



HAL
open science

**STRUCTURATION EXTENSIVE ET
TRANSTENSIVE AU DEVONO-DINANTIEN DU
BASSIN DE TIM MERSOÏ (BORDURE
OCCIDENTALE DE L'AÏR, NORD NIGER).**

M. Konate, M. Denis, M. Yahaya, M. Guiraud

► **To cite this version:**

M. Konate, M. Denis, M. Yahaya, M. Guiraud. STRUCTURATION EXTENSIVE ET TRANSTENSIVE AU DEVONO-DINANTIEN DU BASSIN DE TIM MERSOÏ (BORDURE OCCIDENTALE DE L'AÏR, NORD NIGER).. Annales de l'Université de Ouagadougou, 2007, Série C (Vol. 005), pp.1-32. hal-00385686

HAL Id: hal-00385686

<https://hal.science/hal-00385686>

Submitted on 19 May 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**STRUCTURATION EXTENSIVE ET TRANSTENSIVE
AU DEVONO-DINANTIEN DU BASSIN DE TIM MERSOÏ
(BORDURE OCCIDENTALE DE L'AÏR, NORD NIGER)**

M. KONATÉ^{1*}, M. DENIS², M. YAHAYA¹ ET M. GUIRAUD³

Résumé

L'étude tectono-sédimentaire préliminaire du bassin de Tim Mersoï confirme le contrôle exercé par les accidents majeurs N-S d'In Azaoua-Arlit, N30°E de Madaouéla et N70°E de Tin Adrar sur la géométrie du remplissage sédimentaire. Pour la période dévono-dinantiennne, deux phases majeures de structuration ont été mises en évidence : une phase extensive, multi-épisode (du Dévonien au Viséen supérieur) et une phase transtensive débutant au Viséen terminal. Ces deux phases tectoniques majeures sont responsables de l'ouverture polyphasée du bassin.

Pendant la phase extensive, la direction d'allongement qui était globalement N90°E au Dévonien, devient successivement N70°E puis N150°E au Viséen supérieur. Au cours de cette phase, les accidents majeurs précités ont été affectés, à des degrés divers, par des mouvements normaux. Au Tournaisien-Viséen inférieur, la succession

1 _____

* Correspondance : Moussa KONATÉ.

1 : Département de Géologie, Université Abdou Moumouni de Niamey, BP:10662, Niamey, NIGER.

2 : Equipe Bassins, UMR-CNRS 5243 Géosciences Montpellier, Université Montpellier II Place Eugène Bataillon, 34095 MONTPELLIER cedex 5, France.

3 : Biogéosciences-Dijon, UMR CNRS 5561, Université de Bourgogne, F21000 Dijon, France.

d'épisodes de glaciation et de déglaciation a localement perturbé, le régime des contraintes.

La phase transtensive du Viséen Terminal, caractérisée par des directions de compression N10° à N30°E et d'extension N100° à N120°E, est essentiellement contrôlée par la réactivation décrochante sénestre du Faisceau de Tin Adrar et le jeu normal du système de faille de Madaouéla. Cette tectonique transtensive synsédimentaire, contrôle étroitement la sédimentation de la Formation du Guézouman (faciès et géométrie des dépôts).

Mots clés : *Bassin de Tim Mersoï, Faille d'In Azaoua-Arlit, Faille de Madaouéla, Faisceau de Tin Adrar, Transtension.*

I – INTRODUCTION

À la suite des travaux des géologues de la COGEMA et du BRGM de 1957 à 1989, ceux de Valsardieu [28], de Sempéré [26], de El Hamet [10], de Forbes [13] et de Yahaya [30], de nombreuses questions relatives à l'évolution tectono-sédimentaire du bassin paléomésozoïque de Tim Mersoï restent posées.

En effet, les déformations qui affectent la couverture sédimentaire du socle anté-cambrien ne sont pas encore bien élucidées. Les travaux antérieurs les imputent, sur la base des données lithostratigraphiques et de sondages géologiques, aux rejeux successifs calédoniens, hercyniens puis alpins des accidents hérités tardi-panafricains de direction N-S (faille d'In Azaoua-Arlit), N70°E (faisceau de Tin Adrar) et N130°E affectant le socle sous-jacent.

Ces déformations induites dans la couverture ont été successivement reliées à :

- des mouvements épirogéniques pendant le Dévonien [1, 12] ;

- la phase sudète [26] ou intra-viséenne de Valsardieu [28], associée à une structuration extensive de l'Unité d'Akokan, en blocs basculés [31];

- un contexte de raccourcissement hercynien N110°E [26] au Namuro-westphalien [28, 29, 6];

- des épisodes distensifs et compressifs par saccades s'échelonnant du Permien jusqu'au Crétacé inférieur [28, 12, 14], attribués par Valsardieu [28] aux contrecoups du cycle alpin ;

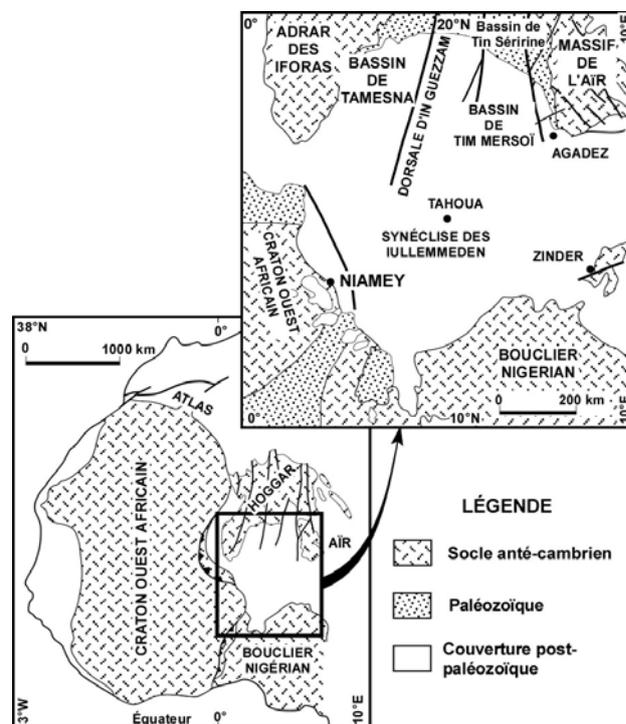
- la phase de compression fini-crétacée N130°E [15].

L'objectif de cette contribution est de discuter d'une part, pour la période dévono-dinantienne, des mécanismes tectoniques ayant contrôlé et structuré les séries sédimentaires, puis de proposer d'autre part, une chronologie, pour cette période, des événements tectoniques majeurs ayant affecté la bordure occidentale de l'Aïr.

II - CADRE PALÉOGÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE

Le bassin de Tim Mersoï correspond à une ramification vers le Nord de la synclise des Iullemmeden. Il se prolonge jusqu'en Algérie où il est connu sous le nom de synclinal de Tin Séririne (**fig. 1, 2 et 3**). Il est limité à l'Ouest par la dorsale d'In Guezzam et à l'Est par le massif de l'Aïr (**fig. 2 et 3**). Les réajustements tectoniques suivant les accidents N30°E induisent une structuration en "touches de piano", compartimentant la bordure occidentale de l'Aïr, en un ensemble de dorsales et de gouttières (**fig. 3**). On distingue respectivement d'Ouest vers l'Est, les dorsales : d'In Guezzam, d'In Allaren, d'Ibadanane, d'Afasto et de Takardaït. La dorsale d'In Guezzam à l'Ouest et le Massif de l'Aïr à l'Est marquent les limites du bassin de Tim Mersoï. Selon Valsardieu [28], cette structuration en gouttières et dorsales de

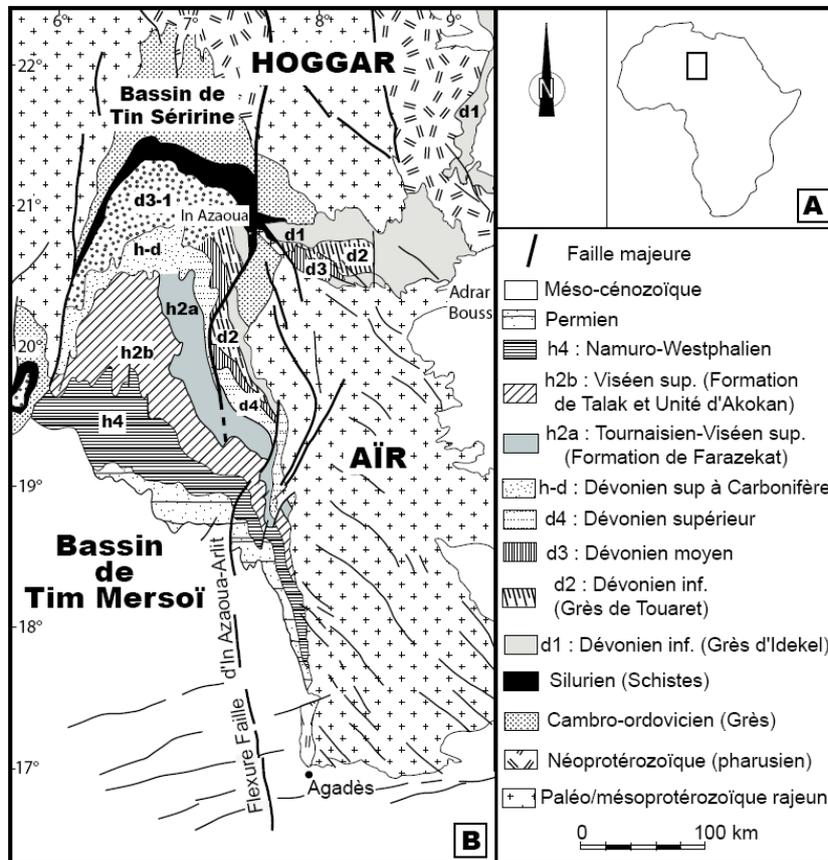
FIGURE 1 : Situation géographique du bassin de Tim Mersoï dans la synclise des Iullemmeden (Extrait de Wright et al., 1993, modifié).



différentes échelles (**fig. 3**) contrôle les processus d'érosion et de dépôt.

Le remplissage du bassin, essentiellement détritique, est discordant sur le socle anté-cambrien du Hoggar et de l'Aïr (**fig. 4**). Dans la région d'Arlit, objet de la présente étude, l'épaisseur maximale des dépôts est d'environ 1800 m [30]. De nombreux repères paléontologiques et surfaces de discontinuité majeure, mis en évidence [18, 19, 20] permettent de conclure que le remplissage de ce bassin s'est réalisé en quatre cycles successifs, du Cambrien jusqu'au Crétacé inférieur.

FIGURE 2 : A- Localisation du bassin de Tim Mersoï en Afrique. B - Carte géologique synthétique du bassin de Tim Mersoï / Tin Séririne (extrait de Greigert et Pognet, 1965).



(1) Le premier cycle, cambro-silurien, circonscrit au bassin synclinal de Tin Séririne, est constitué de dépôts continentaux ayant enregistré plusieurs incursions marines en provenance du Nord, et un épisode glaciaire à la fin de l'Ordovicien (fig. 4).

(2) Le second cycle dévono-carbonifère est caractérisé par l'importance des faciès de plate-forme continentale (**fig. 4**), en provenance du massif de l'Air au Nord-Est [28]. Dans cet épisode, les différents termes ainsi que la limite entre les dépôts dévoniens et carbonifères sont mal individualisés [18, 19, 20].

On note toutefois que :

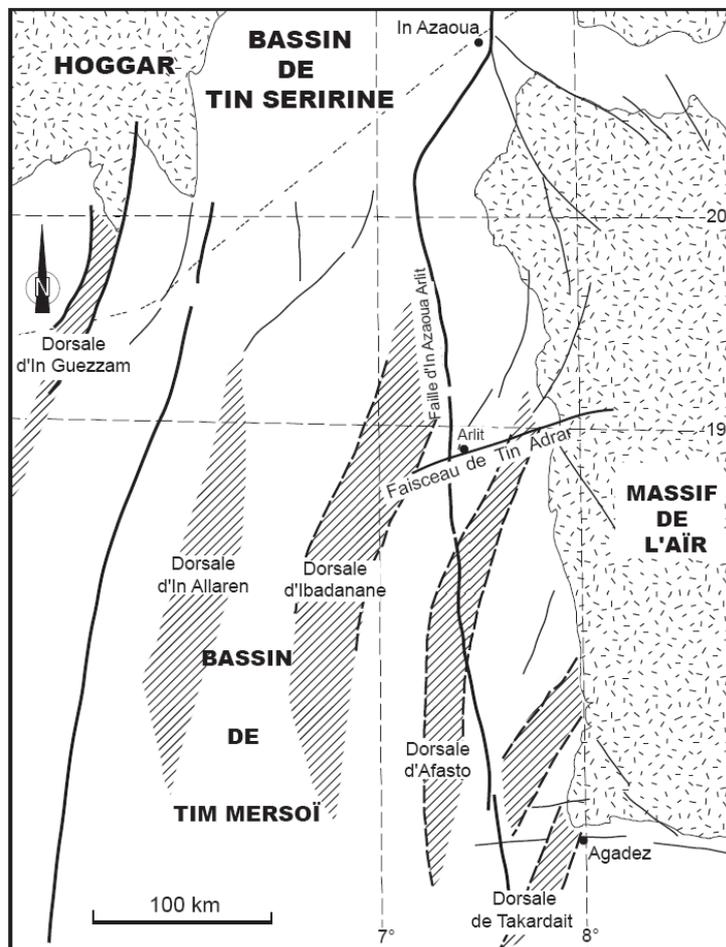
- le Dévonien a d'abord été continental avec du matériel grossier voire conglomératique à la base, puis margino-littoral à marin avec du matériel silto-argileux à fossiles et à abondante bioturbation [18, 19].

- au Dinantien (Tournaisien-Viséen) se sont déposés successivement :

- ✓ les grès de Farazekat (Tournaisien-Viséen inférieur) à caractère fluviatile puis glaciaire suite à un refroidissement régional [21];
- ✓ les argilites du Talak (Viséen supérieur), mises en place par une transgression marine, occupant alors toute la plate-forme saharienne [28] ;
- ✓ les dépôts grésos-argileux de l'Unité d'Akokan (Viséen supérieur), en concordance sur les argilites marines, annonçant l'arrivée d'une phase tectonique intra-viséenne, responsable de l'exondation, puis du décapage et des entailles importantes de la surface topographique à l'échelle régionale [28] ;
- ✓ la mégaséquence des dépôts fluvio-deltaïque du Guézouman (Viséen Terminal) ;

- au Carbonifère supérieur, les mégaséquences de dépôts fluvio-deltaïques du Blanchâtre-Tarat et du Madaouéla traduisent une reprise de sédimentation grossière avec des inondations rythmiques. Une lacune de sédimentation, durant tout le Stéphanien, a marqué la fin du Carbonifère [10].

FIGURE 3 : Schéma structural montrant le style tectonique en gouttières et dorsales associées aux principaux accidents du bassin de Tim Mersoï.



(3) Du Permien au Jurassique les dépôts du troisième cycle, à dominante fluvio-lacustre voire volcano-sédimentaire, proviennent des

contrées Sud à Sud Ouest du massif de l'Air [28, 23]. En effet, dès la fin du Permien, des produits d'éruptions volcaniques répétées jusqu'à la fin du cycle, viendront s'intégrer aux dépôts.

(4) Le quatrième cycle, débutant avec le Crétacé, correspond à un volumineux épandage argileux de l'Irhazer sur toute la région située entre le massif de l'Air et l'Adrar des Iforas. Les apports proviendraient de l'Ouest et du centre du bassin (dorsale d'In Guezzam), qui s'est progressivement relevé.

FIGURE 4 : Colonne lithostratigraphique du bassin de Tim Mersoï sur la bordure ouest de l'Air (M. Yahaya 1992, modifié).

ÈRES	PÉRIODES ÉPOQUES	GROUPES	FORMATIONS OU UNITÉS ET ÉCHELLE	COLONNE LITHOLOGIQUE			DESCRIPTION SOMMAIRE DES FACIÈS	MILIEUX	
				Arg.	Grès Calc.	Cgt.			
PALÉOZOÏQUE SUPÉRIEUR	Permien	Izégou- andane	F. Moradi				Argilites rouges à chenaux d'arkose	Fluvio- lacustre	
			F. Izégouande				Grès calcaires à lentilles d'argilites rouges		
	Carbonifère	Tagora sup.	U. Arit				Grès fins argileux	Fluvio- deltaïque	
			Madaouéla				Alternance de grès et d'argilo-siltites		
			Tarat				Grès grossiers et argilo-siltites		
		Tourm.	Térada sup. inf.	Blanchâtre				Argilites et grès argileux	Marin
				Gué zouman				Grès avec conglomérats à la base	
				Unité d'Akokan				Série de bancs gréseux en blocs basculés	
	Dévo- nien	Térada sup. inf.	F. Talak				Argilites noires feuilletées à niveau gréseux fossilifères	Glaciaire	
			Farazekat				Argilites à dropstones, grès à rides, conglomérats		
			Amesgueur				Grès grossiers passant aux tillites		
		Cambro- Ordovicien	In-Azaoua	Touaret				Dalle à Spirophyton Argilites / Grès	Marin
Idekel							Psammites fossilifères Grès à bois silicifié		
Schistes à Graptolites							Schistes calcaires à graptolites Schistes argileux et grès fins à rares tignilites		
PALÉOZOÏQUE INFÉRIEUR	Cambro- Ordovicien	In-Azaoua	F. d'In-Azaoua				Alternance de grès à tignilites et d'argilo-siltites	Marin	
			Tindi				Alternance de grès à tignilites et d'argilo-siltites		
PRÉCAMBRIEN			Timesgar				Conglomérats à intercalation de grès micacés	Fluviatile	
							Socle granito-gneissique		

III - ANALYSE STRUCTURALE

Les données cartographiques de la bordure occidentale de l'Aïr couplées à celles du terrain montre clairement que le bassin de Tim Mersoï est structuré en une gouttière synclinale, d'échelle régionale, affectée par des accidents cassants (failles), mixtes (flexures-failles), ou par des déformations plicatives de faibles amplitudes, associés à des discordances progressives (**fig. 5**).

3.1. Accidents cassants et mixtes : failles et flexures-failles

3.1.2. Système de failles N-S et accidents N30°E associés

Le système de faille N-S est représenté par la Flexure Faille d'In Azaoua-Arlit, accident crustal majeur à l'échelle régionale (**fig. 2, 3 et 5**). Les accidents de cette famille correspondent à des anciens décrochements tardi-panafricains, dont le rejeu dans la couverture sédimentaire, suivant les époques, s'exprime sous forme de faille, de flexure ou de flexure-faille.

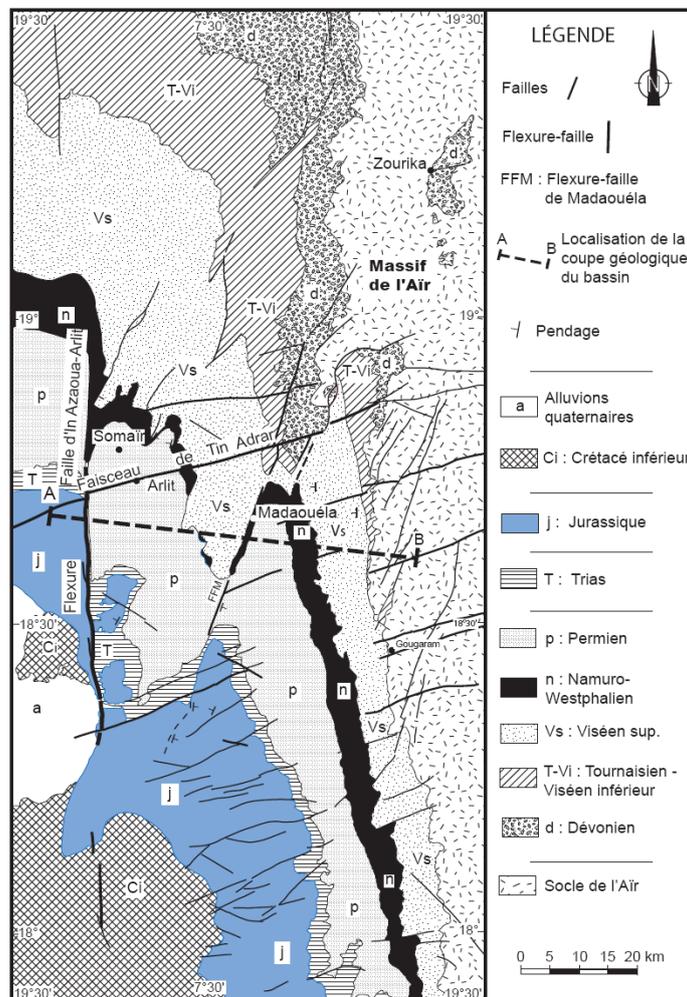
Les accidents N30°E, satellites du système précédent, représentés par la Flexure Faille N30°E de Madaouéla, n'apparaissent que dans la moitié Nord du Bassin de Tim Mersoï : entre le 18ème et le 19ème parallèle (**fig. 2, 3 et 5**). Ils s'interrompent au contact du linéament d'In Azaoua-Arlit et seraient liés, selon Sempéré [26], au fonctionnement de celui-ci.

Les deux accidents majeurs, Flexure Faille N-S d'In Azaoua-Arlit et N30°E de Madaouéla, contrôlent étroitement la structuration du Bassin de Tim Mersoï. Dans la région d'Arlit, ils délimitent un compartiment triangulaire en horst, pointé et basculé vers le Sud, appelé de façon imagée "Quart de Brie" par les anciens auteurs.

Le système de faille N-S, représenté par le linéament d'In Azaoua-Arlit a constitué un seuil paléogéographique important pendant la

sédimentation de la série carbonifère [27]. Il sépare un domaine Ouest-flexure abaissé (fig. 6), d'un domaine Est-flexure [27].

FIGURE 5 : Carte géologique du bassin de Tim Mersoï le long de la bordure occidentale du Massif de l'Aïr (d'après Joulia, 1963 & COGEMA, 1972; modifié).



3.1.3. Système de failles conjuguées N130-N140°E et N70-N80°E

Les failles N130-N140°E et N70-N80°E (Faisceau de Tin Adrar) représentent le deuxième type d'accidents cassants. Les accidents N130-N140°E constituent le réseau principal d'accidents dans le massif de l'Air. Ils seraient, selon Greigert et Pognet [16] d'origine tardi-panafricaine.

Les failles N70-N80°E seraient les conjuguées des accidents N130-N140°E. Elles apparaissent dans la moitié méridionale du bassin de Tim Mersoï (**fig. 2 et 5**). Selon Wright et al. [29], pendant le Carbonifère, les systèmes d'accidents N70-N80°E et N130-N140°E ont exercé un contrôle sur la sédimentation du Bassin de Tim Mersoï.

3.2. Structures plicatives

Les variations observées dans les secteurs de pendage des couches mettent en évidence des structures plicatives. D'après les données de sondages géologiques qui ont permis d'établir les coupes géologiques, les variations d'épaisseur et de pendage de certaines couches d'Ouest vers l'Est sont en rapport avec une activité tectonique synsédimentaire (cas des Formations de Talak, de Guézouman, de Tarat et surtout de Madaouéla-Arlit -**fig. 5**-).

Deux catégories de structures souples ont été distinguées :

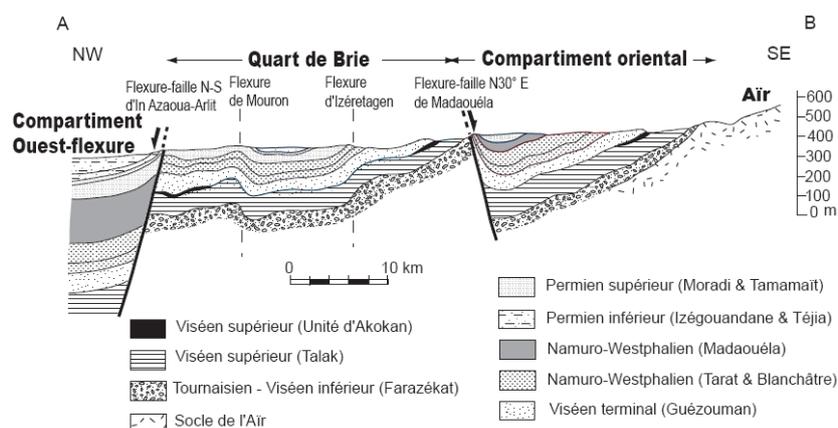
- les anticlinaux et synclinaux, dont les axes sont globalement parallèles au système d'accidents N30°E de Madaouéla;
- et les structures fermées (dômes) apparaissant généralement à l'intersection des accidents N30°E et des faisceaux N70-N80°E.

3.3. Géométrie d'ensemble du bassin de Tim Mersoï

Les données cartographiques, de l'imagerie satellitale et de terrain, de la bordure occidentale de l'Air mettent en évidence une disposition en onlaps successifs des séries d'âge viséen supérieur à permien inférieur

(fig. 2 et 5), qui serait en relation avec un bombement crustal, évoqué par Valsardieu [28].

FIGURE 6 : Coupe générale du bassin de Tim Mersoï dans la région d'Arlit (d'après document interne Cominak, 1989; modifié), voir trait de coupe sur la figure 5.



Plusieurs arguments confèrent au bassin de Tim Mersoï un caractère synsédimentaire :

- l'épaississement des séries paléozoïques des zones bordières vers le centre;
- la migration des dépôcentres du Nord vers le Sud, reliée à un basculement progressif des séries paléozoïques dans les zones bordières ;
- une réduction d'épaisseur sur les bordures faillées (ou non), associée à des onlaps.

L'analyse détaillée de la géométrie du remplissage permet de distinguer 3 compartiments :

- un compartiment occidental affaissé, en demi-graben, présentant des couches flexurées, ou étirées (fig. 6);

- un compartiment triangulaire médian ("**Quart de Brie**" des anciens auteurs), en position de horst, pointé et basculé vers le Sud, présentant une alternance de dômes anticlinaux et de gouttières synclinales, associées aux flexures-failles de Mouron et d'Izéretagen (**fig. 6**).

- et un compartiment oriental, en demi-graben synclinal dissymétrique, dont l'axe est localisé au voisinage de la Faille N30°E de Madaouéla (zone tectoniquement active) et remarquablement parallèle à celle-ci (**fig. 6**). Au contact de cette dernière, les couches sont fortement redressées (**fig. 6**). Les bancs présentent une importante réduction d'épaisseur entre le flanc actif du synclinal (au contact de la Faille de Madaouéla) et son flanc oriental (bordure de l'Aïr). Vers l'Est, les couches se terminent en onlaps sur la bordure de l'Aïr (**fig. 6**). Le cœur du synclinal est occupé par des dépôts permien. Vers le Sud, les structures synclinales sont cachetées par des terrains du Crétacé inférieur (**fig. 5**).

Le basculement généralisé des couches vers l'Ouest (**fig. 5 et 6**) démontre l'épaississement de la série paléozoïque vers le centre du bassin à l'Ouest (**fig. 6**).

3.4. Caractérisation des déformations

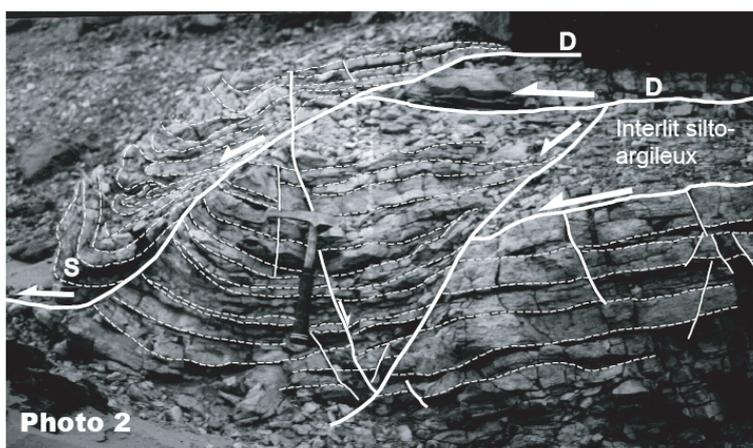
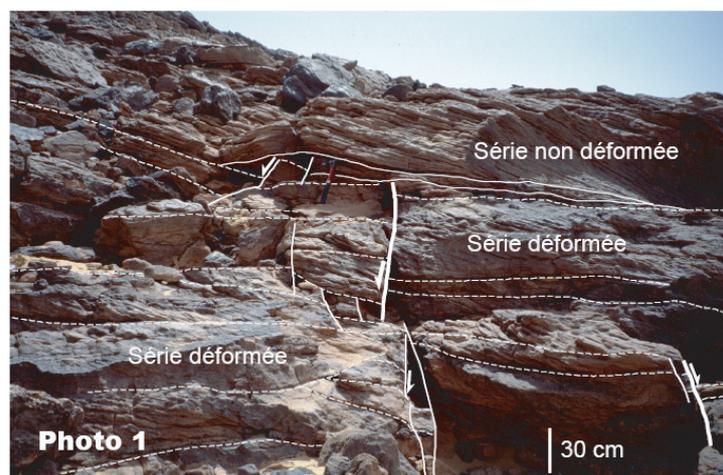
L'analyse structurale se focalise sur la caractérisation des déformations syn-lithification dans les assises dévoniennes, dans la série du Tournaisien-viséen inférieur et dans les formations du Viséen supérieur.

3.4.1. Déformations *syndimentaires* dans le Dévonien

Dans le Bassin de Tim Mersoï, les niveaux dévoniens sont affectés par des failles normales à rejet centimétrique à décimétrique (**photo 1, planche 1**). Localement, les miroirs de ces microfailles présentent une génération de stries hydroplastiques, le plus souvent cannelées (**photo 1, planche 1**). Ces microfailles normales ont été mises en évidence dans plusieurs secteurs : sur le flanc Est du Mont Térađa (localisation **fig. 7, stm09**), à la sortie du Cori Ténabsar (localisation **fig. 7, stm10**),

PLANCHE 1 : Photo 1 : Système de microfailles normales synsédimentaires dans les dépôts dévoniens (secteur de Deguerfinaou, localisation Stm28, **fig. 7**). La déformation est cachetée par les niveaux supérieurs post-tectoniques. **Photo 2** : Plis gavitaires "collapse structure" dans le Viséen supérieur (Unité d'Akokan) - localisation Stm07, **fig. 7**. **D** : décollement gravitaire; **S** : synclinal dysharmonique d'axe N70°E.

Planche 1



sur le Mont Idekel (localisation **fig. 7**, stm27), à la sortie du Cori (Oued) Mamanat (localisation **fig. 7**, stm25), ainsi que dans le secteur de Deguerfinaou (localisation **fig. 7**, stm28).

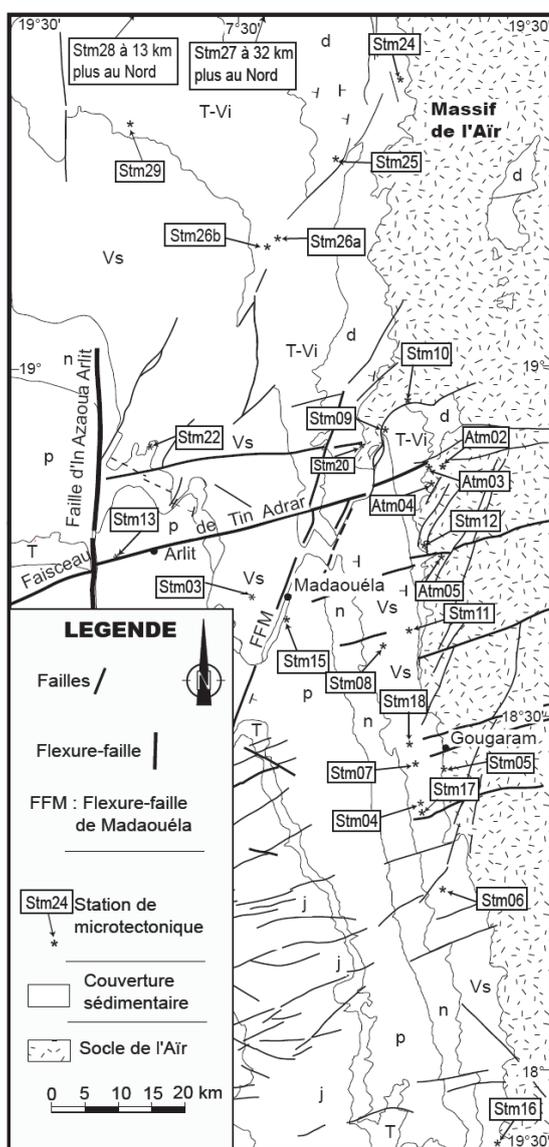
Dans ce dernier secteur, l'interaction tectonique/sédimentation a permis de distinguer une série syn-tectonique et une série post-tectonique (**photo 1, planche 1**). Dans la première série, le caractère synsédimentaire de la microfracturation est attesté par les variations d'épaisseur des dépôts gréseux, de part et d'autre des plans de failles et par l'amortissement de celles-ci, qui sont cachetées par les niveaux supérieurs post-tectoniques. Des biseaux sédimentaires sont parfois associés à des petites failles normales synsédimentaires N30°E. Localement, les microfailles sont associées à des fentes de tension subverticales d'orientation N20°E (**photo 1, planche 1**).

Deux directions principales de microfracturations ont été distinguées : la direction N-S à N50°E correspondant à des microfailles normales et la direction N70° à N130°E représentée par des failles décrochantes sénestres ou normales à composantes sénestres. Ces différentes observations microtectoniques sont compatibles avec une extension E-W.

3.4.2. Déformations syn-lithification dans la Formation du Talak (Viséen supérieur)

Les dépôts marins de la Formation du Talak sont affectés par des microfailles normales N20-N40°E (système de Madaouéla), N70-N90°E (Faisceau de Tin Adrar) et N130-N150°E, associées localement à des variations d'épaisseur des lits sédimentaires (**fig. 7**, localisation Cori Chirrat). L'atténuation vers le haut du rejet vertical de ces microfailles témoigne du caractère synsédimentaire de cette fracturation. Dans le secteur de Roffi (localisation **fig. 7**, stm07), les miroirs des microfailles normales N20 à N40°E portent des stries cannelées bien marquées. La

FIGURE 7 : Schéma structural et carte de localisation des stations de microtectonique dans le bassin de Tim Mersoï.



mise en place de la Formation du Talak est donc contemporaine des jeux normaux des accidents N20-N40°E, N70-N90°E et N130-N150°E.

Les argilites marines du Talak passent progressivement à des dépôts gréseux fins à silteux de l'Unité d'Akokan. Ils sont séparés de la formation surincombante du Guézouman par une discontinuité érosive, largement représentée dans la région; ce qui est un argument pour leur rattachement au même cycle sédimentaire [31] et tectonique que l'Unité d'Akokan.

3.4.3. Déformations synsédimentaires dans l'Unité d'Akokan (Viséen supérieur)

Les dépôts gréseux fins tidaux de l'Unité d'Akokan remplissent des petits bassins d'élongation N50°E, limités par des failles d'orientation N50° à N70°E. En affleurement, ces dépôts se présentent sous forme de "barres monoclinales", plus ou moins déformées en demi-dôme, dont les bancs sont basculés de 20° à 40° vers le Sud Est. Cette structuration de l'Unité d'Akokan résulte du jeu normal synsédimentaire des accidents bordiers N50° à N70°E.

L'analyse microtectonique détaillée met en évidence la coexistence de deux styles de déformation :

- ✓ Une structuration plicative localisée, marquée par des plis gravitaires (collapse structure), associés à des duplex extensifs (**photo 2, planche 1**). Ces types de structures traduisent la rhéologie ductile du matériel déformé, ainsi que la nature précoce de cette déformation.
- ✓ Une structuration extensive représentée par des systèmes de failles normales N50° à N70° E associées à des joints de cisaillements conjugués de même orientation, présentant un dispositif en dièdres extensifs (**photo 3, planche 2**). Dans le secteur de Roffi (localisation Stm07, **fig. 7**), les joints de cisaillement fonctionnent de plus en plus en normale, au fur et à mesure que l'on s'approche

de la faille principale. Les miroirs de failles portent des stries indiquant des jeux essentiellement normaux (pitch > 50°).

Toutes ces structures sont cachetées par la Formation gréseuse du Guézouman sous une importante discordance d'échelle régionale (**photo 3, planche 2**).

3.4.4. Déformations synsédimentaires dans la Formation du Guézouman (Viséen supérieur)

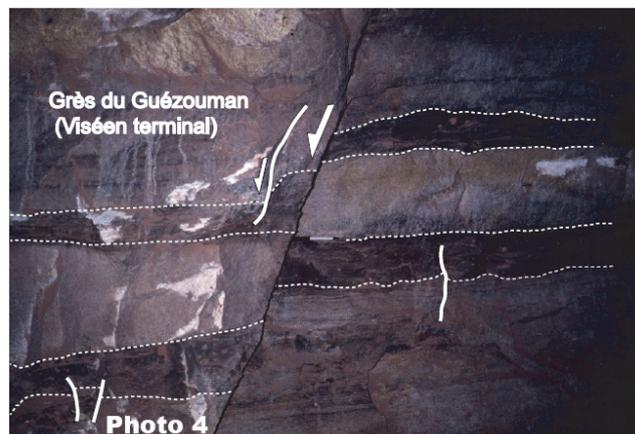
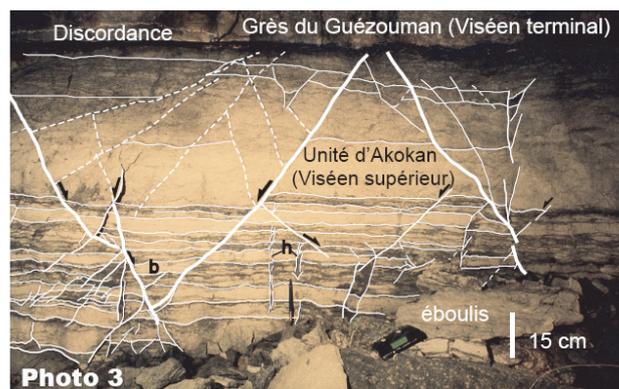
À l'échelle de l'affleurement ou dans la mine d'Akouta (Cominak), les dépôts de la Formation du Guézouman sont affectés par trois familles d'accidents :

- la première famille N10° à N40°E est représentée par des failles normales ayant un pendage de 45 à 75°, généralement orienté vers l'Ouest. Ces failles présentent le plus souvent un profil courbe (listrique) qui s'amortit vers le bas par affaiblissement du pendage et par convergence avec le plan de stratification. Leur jeu, relativement conjugué à celui de la Flexure-faille d'In Azaoua-Arlit, située plus à l'Ouest, traduit leur activité synsédimentaire. Pour la plupart des plans de faille, les stries de glissement ont un pitch faible (< 45°), ce qui signifie que ces failles ont une composante décrochante bien marquée : sénestro-normale (accidents N30° à N40°E) et normale dextre (accidents N-S à N10°E). Dans le secteur de N'Tadénawin (localisation Stm06, **fig. 7**), des séismites ont été observées au voisinage d'une grande faille synlithification d'orientation N40°E, à jeu normal sénestre.
- la seconde famille d'accidents N70° à N90°E (Faisceau de Tin Adrar) correspond à des accidents à composante décrochante sénestre,
- la troisième famille N130°E à N150°E est représentée par des décrochements dextres.

Le caractère synsédimentaire de ces trois familles d'accidents est attesté par l'amortissement de leur rejet vers le haut et par leur fossilisation par des niveaux supérieurs de la même série (**photo 4, planche 2**).

PLANCHE 2 : Photo 3 : Réseau de microfailles normales syn-sédimentaires d'orientation N50°E à N80°E, affectant l'Unité d'Akokan. Les niveaux gréseux fins présentent un boudinage (**b**). Localement se développent des microfailles hydroplastiques (**h**), caractérisées par des bandes de déformations plus larges. Les joints de cisaillement sont représentés en tiretés. Toutes ces déformations sont cachetées par les grès du Guézouman. **Photo 4** : Microfailles normales et inverses syn-sédimentaires d'orientation N30°E (système de Faille de Madaouéla) affectant les grès du Guézouman.

Planche 2



3.5. Détermination des états de paléocontraintes

L'analyse microtectonique a été réalisée au niveau de 28 stations qui se répartissent dans des zones sélectionnées de déformations cassantes à semi-ductiles, affectant les assises dévono-carbonifères de la bordure occidentale de l'Air (**fig. 7**). Elle a consisté à observer, à analyser puis à mesurer les éléments géométriques qui caractérisent les plans de microfailles striés (directions et pendages des plans striés, pitch et secteur de plongement des stries, sens de mouvement). Environ 400 plans de microfailles striés ont été mesurés puis traités automatiquement pour déterminer les différents paléotenseurs de contraintes.

La chronologie des différentes familles de tenseurs de paléocontraintes a été établie en se basant sur de nombreux critères géométriques : recoupement de stries, fracturations cachetées, tri par incompatibilité et par élimination. Selon le caractère syn- ou post-sédimentaire d'une microfaille, les mesures de terrain ont été triées manuellement, puis traitées par la méthode Etchecopar [11]. Cette méthode permet de séparer la population de N stries d'une station donnée en différents ensembles de striations N1, N2 et N3, générées pendant des événements tectoniques successifs, définis par des tenseurs de contraintes T1, T2 et T3. L'étude microtectonique a permis de reconstituer les champs de paléocontraintes correspondant à chaque épisode de déformation et de préciser la cinématique des accidents majeurs pendant la période dévono-dinantienne.

3.6 - Champs de paléocontraintes

Les différents tenseurs de paléocontraintes calculés sont ensuite reportés sur la carte du bassin, de manière à visualiser l'étroite relation entre les directions dominantes de leurs trajectoires avec celles des failles majeures pouvant être activées. Chaque tenseur est représenté par une pastille caractérisée par le numéro de la station de référence, la direction de la contrainte dominante et le rapport R qui détermine le

type de tenseur (**fig. 8, 9 et 10**). Le champ de paléocontraintes correspondant à chaque épisode de déformation a ainsi été reconstitué.

3.6.1 - Épisode extensif synsédimentaire dévonien

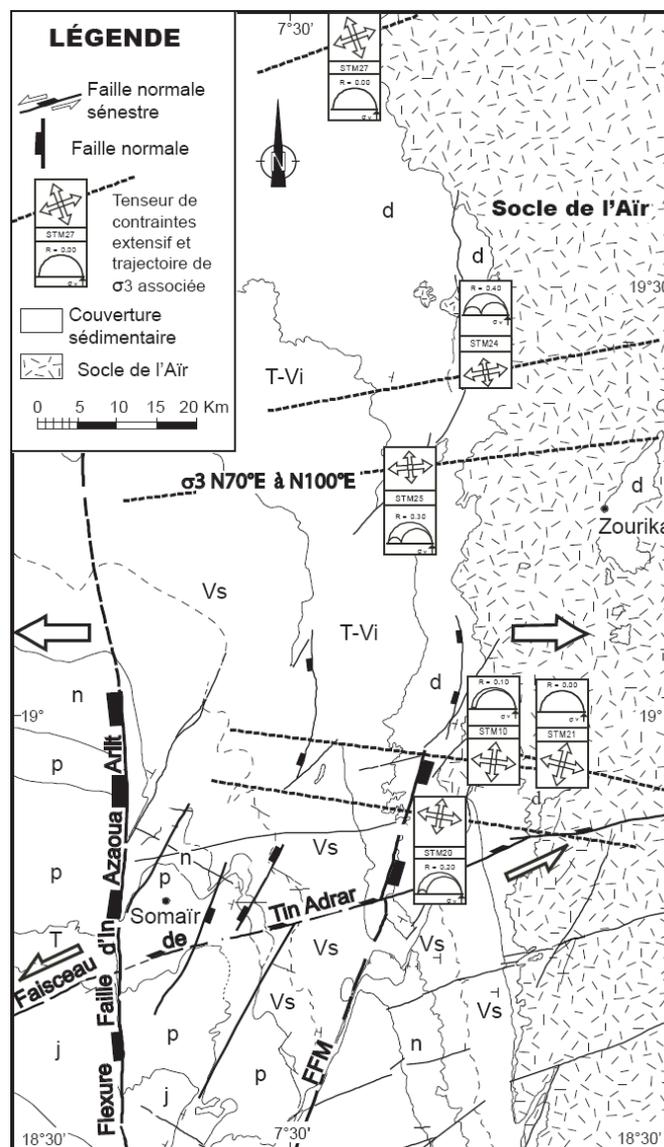
Le report cartographique des tenseurs de paléocontraintes dévoniens met en évidence une phase d'extension, caractérisée par des trajectoires de la contrainte σ_3 globalement E-W (**fig. 8**). Cette phase d'extension est responsable de la réactivation en normale des systèmes d'accidents : N-S d'In Azaoua-Arlit, N30°E de Madaouéla et des rejeux normaux sénestres du Faisceau de Tin Adrar d'orientation N70° à N80°E. Ce dernier semble jouer un rôle paléogéographique important en favorisant l'ouverture du bassin au Nord et l'individualisation de zones hautes au Sud. Les biseaux sédimentaires du dévonien sont associés au jeu normal synsédimentaire du Faisceau de Tin Adrar.

3.6.2 - Épisode Extensif synsédimentaire du Viséen supérieur

La reconstitution des paléochamps de contraintes correspondant à la phase tectonique du Viséen supérieur met en évidence deux épisodes de déformations extensives (**fig. 9**).

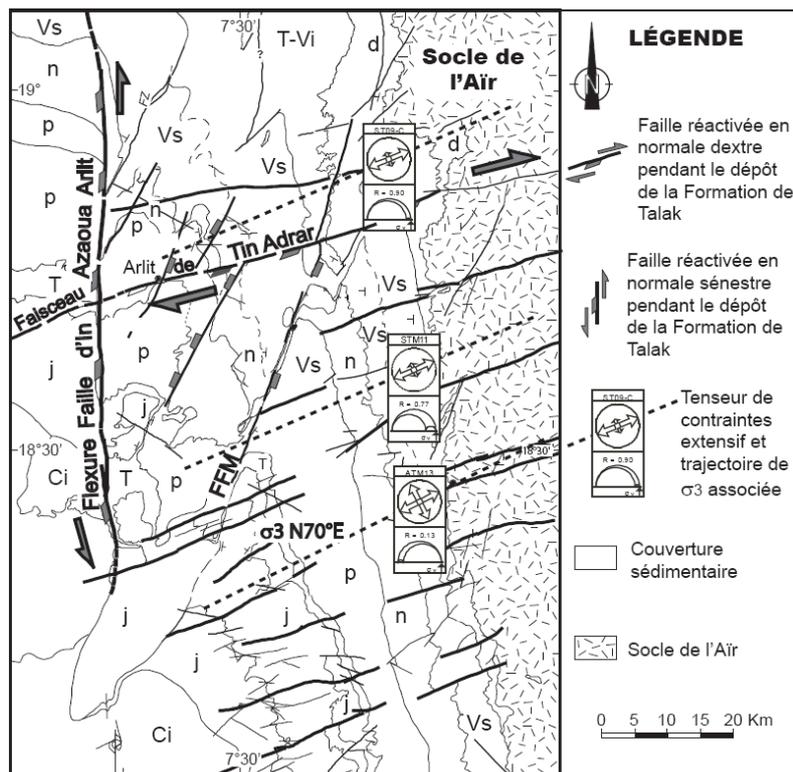
Le premier épisode est défini par des trajectoires de la contrainte horizontale σ_3 N70°E, obliques par rapport à l'accident majeur d'In Azaoua-Arlit et subparallèles au Faisceau de Tin Adrar (**fig. 9**). Cette orientation des trajectoires de σ_3 suggère, respectivement un jeu normal à composante sénestre de l'accident N-S d'In Azaoua-Arlit et normal dextre du Faisceau de Tin Adrar. Cet épisode est synchrone de la mise en place des dépôts de la Formation de Talak et de l'Unité d'Akokan. Ces observations, en accord avec les travaux de Yahaya et Lang [31], soulignant que le jeu continu des accidents N60°E à N80°E (système de failles de Tin Adrar) entraîne une structuration extensive en blocs basculés de l'Unité d'Akokan. Cette structuration particulière

FIGURE 8 : Champ de paléocontraintes relié à la phase extensive dévonienne à allongement N70° à N100°E.



résulterait du jeu normal des failles listriques N50° à N80°E, qui, du fait de la plasticité des niveaux argileux du Talak, se raccorderaient en profondeur avec un niveau de décollement.

FIGURE 9 : Carte de distribution des tenseurs liés à la phase extensive du Viséen supérieur.



Cette tectonique extensive, caractérisant le Viséen supérieur, a déjà été évoquée par Sempéré [26], qui a montré que le jeu normal des accidents N70-N80°E témoigne d'une épirogénie importante, où ce sont les compartiments sud qui s'enfoncent. Ce qui occasionnerait la fragmentation et l'affaissement progressif des masses continentales méridionales.

3.6.3 - Phase transtensive du Viséen Terminal (Syn-Guézouman)

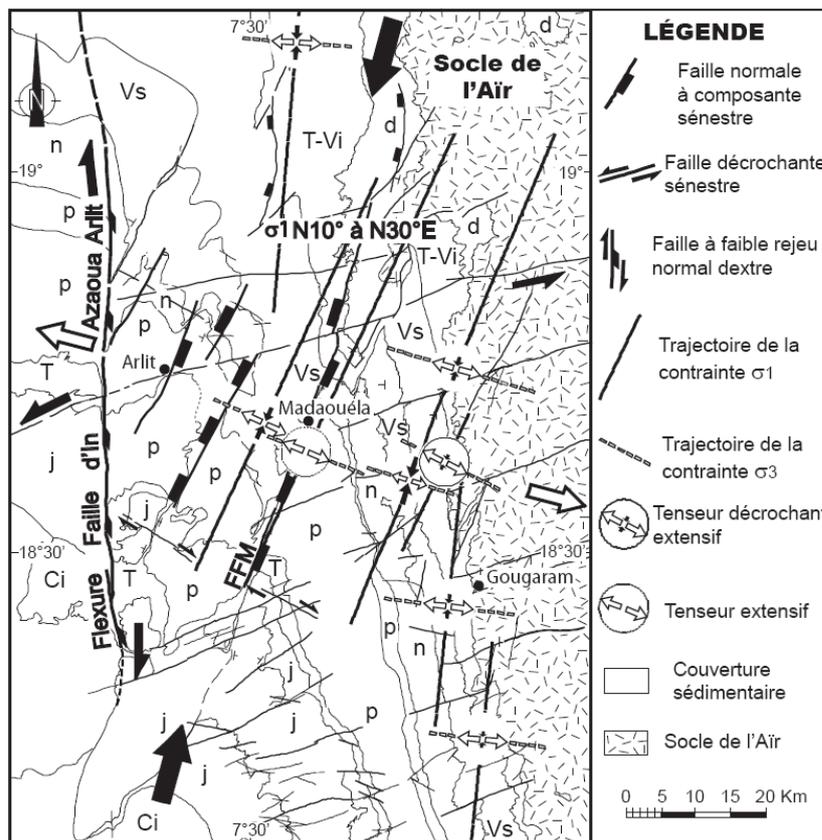
La distribution des tenseurs de contraintes transtensifs détermine des trajectoires de σ_1 orientées N10 à N30°E, obliques par rapport à l'accident majeur N-S d'In Azaoua-Arlit et au Faisceau de Tin Adrar, subparallèles à la Faille N30°E de Madaouéla (**fig. 10**).

Cette orientation des trajectoires de σ_1 met en évidence des réactivations : normale dextre de l'accident d'In Azaoua-Arlit, normal sénestre du système d'accidents de Madaouéla, décrochante sénestre du Faisceau de Tin Adrar et décrochante dextre des accidents N130-N150°E (**fig. 10**).

L'extension NW-SE développée par ce régime, est principalement guidée par le rejeu normal à normal sénestre de la Faille N30°E de Madaouéla et décrochant sénestre du Faisceau N70°E de Tin Adrar (**fig. 10**). Par contre, la direction N-S représentée par la Flexure-faille d'In Azaoua-Arlit a été faiblement réactivée en normal dextre dans le nouveau champ de contraintes établi (**fig. 10**). Cette dernière observation est en accord avec le rapport de la Cominak [8], soulignant le fait que la direction tectonique N-S est pratiquement restée inactive pendant le dépôt de la Formation du Guézouman. Ce qui est compatible avec les observations de Valsardieu [28] mentionnant les épaisseurs constantes du Guézouman de part et d'autre de la Flexure Faille d'In Azaoua-Arlit. Le système d'accidents N70°E exerce le contrôle direct de la sédimentation du Guézouman. En effet, le jeu sénestre du Faisceau N70°E de Tin Adrar entraîne la formation d'ondulations, dont les

gouttières synclinales canalisent les principaux écoulements du Guézouman.

FIGURE 10 : Champ de paléocontraintes relié à la phase transtensive du Viséen Terminal (syn-Guézouman).



La tectonique transtensive avec σ_1 orientée N10° à N30°E est comparable à la phase de compression N40°E, d'âge viséen, identifiée

en Algérie dans l'Ougarta par Blès [4], dans le Bassin de Béchar par Conrad et Lemosquet [9], dans le Bassin d'Illizi par Boudjema [5] et dans le Bassin d'Ahnet par Zazoun [32]. Cette même phase de compression a été décrite au Maroc par Ribeyrolles et Lavenu [25], Piqué et Michard [24].

IV - DISCUSSION / CONCLUSION

L'évolution géodynamique du bassin de Tim Mersoï, pendant la période dévono-dinantienne, se caractérise par deux stades de structuration : le premier extensif, du Dévonien au Viséen supérieur, multi-épisode, responsable de l'ouverture polyphasée du bassin, et le second transtensif au Viséen Terminal (**fig. 11**).

Stade d'extension

Pendant le Dévonien, la structuration du bassin de Tim Mersoï est caractérisée par une tectonique distensive Est-Ouest. Elle est principalement contrôlée par le jeu normal sénestre du Faisceau de Tin Adrar qui sépare deux domaines distincts : l'un affaissé au Nord et l'autre surélevé au Sud. L'approfondissement du domaine nord favorise l'épaississement de la série dévonienne, tandis que dans le domaine méridional, l'épaisseur des dépôts se réduit progressivement, d'où la terminaison en onlaps de la série dévonienne, au Sud du Faisceau de Tin Adrar (**fig. 5 et 11**).

Au Tournaisien-Viséen inférieur, la structuration a été, dans une moindre mesure, influencée par la succession d'épisodes de glaciation et de déglaciation. La fonte glaciaire provoque à l'échelle du bassin de Tim Mersoï un soulèvement relatif de la région. Cette déglaciation est associée à une remontée eustatique, favorisant l'envasement de la plate-forme continentale par les eaux marines. C'est dans ce contexte, qu'au Viséen supérieur, se serait mis en place les argilites du Talak, dans un régime d'extension généralisé. Le système de failles N50° à

N80°E accommode l'effondrement, avec un jeu normal (fig. 9), favorisant la création d'espace disponible dans lequel s'accumule les argilites du Talak et les dépôts silto-gréseux de l'Unité d'Akokan.

FIGURE 11 : Tableau montrant l'évolution des paléochamps de contraintes dans la série dévono-dinantienne du bassin de Tim Mersoï.

Age des épisodes	Direction des contraintes	Jeux des accidents majeurs
Viséen Terminal (syn-Guézouman) Phase de transtension		
Viséen Supérieur (syn-Unité d'Akokan) Phase d'extension		
Viséen Supérieur (syn-Talak)		
Dévonien Phase d'extension		

Stade de transtension

L'effondrement du bassin amorcé au cours des épisodes extensifs précédents se serait poursuivi dans un régime en transtension, avec la contrainte σ_1 horizontale d'orientation moyenne N25°E et σ_3 N115°E. La structuration du bassin est essentiellement contrôlée par le jeu normal sénestre des accidents N30°E, comme celui de Madaouéla et par l'activation décrochante sénestre des accidents N70°E du Faisceau de Tin Adrar (**fig. 10**).

Les directions moyennes des écoulements ont une disposition divergente par rapport au massif de l'Air (principale source de matériel détritique) et s'organisent parallèlement aux accidents N70°E. Cette observation montre que les directions d'écoulements sont liées aux paléopentes, contrôlées par l'activation synsédimentaire des accidents N70°E.

Le bassin de Tim Mersoï est à cette époque principalement soumis à l'érosion et était faiblement déformé par un régime transtensif marquant l'initiation d'un régime en compression hercynien.

Les idées développées dans cette étude apportent une contribution sur l'évolution structurale du bassin de Tim Mersoï.

REMERCIEMENTS

Ces résultats ne peuvent être obtenus sans les moyens logistiques déployés par les sociétés et compagnies minières (SOMAÏR, COMINAK et COGEMA-NIGER) et sans la particulière attention de leurs responsables géologiques et administratifs, qui n'ont ménagé aucun effort pour la réussite de nos différentes missions de terrain. Nous adressons à eux ainsi qu'à leurs collaborateurs, nos très sincères remerciements.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **BEUF, S., BIJU-DUVAL, B.-Y., CHARPAL, O., ROGNON, P., CARIEL, O.,** et **BENNACEF, A.**, 1971. Les grès du paléozoïque inférieur au Sahara. Sédimentation et discontinuités. Évolution structurale d'un craton. *Publication Institut Français du Pétrole*, France, 18, 464 pp.
- [2] **BIJU-DUVAL, B.-Y., DEYNOUX, M.,** et **ROGNON, P.**, 1974. Essai d'interprétation des "fractures en gradins" observées dans les formations glaciaires précambriennes et ordoviciennes du Sahara. *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique* (2), Vol. XVI, Fasc. 5, Paris, 503-512.
- [3] **BIGOTTE, G.,** et **OBELLIANE, J.M.**, 1968. Découverte de minéralisations uranifères au Niger. *Mineral Deposita*, 3, p.317-333.
- [4] **BLES, J.L.**, 1969. Les relations des microfractures avec le plissement dans la région du Djebel Ben Tadjine et au 'km 30' (Chaînes d'Ougarta-Sahara occidental, Algérie). Publication Service Géologique Algérie 39, 193-204.
- [5] **BOUDJEMA, A.**, 1987. *Évolution structurale du bassin pétrolier 'triasique' du Sahara Nord Oriental (Algérie)*. Thèse Doctorat Etat, Paris XI-Orsay, France, 290p.
- [6] **CLERMONT, J., YAHAYA, M., LANG J.,** et **OUMAROU J.**, 1991. Un bassin paléozoïque et mésozoïque dans une zone en décrochement: le Tim Mersoï dans la région d'Arlit, à l'Ouest de l'Air (Niger). *C.R. Acad. Sc. Fr.*, Paris, t. 312, Série II, p.1189-1195.
- [7] **COGEMA**, 1977. Carte géologique au 1/200 000 d'Afasto et notice explicative. Direction Mines et Géologie, Niamey, 31p.
- [8] **COMINAK**, 1989. « Présentation du gisement d'Akola ». Rapport interne, inédit, 32 pages.
- [9] **CONRAD, J.,** et **LEMOQUET, Y.**, 1984. Du craton vers sa marge : évolution sédimentaire et structurale du bassin Ahnet-Timimoun-Béchar (Sahara algérien) au cours du Carbonifère. Données paléoclimatiques. *Bulletin Société Géologique France*, Série 7, 26 (6), 987-994.

-
- [10] **EL HAMET, M.O.**, 1983. *Analyse géologique et pétrographique de la formation de Tarat dans les carrières Somaïr (Paléozoïque supérieur. Essai d'interprétation paléoclimatique à la lumière de l'épisode glaciaire dévono-carbonifère.* Thèse spécialité Université de Dijon et Niamey, 279 pages.
- [11] **ETCHECOPAR, A.**, 1984. *Études des états de contraintes en tectonique cassante et simulations de déformations plastiques (approche mathématique).* - Thèse Doctorat d'Etat, Montpellier, non publié, 270 p.
- [12] **FABRE, J.**, 1988. Les séries Paléozoïques d'Afrique: une approche. *Journal of African Earth Science*, vol.7, N° 1, p.1-40.
- [13] **FORBES, P.**, 1989. *Rôles des structures sédimentaires et tectoniques, du volcanisme alcalin régional et des fluides diagénétiques-hydrothermaux pour la formation des minéralisations à U-Zr-Zn-V-Mo d'Akouta (Niger).* Thèse Université Bourgogne 1988 et Mémoire CREGU n°17, 375p.
- [14] **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. Fr.*, 162, n°5, 811-823.
- [15] **GUIRAUD, R.**, **BOUREÏMA O.** et **ROBERT J.-P.**, 1981. Mise en évidence de déformations traduisant un raccourcissement dans le Mésozoïque de la périphérie de l'Aïr (Niger). *Comptes-Rendus Académie des Sciences*, Paris, t. 292, série II, p.753-756.
- [16] **GREIGERT, J.** et **POUGNET, R.**, 1967. Essai de description des formations géologiques de la république du Niger. Publication Direction des Mines et de la Géologie, Niger, n°3, 273 p.
- [17] **JOULIA, F.**, 1957. Sur l'existence d'un important système de fractures intéressant le Continental intercalaire à l'Ouest de l'Aïr (Niger, A.O.F). *Bulletin de la Société Géologique de France*, p.137-143.
- [18] **JOULIA, F.**, 1959. "Les séries primaires au N et au NW de l'Aïr (Sahara central). Discordances observées. *Bulletin de la Société Géologique de France*, p. 192-196.

- [19] JOULIA, F., 1963. Carte géologique de reconnaissance de la bordure sédimentaire occidentale de l'Aïr au 1/500 000. *Éditions du BRGM, Orléans, France.*
- [20] JOULIA, F., ET OBELLIANNE, J. M., 1976. Levers géologiques à l'ouest de l'Aïr. COGEMA, inédit.
- [21] LANG, J., YAHAYA, M., EL HAMET, M. O., BESOMBES, J.-C., ET CAZOULAT, M. 1991. Dépôts glaciaires du Carbonifère inférieur à l'Ouest de l'Aïr. *Geologie Rundschau* **80** (3), 611-622.
- [22] LESSARD, L., 1961. Les séries primaires des Tassilis Oua-n-Ahaggar au sud du Hoggar entre l'Aïr et l'Adrar des Iforas (Sahara méridional). *Bulletin de la Société Géologique de France*, **7**, III, 506-513.
- [23] PACQUET, A., 1968. Analcime et argiles diagénétiques dans les formations sédimentaires de la région d'Agadès (République du Niger). *Mémoire Carte géologique Alsace- Lorraine*, n° 27, 221pages.
- [24] PIQUE, A., ET MICHARD, A., 1981. Les zones structurales du Maroc hercynien. *Sciences Géologiques Bulletin* **34**, 135-146.
- [25] RIBEYROLLES, M. ET LAVENU, A., 1976. Etude tectonique et microtectonique d'un segment de chaîne hercynienne dans la partie sud orientale du Maroc central (région située entre Khenifra et Kef En Nsour). *Notes Mémoires Service Géologique Rabat* **261**, 57-111.
- [26] SEMPERE, T., 1981. Le contexte sédimentaire du gisement d'uranium d'Arlit (République du Niger). *Mémoire Thèse, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris*, 374 pages
- [27] TAUZIN, P., 1981. Cadre géologique des gisements d'uranium de la bordure orientale du bassin sédimentaire du Tim Mersoï. *Rapport interne Minatome*, 15 pages.
- [28] VALSARDIEU, C., 1971. Etude géologique et paléogéographique du Bassin de Tim Mersoï, région d'Agadès (République du Niger). *Thèse, Nice, Rapport CEA-R-4115*, 518 pages.

-
- [29] **WRIGHT, L. I., BRANCHET, M., ET ALISSO, I.,** 1993. Notice explicative de la carte géologique du bassin houillier d'Anou Araren / Solomi. *Ministère des Mines et de l'Énergie*, Niger, 20 pages.
- [30] **YAHAYA, M.,** 1992. Dynamique sédimentaire du Guézouman et des formations viséennes sous-jacentes en liaison avec la tectonique, le volcanisme et le climat. Mémoire Thèse Université de Bourgogne, 355 pages
- [31] **YAHAYA, M., ET LANG, J.,** 2000. Évolution tectono-sédimentaire de l'Unité d'Akokan au cours du Viséen dans le bassin de Tim Mersoï (région d'Arlit, Niger). *Journal of African Earth Science*, vol. 31, No. 2, 415-431.
- [32] **ZAZOUN, R. S.,** 2001. La tectogenèse hercynienne dans la partie occidentale du bassin de l'Ahnet et la région de Bled El-Mass, Sahara algérien: un continuum de déformation. *Journal of African Earth Science*, vol. 32, No. 4, 869-887.