.

Oued Ouzdaf (Central Ahnet), field cross-section showing an asymmetric anticline, with vertical flanks up to reverse fault, and bed-to-bed slip. Total length of cross-section 700m.

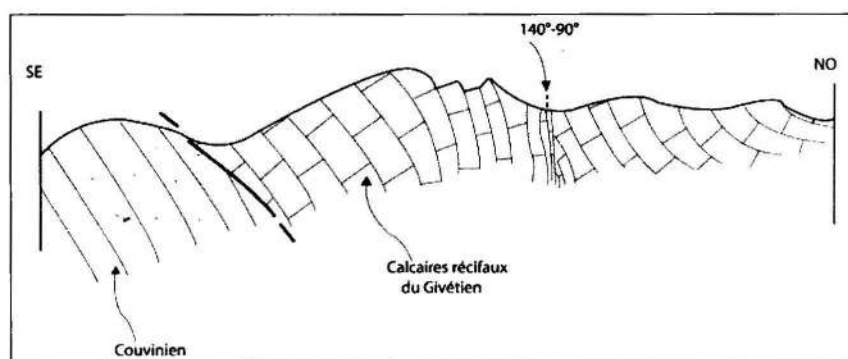


Fig. 13b. Oued Ouzdaf (Ahnet Central), coupe montrant les calcaires récifaux du Givétien redressés (décrochement), qui «chevauchent» les argiles gréseuses du Couvinien par l'intermédiaire d'une faille inverse.

Oued Ouzdaf (Central Ahnet), cross section showing verticalized reef limestone of the Givetian (strike-slip-fault), which overthrust the Couvinian shaly-sandstones by reverse-fault.

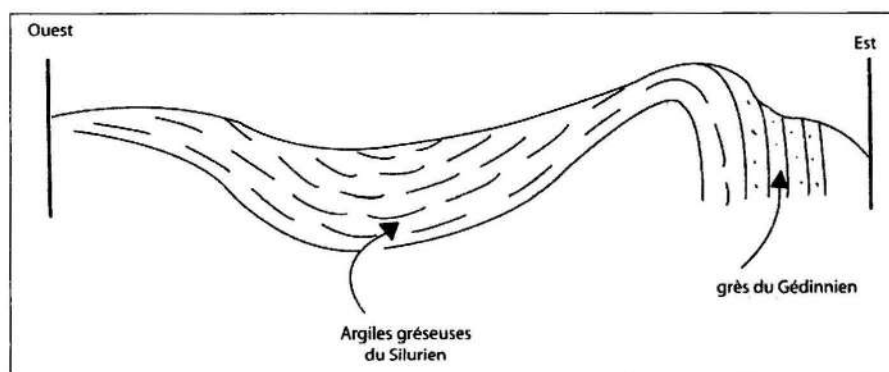


Fig. 13c. Oued Ouzdaf: coupe de terrain montrant les grès du Gédinnien redressés (pli dissymétrique 320-90) ; longueur totale 200m.

Oued Ouzdaf : field cross section showing vertical Gedinnian sandstones (anticline with dissymmetric flanks) ; total length 200m.

LES STRUCTURES HERCYNiennes DANS LA COUVERTURE SÉDIMENTAIRE PALÉOZOÏQUE DE L'AHNET OCCIDENTAL ET DE BLED EL MASS (N.O. HOGGAR, ALGÉRIE) : UNE CONSÉQUENCE DU REJEU DES FAILLES PANAFRICAINES.



Planche-photo III.

Photo montrant les alternances grès-argiles du Gédinnien redressés à la verticale (pli dissymétrique), Oued Ouzdaf.
Photo showing vertical sandstones-shales alternations of the Gedinnian (dissymmetric anticline), Oued Ouzdaf.

fig. 9); comme pour les structures précédentes, les failles ne sont pas toujours visibles en surface, et se disposent souvent en relais; elles se matérialisent en surface de la même manière que pour les plis de forme quadrangulaire. Les structures sigmoïdes confèrent aux failles subméridiennes des jeux généralement dextres.

Les plis de forme circulaire surplombent des failles de socle, invisibles en surface (exemple Bled El Mass), et correspondent en fait à des structures d'enroulement (fig. 14a) : la couverture « tourne » sur elle-même par l'intermédiaire d'un niveau de décollement qui correspondrait, dans le cas de Bled El Mass, à la limite grès de l'Ordovicien, argiles du Silurien, et ce dans les relais compressifs de failles (fig. 14b); ce mécanisme est probablement favorisé par des blocages qui empêchent la couverture de se déplacer latéralement. Cette rotation de la couverture est relayée par des failles d'orientation NE-SO qui facilitent le bourrage des zones relativement épargnées de la déformation et

entraînent son étalement vers l'est. La déformation ductile est facilitée probablement par des conditions de température suffisamment élevées (diagenèse) pour permettre le fluage des séries, en particulier des argiles du Silurien et des calcaires du Givétien.

Dans tous ces exemples, les mécanismes primordiaux qui guident la formation de ces structures particulières, sont l'argilocinèse et le décollement, auxquels sont associés les phénomènes de glissement « bancs sur bancs », facilités par l'omniprésence d'alternances de niveaux compétents et de niveaux incompétents dans les séries paléozoïques. L'argilocinèse est surtout basée, comme pour l'halocinèse et le diapirisme granitique, sur une différence de densité, même moindre, entre des couches superposées. Le mécanisme d'argilocinèse est influencé par la teneur en eau des formations impliquées (augmentation de la ductilité) il est facilité par la diagenèse (élévation de température et perte en eau des argiles) qui favorise

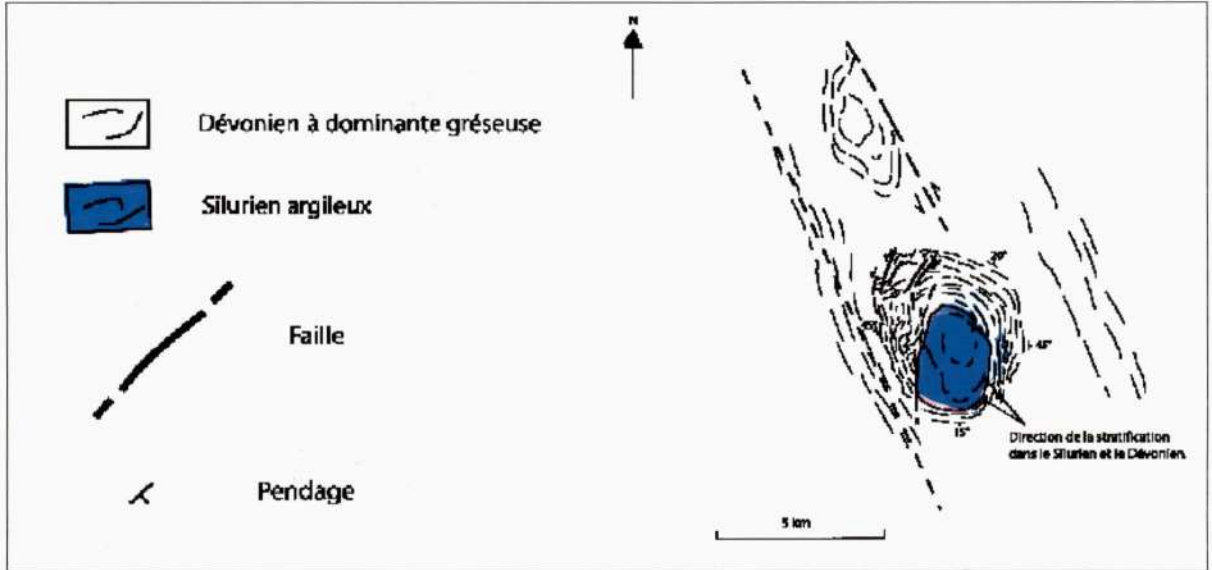


Fig. 14a. Carte montrant les relations structurales entre le Silurien et le Dévonien dans l'anticlinal à forme circulaire au Sud de Bled El Mass, suggérant une rotation horaire de l'anticlinal.

Schematic map showing the structural relationships between the Silurian and the Devonian in a circular anticline form, southern Bled El Mass, suggesting an horary rotary of the anticline.

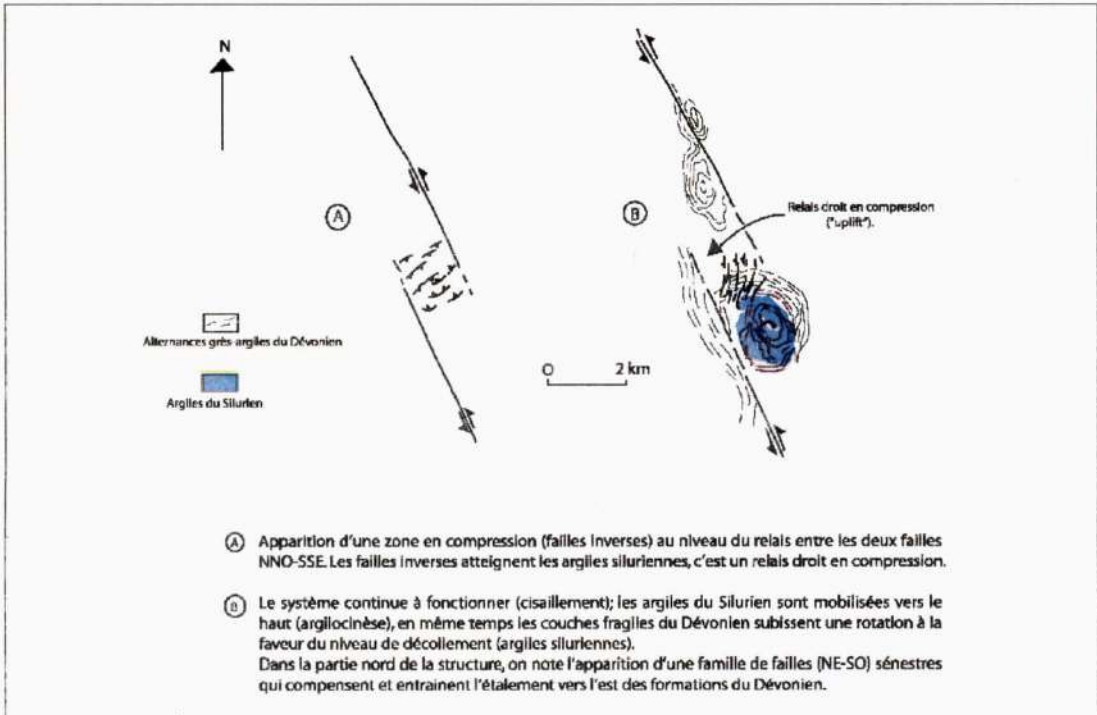


Fig. 14b. Schémas montrant la formation de la structure d'enroulement de Bled El Mass (anticlinal à cœur de Silurien).

Sketches showing the initiation of the Bled El Mass roller-structure (anticline with Silurian axial part).

une augmentation de la pression des fluides dans les niveaux non consolidés (Twiss et Moores, 1992), et par des failles profondes (qui atteignent ces niveaux). Les deux principaux systèmes sédimentaires qui donnent lieu au diapirisme sont les alternances argiles-sables, et selsédiments (Leeder, 1982). Les argiles sont mobilisées et remontent en recoupant les formations au-dessus, donnant ainsi les structures décrites plus haut (Oued Ouzdaf), qui correspondent à des «structures en fleur» positives déversées vers le SO, et dont les formes ont été guidées par le fluage des argiles du Silurien qui occupent les cœurs des anticlinaux. Quant au phénomène de décollement («wrap-tectonic»), il est guidé par les failles de socle qui délimitent des blocs basculés les uns par rapport aux autres (horst et graben), et sur lesquels se dépose la couverture sédimentaire : le rejeu de ces failles en décrochements entraîne la couverture sédimentaire pour donner des structures de forme quadrangulaire.

D'autre part, comme signalé plus haut, les calcaires bleus du Givétien jouent un rôle prépondérant, puisque ce sont ces niveaux qui encaissent le plus la déformation, et jouent même parfois en niveaux de décollement. Ces calcaires sont souvent le siège de phénomènes de boudinage intense par pression-solution, et de bourrage (qui se manifestent par des duplex ou des flexures et des lenticulations); il est à noter que ces calcaires sont très souvent pris entre des niveaux incompetents (argiles) qui favorisent l'apparition de toutes ces structures. Ils montrent quelquefois des «gonflements» provoqués par des dédoublements de strates par plissements, souvent en duplex (fig. 10); ce genre de phénomène a été expliqué par Strayer et Hudleston (1997), comme étant du à la présence de discontinuités (diaclasses) dans les seuls niveaux compétents, et qui auraient été utilisées comme zone de faiblesse au cours de la déformation.

Les affleurements importants du socle panafricain et tardi-panafricain, en lanières N-S, entre lesquels sont coincées les formations du Paléozoïque, comme pour la région de Djanet (Plate-Forme

Saharienne Orientale), expliquent la grande intensité de déformation. En effet, les «remontées» de socle (par l'intermédiaire des failles sub-méridiennes) prennent en «sandwich» les formations du Paléozoïque, qui écrasées, sont décollées et extrudées vers le nord et vers le sud, mais également vers l'est et vers l'ouest, là où le maximum de déformation se fait ressentir (exemple Oued Ouzdaf), ce qui explique les réorientations des contraintes locales.

Nous avons déduit, grâce aux mesures faites sur des populations de failles inverses (méthode des dièdres droits, Angelier et Mechler, 1977), que l'Ahnet et le Bled El Mass ont été le siège, au cours de l'orogénèse hercynienne, d'une transpression dextre, d'orientation NE-SO à ENE-OSO (Haouchine et *al.*, 1996; Haddoum et *al.*, 1996; Haddoum et *al.*, 2001; fig. 15). Toutes ces structures peuvent être reliées à un continuum de déformation (Haddoum et *al.*, 2001; Zazoun, 2001) qui affecte jusqu'aux terrains d'âge moscovien, dans un régime de transpression globalement orienté ENE-OSO à NE-SO, conséquence des effets lointains de l'orogénèse hercynienne (Haddoum et *al.*, 2001).

4. DISCUSSION ET INTERPRÉTATION.

Les domaines de l'Ahnet et de Bled El Mass sont de beaux exemples pour l'observation des relations entre un socle relativement rigide et une couverture plus «plastique», au cours de la déformation hercynienne : transpression ENE-OSO provoquant le rejeu des accidents panafricains dans le socle, entraînant le décollement de la couverture et l'écrasement de cette dernière par les remontées du socle. Les réactivations des failles ont été probablement facilitées par la présence de fluides, dont l'importance a été soulignée par Cosgrove (1993), notamment dans les interlits, favorisant leur désolidarisation, ainsi que les glissements bancs sur bancs, générant des structures qui quelquefois, sont inhomogènes.

LES STRUCTURES HERCYNiennes DANS LA COUVERTURE SÉDIMENTAIRE PALÉOZOÏQUE DE L'AHNET OCCIDENTAL ET DE BLED EL MASS (N.O. HOGGAR, ALGÉRIE) : UNE CONSÉQUENCE DU REJEU DES FAILLES PANAFRICAINES.

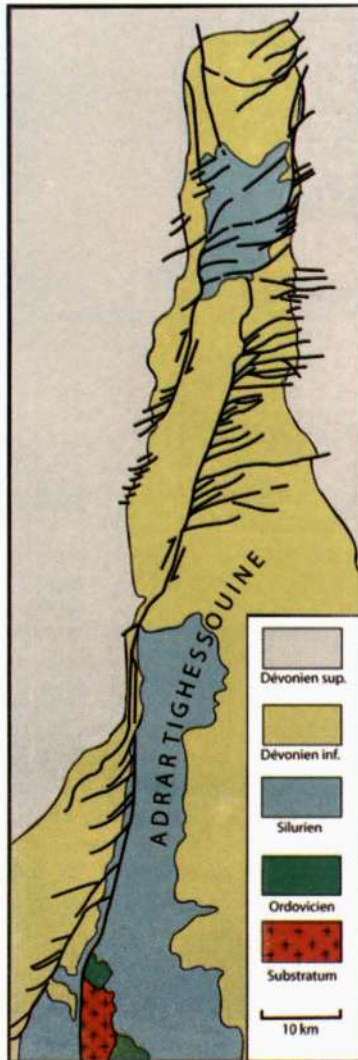
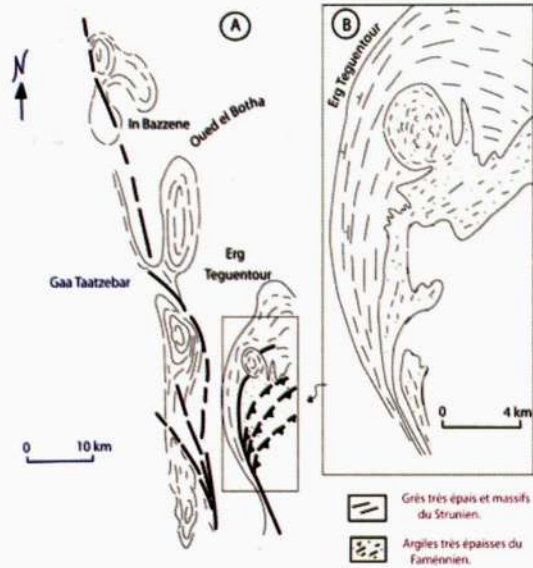


Fig. 16. Carte géologique et structurale schématique de l'Adrar Tighessouine (Ahnet Central), montrant les terminaisons en « queue de cheval » des grandes failles sub-méridiennes (Haddoum et al., 2001).

Schematic geological and structural map of the Adrar Tighessouine (Central Ahnet), showing strike-slip faults and their horse-tail terminations (Haddoum et al., 2001).

jacents qui joueraient le rôle de niveau de décollement; par ailleurs, ces calcaires seraient eux même dédoublés, car pris entre deux niveaux incompetentes, à l'image des structures déjà décrites dans les calcaires givétiens de Bled El Mass.

Aussi bien dans l'Ahnet Occidental, que dans le Bled El Mass, les argiles (siluriennes ou famen-



(A) Carte montrant la terminaison en « queue de cheval » (failles inverses) sur laquelle est positionnée la structure circulaire de Teguentour (diapir d'argiles ?).
(B) Détail montrant les relations entre les niveaux gréseux épais et massifs du Strunien (qui forment des falaises), et les niveaux très épais du Famennien (argiles dominantes).

Fig. 17. Carte montrant la structure circulaire de Teguentour (Ahnet Central).

Schematic map showing circular structure of Teguentour (Central Ahnet).

niennes), qui occupent les cœurs de ces structures, présentent des couches redressées et des plis disharmoniques.

Elles correspondent à un fluage vers le haut de formations incompetentes, placées dans les conditions de l'argilocinèse, qui glissent par rapport à un substratum plus rigide, et remontent par l'intermédiaire de décrochements qui jouent dans ce cas en sénestre : ces structures sont des bombements provoqués par le fluage de matière (argiles du Silurien ou du Famennien) qui recourent les formations sus-jacentes du Dévonien.

Ce type de fluage de niveaux incompetentes peut être également facilité par la présence de corps rigides emballés dans ces niveaux, et qui jouent le rôle d'obstacles au glissement « bancs sur bancs » de la matrice au cours d'un cisaillement simple (Marques et Cobbold, 1994). D'autre part, les résultats des expériences de modélisation analogique effectués par Higgins et Harris

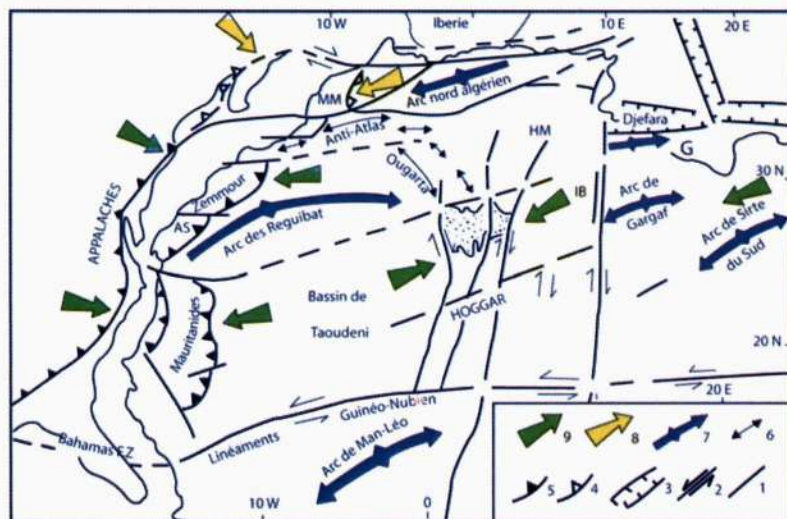


Fig. 18. Déformation intra-plaque de la Plate-Forme Saharienne au Permien inférieur, avant-pays de l'orogène des Mauritanides-Appalaches, modifiée et complétée à partir de Villeneuve et al. (1991) et Ziegler et al. (1995).

Early-Permian intra-plate deformation of the Saharan platform forming the foreland of the Mauritanides orogen, modified and completed from Villeneuve et al. (1991) and Ziegler et al. (1995).

1. Failles majeures (*major faults*); 2. Décrochements majeurs (*major strike-slip faults*); 3. Rift (*rift*); 4. Chevauchements du Carbonifère terminal (*Late Carboniferous thrust belts*); 5. Chevauchements du Permien inférieur (*Lower Permian thrust belts*); 6. Chaînes plissées du Carbonifère terminal-Permien inférieur (*Late Carboniferous-lower Permian fold belts*); 7. Arcs extrudés majeurs (*major upwarped arch*); 8. Directions de raccourcissement du Carbonifère terminal (*Late Carboniferous shortening directions*); 9. Directions de raccourcissement du Permien inférieur (*Lower Permian shortening directions*). La région en pointillés correspond au bassin de l'Ahnet-Mouydir (*The stippled area corresponds to the Ahnet-Mouydir Basin*). AS. Adrar Soutouf (*Adrar Soutouf*); G. Arc de Gharian (*Gharian arch*); HM. Hassi Messaoud (*Hassi Messaoud*); IB. Bassin d'Illizi (*Illizi Basin*); MM. Méséta marocaine (*Moroccan Meseta*).

(1997), montrent que les différences de lithologies et les contrastes de viscosités, associés dans une séquence de couverture, influencent considérablement la réorientation et la localisation des failles dans la couverture, au moment de la réactivation des failles du socle sous-jacent.

Comme pour les diapirs salifères, les repercussions sur les remobilisations et les accumulations en hydrocarbures pourraient être importantes tout autour des flancs des diapirs d'argiles (Jackson et Talbot, 1989).

Au cours de la période post-hercynienne, les grandes failles sub-méridiennes rejouent généralement en failles distensives, alors que l'on note l'apparition de failles d'effondrement orientées E-O qui affectent jusqu'au Tertiaire; l'une

de ces failles, le linéament d'Aoulef-Reggane, se prolonge vers l'est jusqu'à In Salah, et à l'ouest jalonne dans sa partie méridionale le Bouclier Reguibat (fig. 18; Haddoum et al., 2001).

Cette histoire distensive serait une conséquence des ouvertures océaniques péri-africaines au Crétacé inférieur, et elles semblent avoir continué à évoluer au Crétacé supérieur et au Cénozoïque (Guiraud et Maurin, 1991; Haddoum et al., 2001; Smith et al., 2006).

5. CONCLUSION : QUELQUES DONNÉES GÉNÉRALES CONCERNANT L'AHNET ET LE BLED EL MASS.

a. Les domaines de l'Ahnet et de Bled El Mass se trouvent à la jonction entre deux ensembles cratonisés à deux époques différentes :

- i-** le Craton Ouest Africain stable depuis la fin de l'orogénèse éburnéenne (2000 ma);
- ii-** et la chaîne mobile du Hoggar, cratonisée à la fin de l'orogénèse panafricaine (550-525 ma.).
- b.** Le domaine de l'Ahnet Oriental est limité par la faille d'échelle lithosphérique de Ers Oum Ellil qui le sépare du domaine du Mouydir.
- c.** Le domaine de Bled El Mass est limité par la suture avec le Craton Ouest Africain.
- d.** La série du Paléozoïque est pratiquement complète dans les deux domaines; il n'existe pas de lacunes importantes, seules quelques discordances à caractère local ont été décrites (absence du Couvinien dans la bordure orientale).
- e.** Cependant, on note d'importantes variations locales d'épaisseurs et de faciès le long des deux domaines : ces variations se font de façon progressive du sud vers le nord et des bordures vers le centre du domaine de l'Ahnet (Ahnet Central), où l'on observe les plus fortes épaisseurs.
- f.** Quelques variations locales d'épaisseurs et de faciès ont été observées à l'approche des zones de failles (région de Aïn Kahla, dans l'Ahnet Oriental), et seraient probablement à relier à une tectonique syn-sédimentaire.
- g.** Le caractère structural prédominant déterminé à partir des coupes sismiques dans la région est le développement de structures anticlinales contre failles. Dans le détail, ces structures montrent un caractère chevauchant à vergences opposées par rapport à la zone centrale de l'Ahnet (vergence vers l'est dans l'Ahnet Oriental et vergence vers l'ouest dans l'Ahnet Occidental). Ces structures anticlinales sont limitées, sur les flancs, par plusieurs branches de failles donnant des « structures en fleur » positives.
- h.** Les regards des failles inverses évoluent de la même façon que les vergences des structures plissées.
- i.** Les données de sub-surface (sismique) montrent que les failles qui affectent la série paléozoïque se verticalisent dans les niveaux inférieurs. Leurs rejets verticaux diminuent en remontant dans la série et se matérialisent le plus souvent par des décollements, notamment dans les alternances argiles-grès massifs du Dévonien moyen-supérieur, ou s'amortissent dans les argiles siluriennes.
- j.** Les failles normales sont beaucoup plus rares; ce sont des failles d'extrados (Aïn Kahla, Ahnet Oriental), ou qui compensent les «structures en fleur» (Djebel Idjerane, Ahnet Oriental).
- k.** On note également, là où le Méso-Cénozoïque affleure, des rejeux en failles normales des grands accidents sub-méridiens (Ers Oum Ellil, Gour Bou Kreis, dans l'Ahnet Oriental), ou l'apparition de failles d'effondrement orientées E-O qui affectent le Tertiaire (Oued El Botha, au Nord de Gour Bou Kreis).
- Toutes les constatations faites sur la structuration du bassin de l'Ahnet et de Bled El Mass, aussi bien à partir des données de sismique que des observations de terrain, convergent vers un seul modèle de déformation qui s'est déroulé après le dépôt du Moscovien : l'Hercynien (=Varisque; Haddoum et *al.*, 2001). Il s'agit d'un dispositif transpressif orienté NE-SO à ENE-OSO, caractérisé par :
- l.** Le développement de «structures en fleur» positives (Djebel Idjerane, In Bazzene, Oued Ouzdaf).
- m.** L'association de failles et de plis disposés en échelons.
- n.** La disposition en « relais » des failles (discontinues dans la couverture, continues dans le socle).
- o.** Le développement de plis dissymétriques (flancs rabotés), à axes plongeants et obliques par rapport aux grandes failles.
- p.** La formation de structures sigmoïdes et circulaires dans les zones d'intense déformation, géné-

ralement par le phénomène d'argilocinèse (Djebel Temamat, Bled El Mass).

q. La diverticulation des grandes failles («queue de cheval»), avec création de zones d'effondrement (relais transtensifs) ou d'ensellement (relais transpressifs).

r. L'omniprésence de décollements, notamment dans les alternances bancs compétents-bancs incompétents.

s. Certaines failles sub-méridiennes importantes (Foum Belrem, Ahnet Central), sont tantôt plongeantes vers l'est, tantôt vers l'ouest, et forment des lenticulations.

Remerciements : Ce travail est le résultat d'un certain nombre de missions sur le terrain effectuées grâce à la Division Exploration de la SONATRACH, que je remercie tout particulièrement. Je remercie également MM. D. Gapais (Université de Rennes I) et R. Guiraud (Université de Montpellier), qui ont eu l'amabilité de lire et d'apporter des critiques à la première version de ce travail et M. J. Fabre pour l'avoir « reviewé » et porter des appréciations très favorables à cette contribution.

BIBLIOGRAPHIE

- AMARD, B. 1977.** Carte géologique à 1/500.000^{ème} de Hassi Inifel (NH-31-SE). *Ed. Serv. Géol. de l'Algérie.*
- ANGELIER, J. ET MECHLER, P. 1977.** Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en sismologie : la méthode des dièdres droits. *Bull. Soc. Géol. France, (7), t. XIX, n°6, pp. 1309-1318.*
- BEICIP, 1972.** Cartes géologiques de Ers Oum Ellil, de Aoulef et de Reggane à 1/200.000^{ème}. *Bureau d'Etude Industrielle et de Coopération de l'Institut Français du Pétrole.*
- BERTHÉ, D., CHOUKROUNE, P. AND JEGOUZO, P. 1979.** Orthogneiss, mylonites and non-coaxial deformation of granites : the example of South Armorican shear-zone. *Jour. Struct. Geol., Vol.1, N°1, pp. 31-42.*
- CABY, R. 1970.** La chaîne pharusienne dans le NO de l'Ahaggar (Sahara central) : sa place dans l'orogénèse du Précambrien supérieur en Afrique. *Thèse de doctorat ès sciences, Mont-pellier, France et Serv. Géol. Algérie, Mém. N°47, 1983, 1 vol. 288 p.*
- CONRAD, J. 1981.** La part des déformations post-hercyennes et de la néotectonique dans la structuration du Sahara Central algérien, un domaine relativement mobile de la plateforme saharienne. *C. R. Acad. Sci. Paris, t. 292, série II, pp. 1053-1056.*
- CONRAD, J. 1984.** Les séries carbonifères du Sahara Central algérien, stratigraphie, sédimentation, évolution structurale. *Thèse d'état Sciences Nat. 299 pages.*
- COSGRAOVE, J.W. 1993.** The interplay between fluids, folds and thrusts during the deformation of a sedimentary succession. *J. Struct. Geol., Vol. 15, N°3-5, pp. 491-500.*
- DONZEAU, M., FABRE, J. ET MOUSSINE-POUCHKINE, A. 1981.** Comportement de la dalle saharienne et orogénèse varisque. Essai d'interprétation. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord; tome 69, Fasc. 3 et 4 ; pp. 137-172.*
- FABRE, J. 1976.** Introduction à la géologie du Sahara algérien et des régions voisines. *Ed. SNED, Alger, 421 pages.*
- FABRE, J., 2005.** Géologie du Sahara Occidental et Central. *Tervuren African Geoscience collection, vol. 108.*
- FOLLOT, J. 1952.** Ahnet et Mouydir. Monographies régionales; 1^{ère} série, n°1, *XIXème Congrès Géol. Mondial, Alger.*
- GUIRAUD, R. ET MAURIN, J.C. 1991.** Le rifting en Afrique au Crétacé inférieur : synthèse structurale, mise en évidence de deux étapes dans la genèse des bassins, relations avec les ouvertures océaniques péri-africaines. *Bull. Soc. Géol. France, t. 162, N° 5, pp. 811-823.*
- HADDOUM, H. 1984.** Lithologie, évolution structurale et géodynamique des terrains précambriens d'Abankor-Timgaouine (Hoggar Occidental, Algérie). *Thèse de doct. 3^{ème} cycle, Paris II, France, 182p.*
- HADDOUM, H. 1992.** Etude structurale des terrains archéens du Môle In Ouzzal (Hoggar, Algérie). *Thèse de doct. d'état, IST/USTHB, Alger, 212 p.*
- HADDOUM, H., CHOUKROUNE, P. AND PEUCAT, J.J. 1994.** Evolution of the Precambrian In Ouzzal block (Central Sahara, Algeria). *Precamb. Res., 65:155-166.*

LES STRUCTURES HERCYNIENNES DANS LA COUVERTURE SÉDIMENTAIRE PALÉOZOÏQUE DE L'AHNET OCCIDENTAL ET DE BLED EL MASS (N.O. HOGGAR, ALGÉRIE) : UNE CONSÉQUENCE DU REJEU DES FAILLES PANAFRICAINES.

- HADDOUM, H., BENMOUSSA, S., RAHMANI, A. ET AREZKI 1996.** Relations entre socle et couverture sédimentaire paléozoïque dans la région de Aïn Tidjoubar (Ahnet Oriental) au cours de l'orogénèse hercynienne. *Coll. Nation. des Sciences de la Terre, INH, Boumerdès, Algérie*, recueil de résumés, p.108.
- HADDOUM, H., GUIRAUD, R. AND MOUSSINE-POUCHKINE, A. 2001.** Hercynian compressional deformation of the Ahnet-Mouydir Basin, Algerian Saharan Platform : far-field stress effects of the Late Palaeozoic orogeny. *Terra Nova*, N°13, pp. 220-226.
- HAOUCHINE, S.E., TABET, S., HADDOUM, H., AREZKI, A., GOUCEM, A. ET GHANDRICHE, H. 1996.** Les structures elliptiques de Oued Djaret (Ahnet Oriental) : une manifestation en surface des accidents profonds. *Coll. Nation. des Sci. de la Terre, INH, Boumerdès, Algérie*, recueil de résumés.
- HIGGINGS, R.I. AND HARRIS, L.B. 1997.** The effect of cover composition on extensional faulting above re-activated basement faults: results from analogue modeling. *Jour. Struct. Geol.*, Vol.19, N°1, pp. 89-98.
- JACKSON, M.P.A. AND TALBOT, C.J. 1989.** Anatomy of mushroom-shaped diapirs. *Jour. of Struct. Geol.*, vol. 11, N°1/2, pp. 211-230.
- LEEDER M.R. 1982.** Sedimentology; process and product. *G. Allen and Unwin eds.*
- LEFORT, J.P. 1988.** Imprint of the Reguibat uplift (Mauritania) on to the central and southern Appalachians of the USA. *Jour. Afri. Earth Sci.*, vol. 7, N°2, pp. 433-442.
- LEFRANC, P. 1977.** Carte géologique au 1/500.000^{ème} de Timimoun (NH-31-SO). *Ed. Serv. Géol. de l'Algérie.*
- MARQUES, F.G. AND COBBOLD, P.R. 1994.** Development of highly non-cylindrical folds around rigid ellipsoidal inclusions in bulk simple shear regimes : natural examples and experimental modelling. *Jour. Struct. Geol.*, Vol.17, N°4, pp. 589-602.
- PITCHER, W.S. 1992.** The nature and origin of granites. *Blackie Academic and Professional, London.*
- ROMAN-BERDIEL, M.T. 1995.** Mécanismes d'intrusion des granites supracrustaux. Modèles analogiques et exemples naturels. Mémoire N°62, *Géosciences Université Rennes I, France.*
- SMITH, B., DERDER, M.EM., HENRY, B., BAYOU, B., YELLES, K., DJELLIT, H., AMENNA, M., GARCES, M., BEAMUD, J.P., CALLOT, R., ESCHARD, A., CHAMBERS, A., AÏFA, T., AÏT-OUALI, R. AND GANDRICHE, H. 2006.** Relative importance of the Hercynian and Post-Jurassic tectonic phases in the Saharan platform: a palaeomagnetic study of Jurassic sills in the Reggane Basin (Algeria). *Geophys. Jour. Intern.*, Vol. 167, N°1, pp. 380-396.
- STRAYER, L.M. AND HUDLESTON, P.J. 1997.** Numerical modeling of fold initiation at thrust ramps. *Jour. Struct. Geol.*, Vol. 19, N°3-4, pp. 551-666.
- TAKHERIST, D. 1991.** Structure crustale, subsidence mésozoïque et flux de chaleur dans les bassins nord-sahariens (Algérie) : apport de la gravimétrie et des données de puits. *Thèse de doct. univ. de Montpellier, CGG*, n°29, 236 p.
- TWISS, R.J. AND MOORES, E.M. 1992.** Structural Geology. *W.H. Freeman and Co., New-York*, 532 p.
- VILLENEUVE, M. BASSOT, J.P., ROBINEAU, B. DALLMEYER, R.D. AND PONSARD, J.F. 1991.** The Bassaride Orogen. In : The west African orogens and circum - Atlantic correlatives (Ed. by R.D. Dallemeyer and J.P. Lécorché). *Springler. Verlag, Berlin*, pp. 151-185..
- ZAZOUN, R.S. 2001.** La tectogénèse hercynienne dans la partie occidentale du bassin de l'Ahnet et la région de Bled El Mass, Sahara algérien : un continuum de déformation. *Jour. of Afric. Earth Sci.*, vol. N°4, pp. 869-887.
- ZIEGLER, P. A., CLOETINGH, S. AND VAN WEES, J.D. 1995.** Dynamics of intraplate compressional deformation. *Tectonophysics*, 252, 7-59.