

Modélisation magnétique des filons subméridiens de l'ensemble Yetti-Eglab (Dorsale Réguibat): conséquences géodynamiques concernant la marge orientale du craton ouest-africain.

Jean-Pierre LEFORT*, Tahar AïFA* et Mohammed OUDDANE**

*Géosciences-Rennes, Université de Rennes I, *Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cédex (France)*,

**ORGM, Division régionale Ouest, *ZI, BP119, Sidi-Bel-Abbès (Algérie)*.

Résumé: La modélisation magnétique des filons orientés Nord - Sud dans deux zones tests de l'ensemble Yetti-Eglab (Sahara algérien), situé dans la partie orientale de la dorsale Réguibat, montre que la plupart d'entre eux ont un pendage vers l'Est. La convergence qui semble exister entre modélisations magnétiques et gravimétriques, ainsi que la régularité de l'espacement entre les zones où les failles et les filons sont les plus concentrés, rappelle ce qui est connu sur les marges continentales en extension. On suppose qu'il a existé des blocs basculés, limités par les filons de dolérites et de rhyolites, dont le sommet a été postérieurement érodé là où il n'existe pas de couverture de type Hank. Quand elle existe, la couverture montre la présence d'anticlinaux générés par l'arête des blocs. Cette marge se serait développée vers 850 Ma à l'Est du craton ouest-africain et à l'Ouest de l'océan «Pharusien». Elle n'aurait pas été perturbée par l'orogénèse panafricaine qui a suivi.

Mots clés: Magnétisme - Craton ouest-africain - Filons - Extension - Panafricain.

Magnetic modelling of N-S dykes in the Yetti-Eglab domain (Reguibat high): geodynamical consequences for the eastern margin of the West-African craton.

Abstract: A magnetic modelling of the North-South oriented dykes of two selected zones of the Yetti-Eglab domain (Algerian Sahara), located in the eastern part of the west african craton, shows that most of the structures are east dipping. This result reinforces a previous gravity modelling. The regular spacing of the zones where the dykes and faults are more concentrated suggests, together with the potential field modelling, that this domain represents an old extensional margin. This margin could be as old as 850 Ma, and predates the Panafrican closure of the «Pharusian» ocean which developed at the eastern border of the West African craton.

Key words: Magnetism - West African Craton - Dykes - Extension - Panafrican.

I - INTRODUCTION

Le craton ouest-africain, formé et stabilisé lors de la phase éburnéenne (≈ 2 Ga), est recouvert au centre par une série sédimentaire plus ou moins

tabulaire, d'âge Protérozoïque à Paléozoïque (Bertrand-Sarfati, 1972; Clauer, 1976). Cette série est constituée de deux grandes unités séparées par une discordance liée à l'orogénèse panafricaine, qui affecte pratiquement tout le

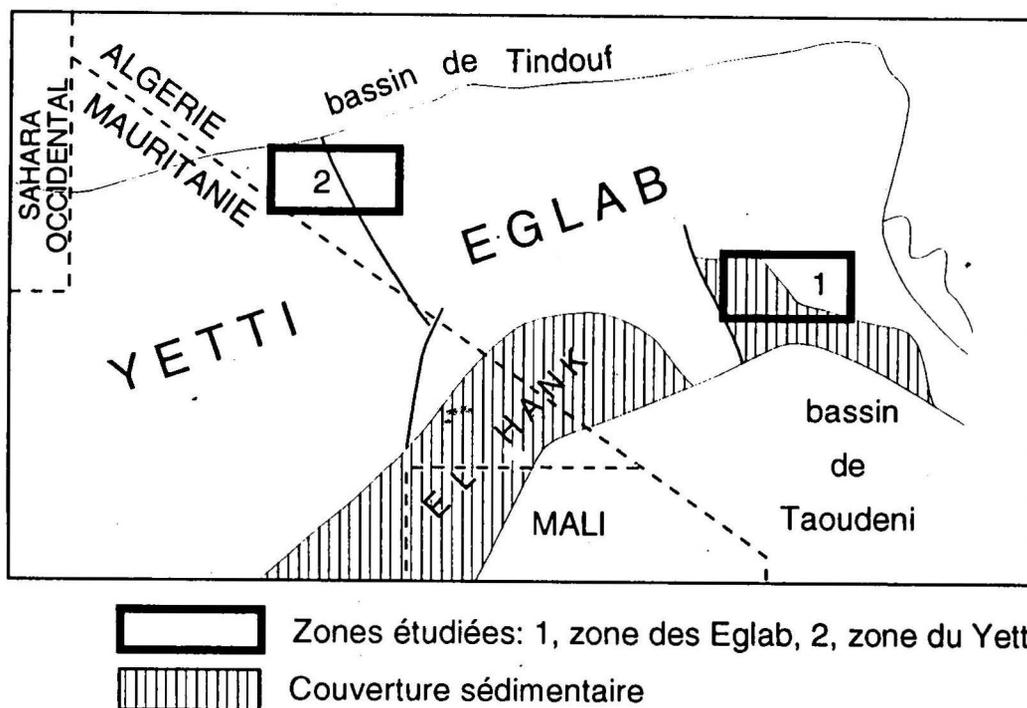


Fig. 1 - Localisation géographique des zones étudiées.
(Geographic localisation of the studied areas).

pourtour du craton. La partie basale de la couverture sédimentaire d'âge protérozoïque inférieur affleure en continu sur au moins 1.000 Km à la bordure nord du Bassin de Taoudeni (fig. 1).

Le craton ouest-africain est affecté de nombreuses failles qui, dans la région Yetti Eglab, sont préférentiellement orientées Nord-Sud (fig. 2,3). Ces failles sont généralement injectées de dolérites, de lamprophyre et plus rarement de matériel acide. La majorité des failles et des filons s'interrompent au contact avec la formation sédimentaire protérozoïque du Hank, mais il en est aussi d'autres qui affectent cette formation. L'étude de la carte géologique à 1/500.000 dressée pour cette région (Buffière *et al.*, 1965), montre que les failles et les filons Nord-Sud se concentrent selon certaines zones. D'après nos observations, au contact entre la formation du Hank et les terrains cristallophylliens des Eglab, plusieurs cas de figure sont possibles:

- 1) Certaines failles et certains filons d'orientation Nord-Sud disparaissent sous la formation du Hank.
- 2) D'autres recoupent à la fois les diverses formations appartenant au socle et à la couverture (on remarquera néanmoins qu'au cours de cette mission nous n'avons pu observer qu'un seul filon doléritique recoupant les formations calcaro-gréseuses et situé à 100 mètres à l'Est du puits de Tilemsi).
- 3) Certains filons oblitérés par le Hank sont en continuité avec des failles affectant la couverture.

Dans ce dernier cas plusieurs hypothèses sont possibles, soit que les failles reconnues dans la couverture correspondent à des rejeux, soit que la fracturation est postérieure au dépôt de la couverture et que l'injection des dolérites est limitée aux terrains les plus cassants (les sills, nombreux dans la région, se développant par exemple à l'interface entre les deux types de terrain, au niveau de la

MODELISATION MAGNETIQUE DES FILONS SUBMERIDIENS DE L'ENSEMBLE YETTI-EGLAB (DORSALE REGUBAT)

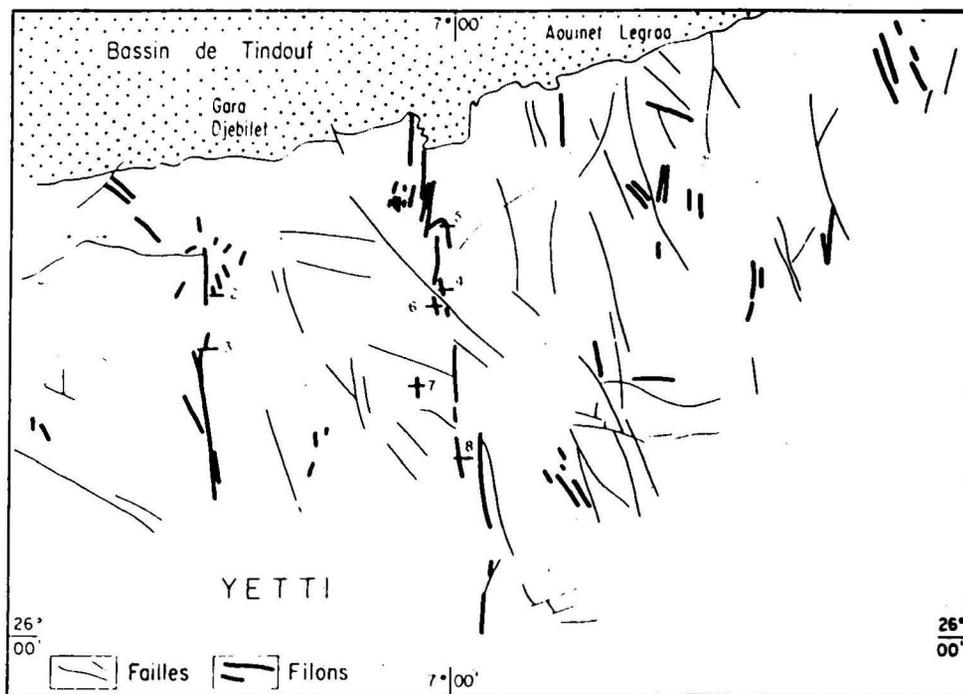


Fig. 2 - Zone des Eglab. (Eglab zone).

Les profils magnétiques sont numérotés. (Magnetic profiles are numbered).

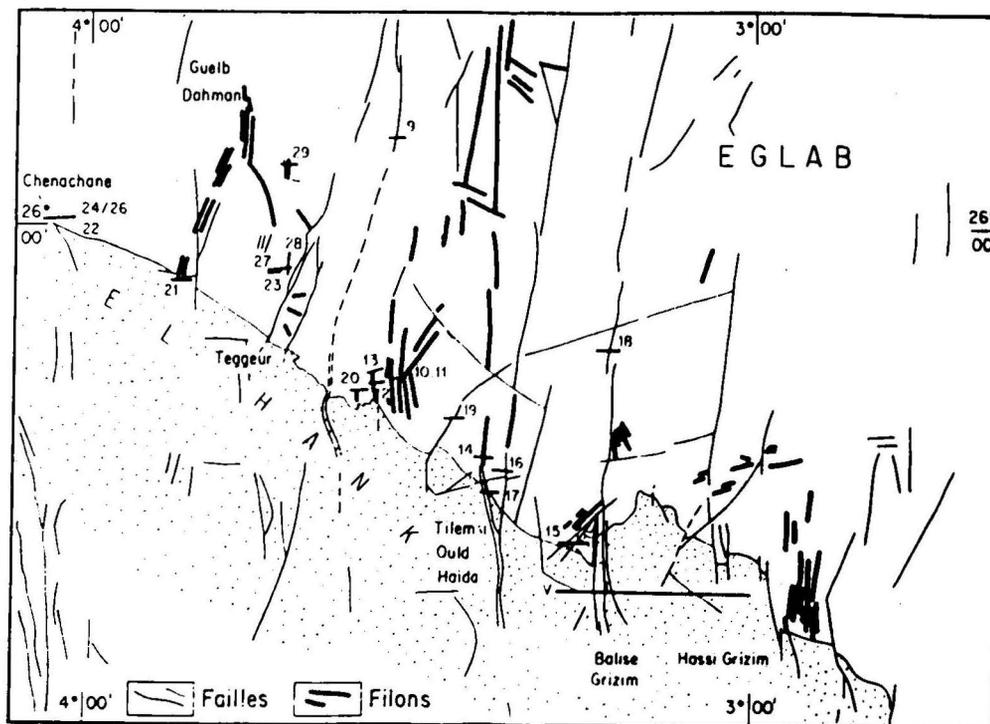


Fig. 3 - Zone du Yetti. (Yetti zone).

Les profils magnétiques sont numérotés. (Magnetic profiles are numbered).

discordance). Des datations géochronologiques sont en cours pour affiner cette discussion.

Une première étude paléomagnétique et gravimétrique a déjà été menée (Aifa *et al.*, 1993) dans une partie restreinte de la zone des Eglab. Ces résultats suggéraient qu'au Sud des Eglab et à Tilemsi Ould Haïda (fig. 2), une phase d'extension Est - Ouest était à la fois responsable de la fracturation Nord-Sud, des injections de dolérites et des basculements de blocs qui induisaient des plis dans la couverture du Hank. L'étude qui est présentée ici a pour but de rechercher si les conclusions que l'on pouvait déduire de la zone limitée de Tilemsi sont ou non applicables à l'ensemble de la région Yetti-Eglab. Deux zones tests ont été choisies distantes de 500 Km.

II - LE CADRE GEOLOGIQUE

Le massif des Eglab est situé au Nord-Est de la dorsale Réguibat. Selon Sabaté et Lomax (1975), trois épisodes majeurs peuvent être reconnus dans cette zone: le premier correspond à la structuration du socle des formations précambriennes (Gévin, 1951), le second à l'orogène éburnéenne (Buffière *et al.*, 1966; Sabaté, 1973), et le troisième aux dépôts discordants de la série marine du Hank dont l'âge est voisin de 1 Ga (Bassot *et al.*, 1963; Bertrand-Sarfati et Moussine-Pouchkine, 1992). Avec le dépôt de cette série se termine le Précambrien de la dorsale Réguibat qui laisse place aux dépôts glacières, puis aux sédiments paléozoïques des synclises de Taoudeni et de Tindouf (Caby, 1965).

Plusieurs épisodes magmatiques ont été mis en évidence dans la région Yetti-Eglab (Buffière *et al.*, 1965; 1966; Sabaté et Lameyre, 1973). Le cycle Yetti est marqué par un épisode plutonique postérieur à la deuxième phase de plissement de cette série. Le cycle Eglab est à son tour marqué par des périodes magmatiques importantes, toutes post-tectoniques. La première phase correspond au granite d'Haïda, syntectonique du plissement de

la série de l'Oued Souss.

La période plutonique ultime correspond à la mise en place des granitoïdes Aftout, qui est importante par le volume de matière intrusive produite. Ces granitoïdes se composent de granites, de diorites et de gabbros. Les gabbros et les diorites se trouvent en enclaves parfois de grande taille dans les granites. Le volcanisme de type Eglab a ainsi généré des formations calco-alcalines effusives (Sabaté, 1978; 1979) qui se sont installées sur un substratum marqué par une forte érosion. Des rhyolites et des rhyodacites se rencontrent indifféremment sur les différentes séries qui constituent le domaine Eglab (Kahoui, 1988).

Les séries précambriennes des domaines Yetti et Eglab sont enfin traversées par des filons de directions variées: N-S, N40°, N130° et N160°. Les filons d'orientation Nord-Sud, qui nous ont intéressés, constituent près de 90% de l'ensemble des filons cartographiés. Ainsi que nous l'avons déjà dit, leur âge, tout au moins dans la région, est inconnu. Ailleurs, certains filons recoupent les grès du Paléozoïque inférieur tels ceux du Bassin de Tindouf (Fabre *et al.*, 1984). Il existe en réalité probablement plusieurs générations de filons.

Le problème posé étant d'abord d'essayer de reconnaître le pendage du système de fractures Nord-Sud, dans les deux zones tests que nous avons choisies, l'âge précis du matériel doléritique et rhyolitique associé ne présentait à ce niveau de l'analyse qu'un intérêt secondaire. Compte-tenu de l'absence de topographie permettant de mesurer ces pendages, la méthode magnétique nous a semblé la plus appropriée.

III-LA PROSPECTION MAGNETIQUE

Sachant que la majorité des failles subméridiennes sont injectées de rhyolites ou de dolérites, notre étude pouvait être ramenée à l'échantillonnage d'une famille de filons, ces structures étant émine-

MODELISATION MAGNETIQUE DES FILONS SUBMERIDIENS DE L'ENSEMBLE YETTI-EGLAB (DORSALE REGUIBAT)

ment favorables à la modélisation en champ potentiel et donc à la recherche du sens du pendage des failles. Par contre leur orientation constituait plutôt un handicap puisqu'elle se rapproche de la direction magnétique actuelle.

Les données de terrain représentent près de 600 points de mesures qui ont été effectuées avec une précision de 1 nT. Elles ont été acquises à l'aide d'un magnétomètre "Syntrex MP4", n'ont pas été, compte-tenu de la longueur limitée des profils, corrigées des variations de la diurne. Après avoir apprécié la largeur des filons (en moyenne entre 15 et 40 m), les mesures ont été effectuées selon des profils rectilignes tous les 5, 10 ou 20 m. La localisation des profils est portée sur les figures 2 et 3. La longueur moyenne de ces profils est de l'ordre de 250 m, les plus courts étant de 60 m et les plus longs de 1.000 m. Lors de la restitution des profils au laboratoire, il est apparu que presque tous montraient un bruit de fond magnétique de très haute fréquence, en partie lié au fait que la totalité des prospections avaient été réalisées sur des structures affleurantes. C'est la raison pour laquelle, et après plusieurs essais, ceux-ci ont été prolongés de 15 m vers le haut (sauf les profils PRO3 et PRO27 qui n'ont été prolongés que de 5 m). L'étude de ces profils montre qu'un certain nombre d'entre eux ne sont pas favorables à la modélisation (tableau I); soit parce que la valeur de l'amplitude de l'anomalie mesurée est trop faible, soit parce qu'un accident topographique important (c'est le cas de certaines mesures effectuées dans les «vallées» du Hank) n'a pas permis un échantillonnage

complet de l'anomalie, soit enfin parce que l'anomalie se résumait à un fort négatif, très étroit, clairement associé à une faille mais difficilement modélisable.

IV - LES MESURES DE SUSCEPTIBILITE MAGNETIQUE

1- Les mesures de terrain.

850 mesures de susceptibilité magnétique ont été effectuées sur le terrain à l'aide d'un "Kappameter KT5". Ces mesures montrent le plus souvent une variation de la susceptibilité magnétique des filons, du bord vers le centre. Cette diminution des valeurs en direction des marges peut être liée à l'effet du métamorphisme s'il s'en est développé un après la mise en place des filons, à l'action possible des circulations de fluides postérieurement à l'injection, ou au refroidissement plus rapide du matériel injecté au contact de la roche hôte. Les premières mesures effectuées en laboratoire, sur des dolérites de Gara Djebilet, montrent que la magnétite qui domine au centre des filons est souvent remplacée par de la titanomagnétite sur les bords (Aifa et Lefort, travaux en cours). Nous avons aussi remarqué que les mesures effectuées sur les «sills» donnaient toujours des valeurs plus basses que celles enregistrées sur les filons de même nature (Aifa et Lefort, Travaux en cours). Les chiffres que nous donnons ici représentent des valeurs moyennées à partir de coupes échantillonnées perpendiculairement aux flancs des filons après correction de l'effet de rugosité. La figure 4 montre les principaux résultats

Tableau I: Profils magnétiques non modélisés avec leurs positions géographiques (lat°°N", long°°W").
(List of unmodelled profiles with their geographic location - lat°°N, long°°W").

Amplitude insuffisante	Effet de faille	Anomalie incomplète
Caral (26°38'56", 7°24'82")	Tilemsi VI (25°49'44", 3°16'99")	Chenachene I (25°58'30", 4°02'30")
	Tilemsi II (25°35'62", 3°22'75")	Tilemsi VII (26°41'54", 3°26'15")
	Teggeur Est (25°47'19", 3°38'15")	Dahman III (26°58'97", 3°32'82")
	Tilemsi I (25°40'83", 3°24'39")	Fifine I (26°22'27", 7°04'19")
	Fifine II (26°13'70", 6°59'67")	Aouinet III (26°35'37", 7°01'79")

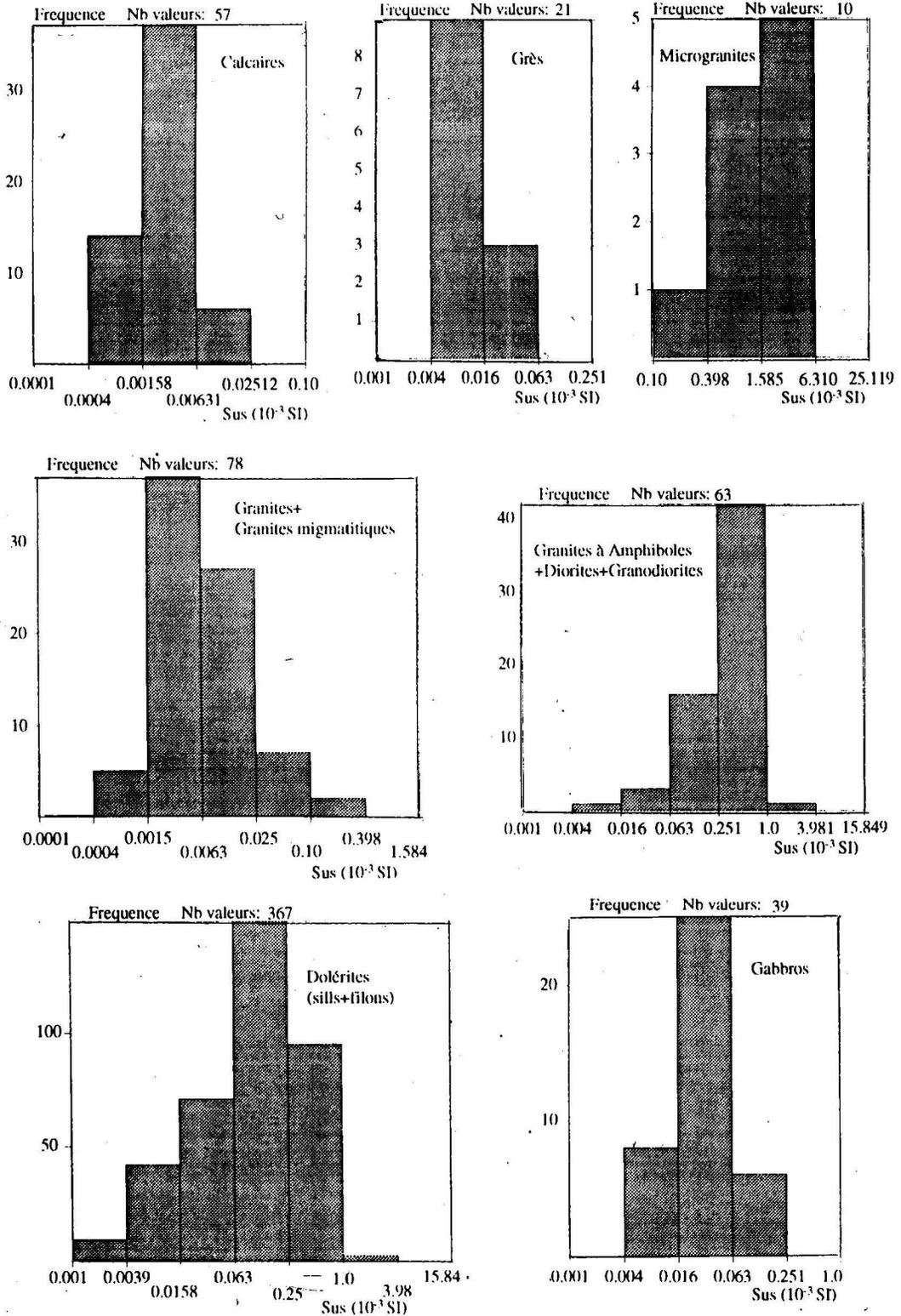


Fig. 4- Distribution des susceptibilités magnétiques mesurées sur le terrain (exprimées en 10^{-3} SI) pour plusieurs groupes pétrographiques. (Field magnetic susceptibilities (in 10^{-3} SI) for various petrographic groups).

obtenus. On note, comme on pouvait s'y attendre, que ce sont les diorites, les granodiorites et les granites à amphiboles qui présentent les valeurs de susceptibilité les plus élevées avec un étalement relatif des valeurs liées à la dispersion des compositions pétrographiques. Viennent ensuite les dolérites, là encore la dispersion des mesures vient du fait que l'on a regroupé les «sills» et les filons. Les gabbros constituent enfin le troisième groupe pétrologique le plus aimanté. Les granites, les migmatites et les roches sédimentaires présentent une susceptibilité beaucoup plus faible. Le cas des microgranites est à part puisque l'on a nommé ainsi toutes les roches micro-grenues reconnues sur le terrain, sans détermination pétrographique complémentaire; il est clair, à l'observation des résultats que l'on a aussi bien mesuré des termes acides que des termes basiques.

2- Les mesures en laboratoire

Il est intéressant de comparer les valeurs obtenues sur le terrain à celles mesurées en laboratoire après détermination pétrographique des échantillons. Il s'agit là d'un test permettant d'apprécier la qualité de nos reconnaissances «in situ» (fig. 5).

Pour les roches sédimentaires, les résultats sont identiques dans les deux approches. La classe appelée «microgranites» montre à l'évidence deux groupes bien séparés, qui correspondraient, l'un à des roches acides et l'autre à des roches basiques; il vaudrait mieux considérer cet ensemble comme celui des roches «microgrenues» indifférenciées. Les granites montrent, quant à eux, des susceptibilités très faibles. En l'absence de carottes de granites à amphibole, la classe des granodiorites et des diorites montre des valeurs plus fortes en laboratoire que sur le terrain.

De façon plus générale, les valeurs mesurées au laboratoire sont plus élevées que celles enregistrées sur le terrain, tant pour les dolérites que pour les granodiorites ou les diorites; ceci tient au fait que les

roches qui ont été prélevées pour effectuer des mesures de susceptibilité et de densité ont été choisies dans des zones présentant une altération minimum. Ce qui n'était pas nécessairement le cas au niveau où nous avons effectué nos coupes. De toutes façons, ces valeurs ne représentent que des ordres de grandeur compte-tenu de la quantité relativement faible des échantillons ramenés au laboratoire.

Les mesures effectuées au laboratoire montrent enfin que les carottes analysées possèdent une aimantation rémanente faible comparée à l'aimantation induite actuelle.

V - LES MODELISATIONS

Les modélisations magnétiques (tableau II) ont été calculées en 2,5D afin de s'affranchir au maximum des variations latérales d'épaisseur des filons, grâce au logiciel "Magpoly (1989)". Ces modélisations ont été effectuées selon des coupes presque toujours de direction Est-Ouest. Dans ces conditions l'anomalie magnétique n'est plus bipolaire mais unipolaire. Dans la majorité des cas les anomalies présentent un flanc est plus «doux» que le flanc ouest (ceci est facilement observable si on agrandit l'anomalie). Du point de vue théorique on sait que le flanc «doux» de l'anomalie correspond à une extension latérale du corps en profondeur, tandis que le flanc plus abrupt traduit un contact tranché entre le filon et son encaissant. La figure 6 montre trois types d'interprétation possibles à partir d'un même profil orienté d'Est en Ouest, calculé en terme d'aimantation induite. Les observations de terrain ne permettent pas, en général, de trancher entre ces trois types d'interprétation. Toutefois, du point de vue structural, les modèles A et B, présentent une signification identique, et à moins d'imaginer que la totalité des filons prospectés présentent systématiquement une excroissance horizontale vers l'Est, force est d'admettre que les anomalies à flanc «doux» vers l'est sont le plus souvent associées à des pendages dans la même direction.

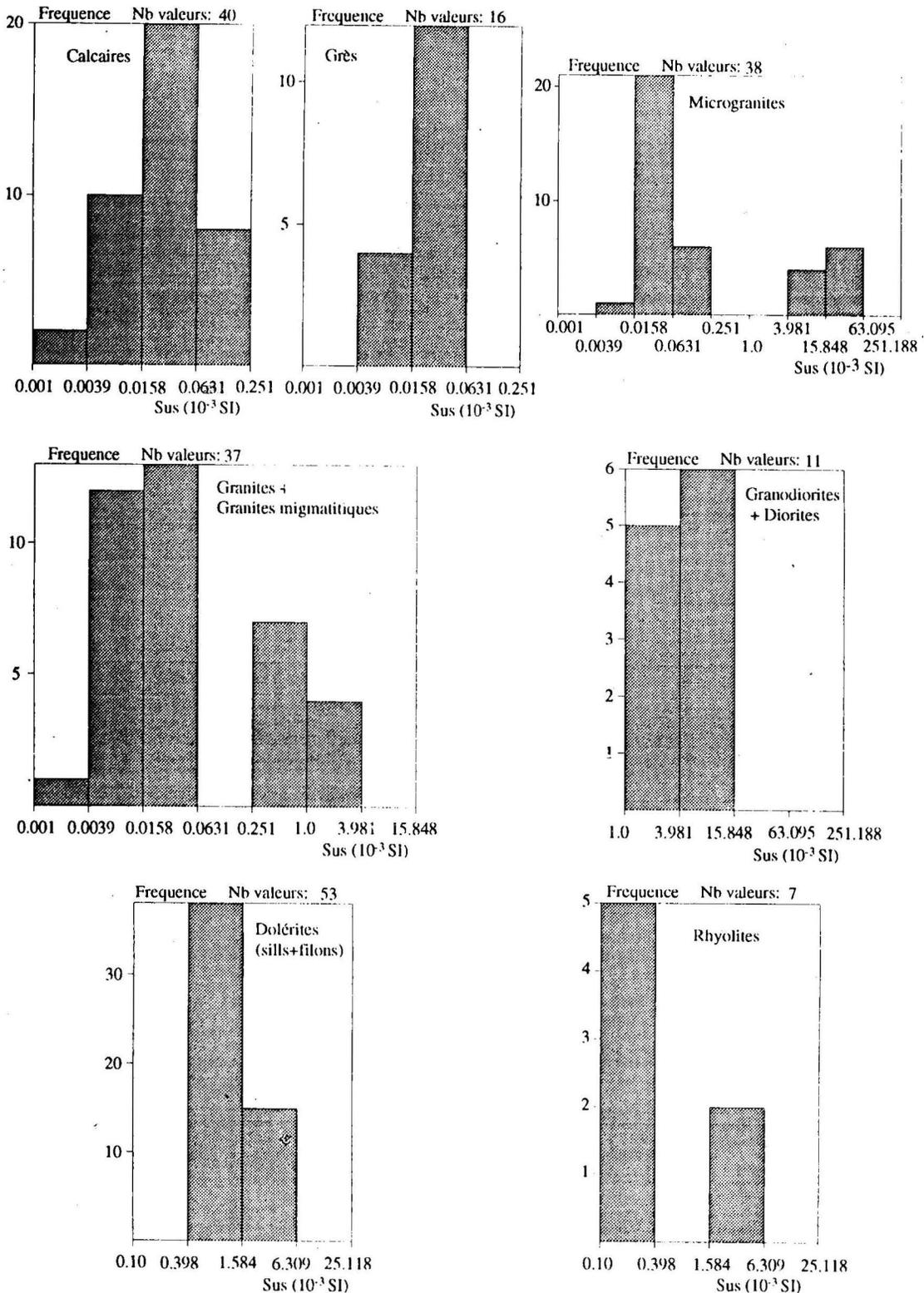


Fig. 5- Distribution des susceptibilités magnétiques mesurées en laboratoire (exprimées en 10^{-3} SI) pour plusieurs groupes pétrographiques. (Laboratory magnetic susceptibilities (in 10^{-3} SI) for various petrographic groups).

MODELISATION MAGNETIQUE DES FILONS SUBMERIDIENS DE L'ENSEMBLE YETTI-EGLAB (DORSALE REGUIBAT)

Tableau II: Profils magnétiques modélisés. (List of modelled profiles).

N° de Profils	Coordonnées		Régions	
	Latitude (°N)	Longitude (°W)	Paramètres de modélisation	
PRO1 2	6°38'56"	7°24'82"	GaraI	u=15
PRO2	26°29'17"	7°23'14"	GaraII	u=15
PRO3	26°24'31"	7°22'89"	GaraIII	u=5
PRO4	26°38'81"	7°22'89"	AouinetII	u=15
PRO5	26°35'37"	7°01'79"	AouinetIII	u=15
PRO6	26°28'62"	7°08'25"	GaraIV	u=15
PRO7	26°22'27"	7°04'19"	Aouinet	u=15
PRO8	26°13'70"	6°59'67"	Aouinet	u=15
PRO9	26°12'83"	3°31'63"	TeggeurI	u=15
PRO10	25°50'35"	3°43'16"	TeggeurI	u=15
PRO11	25°44'59"	3°33'11"	TeggeurII	u=15
PRO12	25°45'97"	3°34'44"	TeggeurIII	u=15
PRO13	25°45'97"	3°34'44"	TeggeurIV	u=15
PRO14	25°40'83"	3°24'39"	Tilemsil	u=15
PRO15	25°35'62"	3°22'75"	TilemsiII	u=15
PRO16	25°39'04"	3°25'76"	TilemsiIII	u=15
PRO17	25°39'64"	3°25'24"	TilemsiIV	u=15
PRO18	25°49'44"	3°16'99"	TilemsiVI	u=15
PRO19	25°41'54"	3°26'15"	TilemsiVII	u=15
PRO21	25°55'56"	3°51'62"	TeggeurIV	u=15
PRO22	25°58'36"	4°02'13"	Chenachenel	u=15
PRO23	26°12'96"	3°32'82"	DahmanI	u=15
PRO24-25-26	25°58'30"	4°02'15"	ChenachenelII	u=15
PRO27	26°58'96"	3°32'82"	DahmanI	u=5
PRO28	26°58'96"	3°32'82"	DahmanII	u=15
PRO29	26°58'96"	3°32'82"	DahmanII	u=15
PRO30	31°10'00"	2°32'00"	ksi-ksou	u=15
PROV	25°28'50"	3°05'00"	Grizim	u=15

u = prolongement vers le haut (m), après interpolation de l'anomalie; orientation des profils: N90°. (*upwards continuation (m), after interpolation of the anomaly; profile orientation: N90°*).

Du point de vue méthodologique il convient de préciser, que lorsque le contraste de susceptibilité magnétique déduit des données de terrain et de laboratoire, était insuffisant pour atteindre par le calcul l'amplitude de l'anomalie mesurée, nous avons privilégié la reconstitution de cette amplitude sur les données. Ceci se justifie par le fait que les susceptibilités magnétiques que nous avons obtenues ne représentent,

vu le petit nombre d'échantillons traités et mesurés, que des ordres de grandeur. De plus, les échantillons pris en surface étaient possiblement légèrement altérés.

Sachant que, dans presque tous les cas, la largeur du filon mesuré sur le terrain a été reprise dans la modélisation, les profils modélisés appellent les commentaires suivants:

Profil 1 (Gara I): Le contraste de susceptibilité que l'on est contraint d'adopter pour que l'amplitude calculée soit superposable à l'amplitude mesurée est compatible avec la présence de dolérites caractérisées par une faible susceptibilité magnétique au sein d'un socle granitique. Le

pendage vers l'Est est assez bien contraint, à l'Ouest d'autres solutions que le «sill» sont par contre envisageables (fig. 7).

Profil 2 (Gara II): Le contraste entre le filon et l'encaissant est ici assez peu contraint car on a noté de grandes variations pétrographiques, dans la nature de l'encaissant. Le pendage vers l'Ouest est, quant à lui très probable, même si l'on ôte une légère régionale croissant vers l'Ouest (fig. 8).

Profil 3 (Gara III): Seule la présence du filon du centre est certaine, les pendages ne sont par contre pas très contraints. La faille dont on ignore le pendage a été observée en surface (fig. 9).

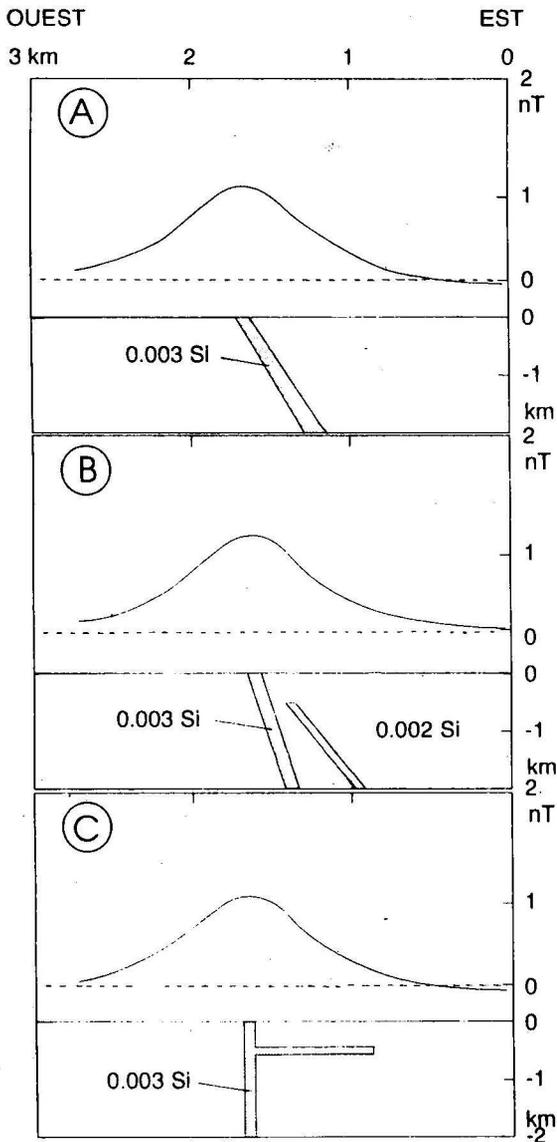
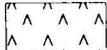
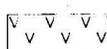
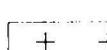


Fig. 6 - Différentes interprétations possibles de la même anomalie magnétique modélisée en deux dimensions et demie.
(Possible interpretations for the same magnetic anomaly in two and a half dimensions).

-  dolérites (δ)
-  granites divers (γ)
(y compris granites à amphiboles et granodiorites)
-  laves, tufs et brèches (ρ^s)
-  granites Aftout (γ_{Ae})
(y compris faciès à amphiboles et granodiorites)
-  granites du Yetti (γ^y)
-  schistes et grès (P)
-  formation de Chegga (γ^c)

Légendes des figures géologiques 7 à 25.

Interprétations possibles des anomalies magnétiques mesurées sur le terrain.
(Possible interpretations of surveyed magnetic anomalies).

A,B- Interprétation géophysique; les valeurs indiquent les contrastes de susceptibilité magnétique.
(Geophysical interpretation; values are magnetic susceptibility contrasts). **C-** Interprétation géologique.
(Geological interpretation).

MODELISATION MAGNETIQUE DES FILONS SUBMERIDIENS DE L'ENSEMBLE YETTI-EGLAB (DORSALE REGUIBAT)

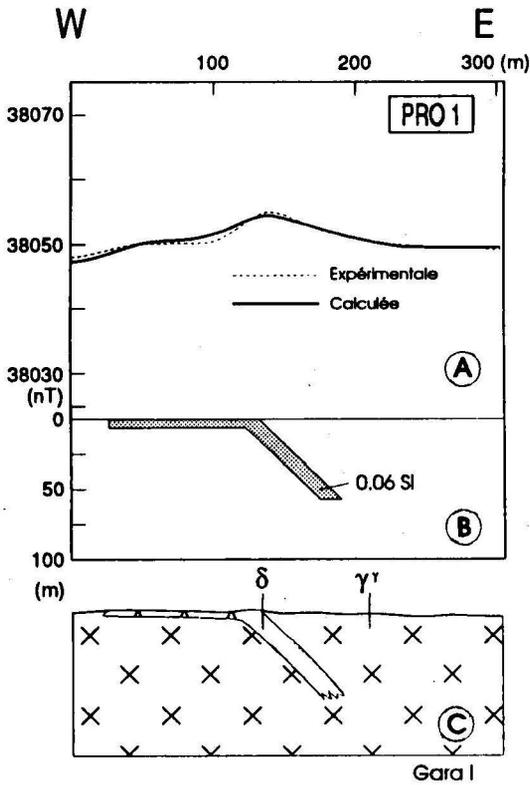


Fig. 7

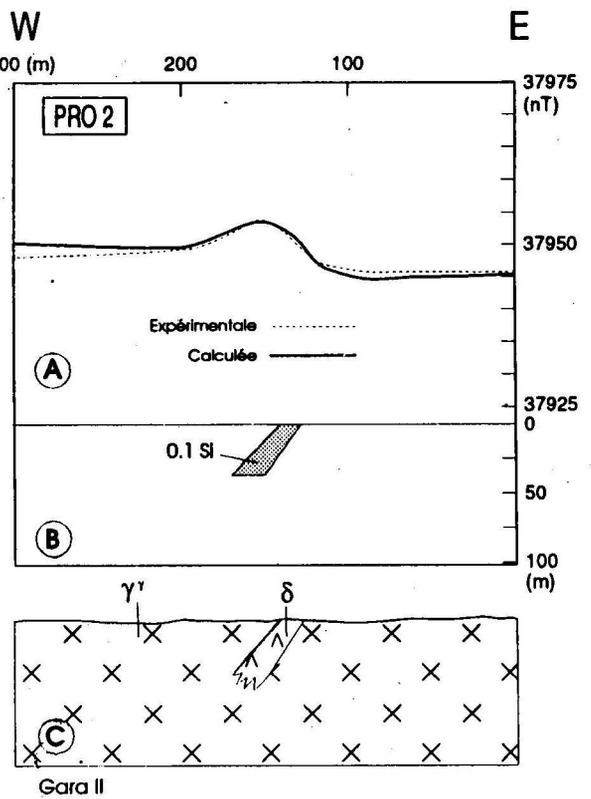


Fig. 8

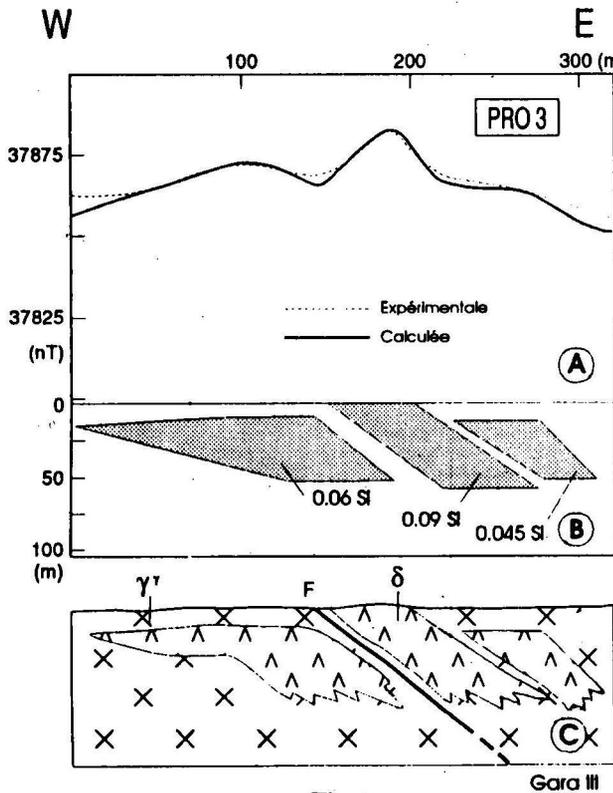


Fig. 9

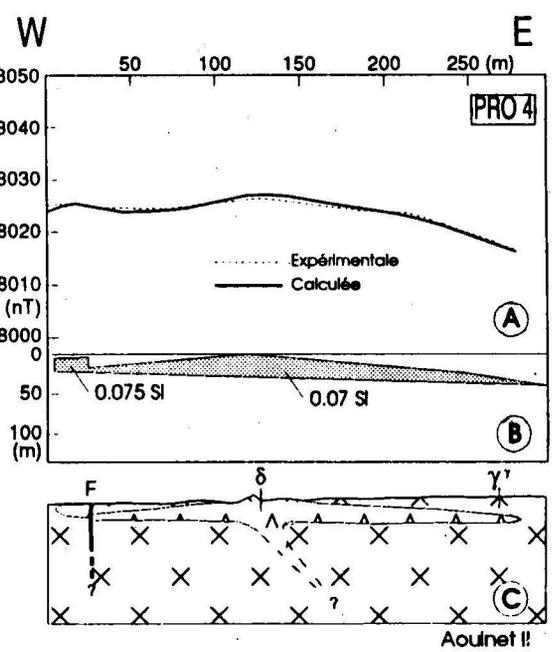


Fig. 10

Profil 4 (Aouinet II): L'existence d'un sill est certaine et observée, son épaisseur est assez bien estimée, tandis que la faille à l'Ouest a été reconnue sur le terrain (fig. 10), l'alimentation par un filon central est, elle, hypothétique.

Profil 5 (Aouinet III): Le sens du pendage du filon est très vraisemblable, de même que l'existence du sill localisé à l'Est. La présence du sill occidental est par contre très hypothétique. La faille a été observée en plan (fig. 11).

Profil 6 (Gara IV): On peut ici soit imaginer l'existence d'un sill horizontal ou celle d'un filon presque à plat et à pendage vers l'Est (fig. 12).

Profil 9 (Teggeur I): La présence d'un filon à pendage vers l'Est est presque certaine (fig. 13).

Profil 10 (Teggeur I): Idem, bien que le profil soit inachevé (fig. 14).

Profil 11 (Teggeur II): Le filon à pendage vers l'Est est vraisemblable, par contre la valeur de ce pendage est très hypothétique. Il a été nécessaire de mettre ici un sill de dolérites non affleurantes, intrusif dans une diorite plus aimantée pour créer les faibles valeurs enregistrées à l'Est; d'autres solutions sont aussi envisageables, telle qu'une variation pétrographique latérale dans les granites (fig. 15).

Profil 12 (Teggeur III): Le pendage du filon vers l'Est est possible, mais il a été nécessaire de créer un sill moins aimanté que son encaissant, et non affleurant, pour expliquer le palier légèrement négatif noté à l'Ouest; d'autres solutions sont envisageables (fig. 16). Le pendage de la faille a été observé.

Profil 13 (Teggeur IV): Le pendage vers l'Est est possible, mais rien dans ce modèle n'est très contraint, si ce n'est le pendage de la faille qui a été observé (fig. 17).

Profil 16 (Tilemsi III): On peut opter ici pour un sill de rhyolites (son sommet et la faille ont été observés sur le terrain), mais l'existence d'un autre corps très à l'Est, tel qu'un filon fortement penté vers l'Est est aussi possible (fig. 18).

Profil 17 (Tilemsi IV): L'interprétation de cette anomalie est difficile; seule la présence des deux sills de surface et de la faille est certaine. La possibilité d'un sill profond responsable d'une forte aimantation négative apparente (susceptibilité inférieure à l'encaissant) n'est pas contrôlée (fig. 19).

Profil 21 (Teggeur IV): Connaissant la largeur des filons et leur susceptibilité magnétique, il est presque certain que ceux qui sont localisés à l'Ouest ont un pendage vers l'Ouest; celui qui est localisé le plus à l'Est n'est pas contraint, nous avons pensé que son pendage était identique à celui des autres corps (fig. 20), mais il pourrait tout aussi bien être orienté vers l'Est.

Profil 25-24-26 (Chenachene II): Ce long profil a permis de vérifier géologiquement le pendage des failles. Le sill rhyolitique de surface a été observé, par contre la taille et l'existence de celui qui est localisé à l'Ouest n'est pas contrainte. L'alimentation du sill en profondeur est raisonnable bien que la possibilité d'une alimentation multiple ne soit pas exclue (fig. 21).

Profil 27 (Dahman I): La présence d'un filon rhyolitique a été vérifiée en surface. Sa susceptibilité magnétique est effectivement inférieure à celle du granite Aftout encaissant qui est ici riche en amphiboles. Le pendage vers l'Est est donc bien contraint mais la valeur de celui-ci peut-être différente (fig. 22).

Profil 29 (Dahman II): Idem (fig. 23), bien que des failles à pendage vers l'Ouest aient été observées.

Profil V (Grizim): Ce profil correspond à un profil aéromagnétique levé à 150 m d'altitude

MODELISATION MAGNETIQUE DES FILONS SUBMERIDIENS DE L'ENSEMBLE YETTI-EGLAB (DORSALE REGUBAT)

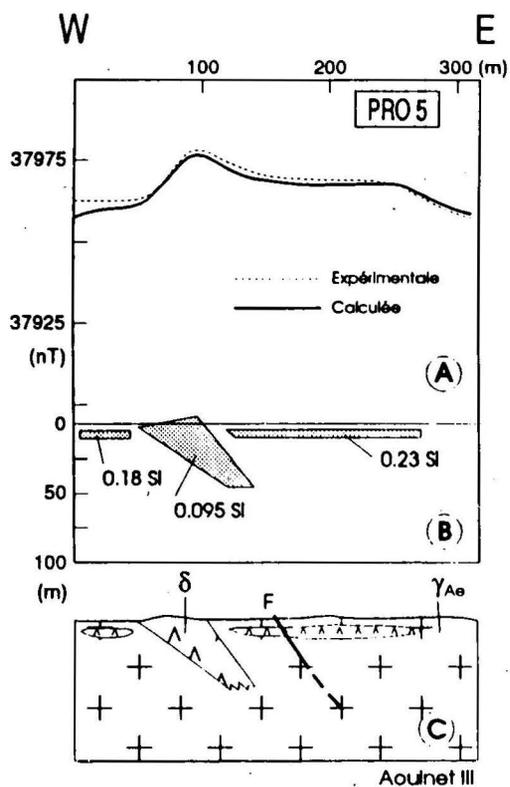


Fig. 11

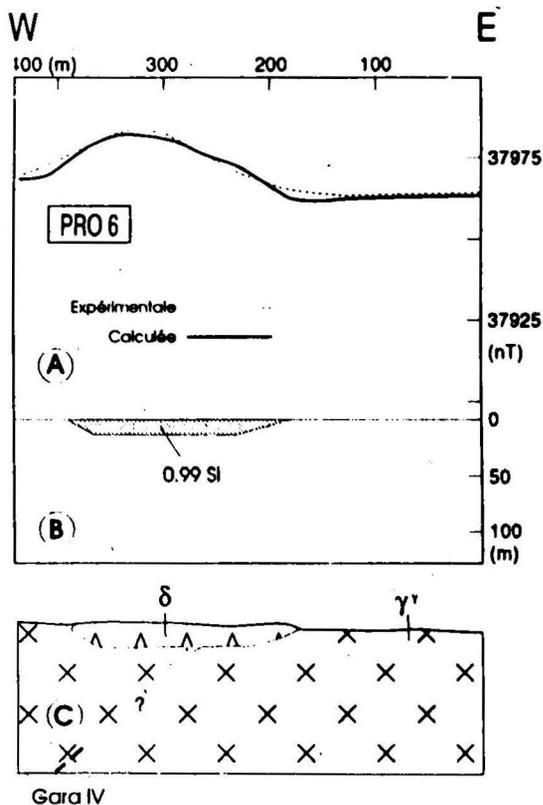


Fig. 12

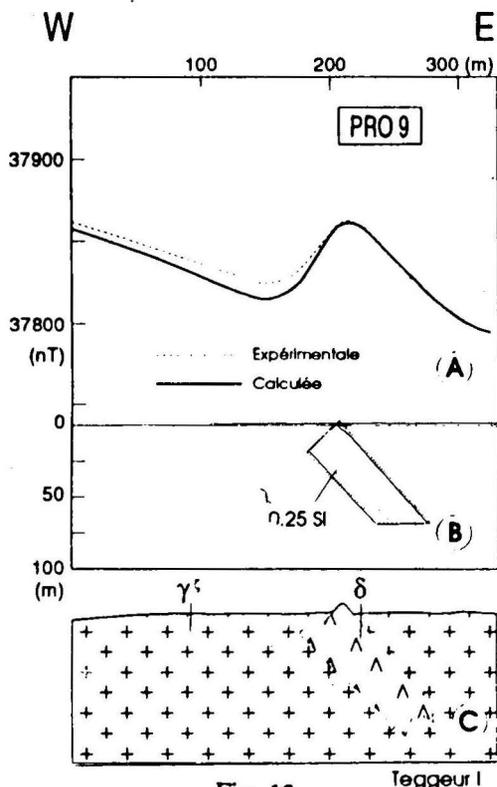


Fig. 13

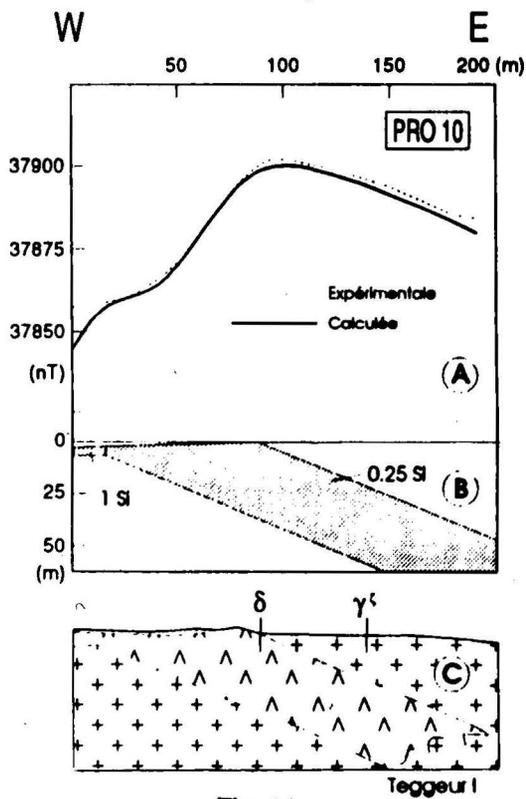


Fig. 14

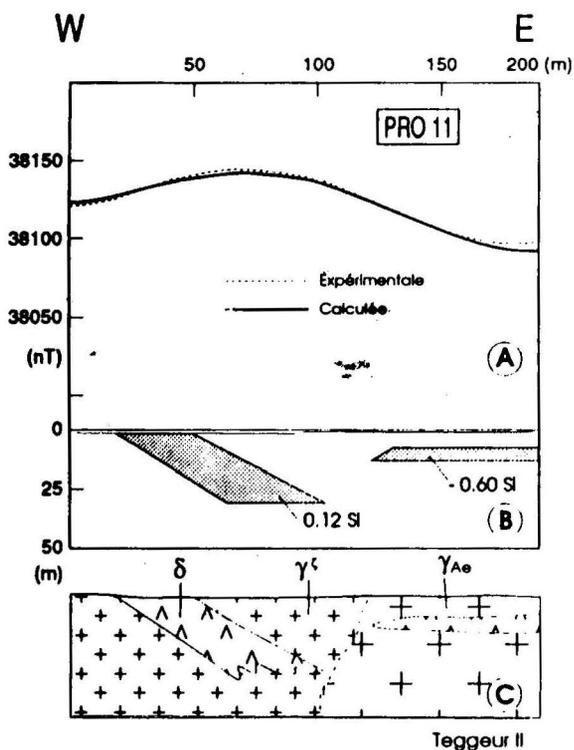


Fig. 15

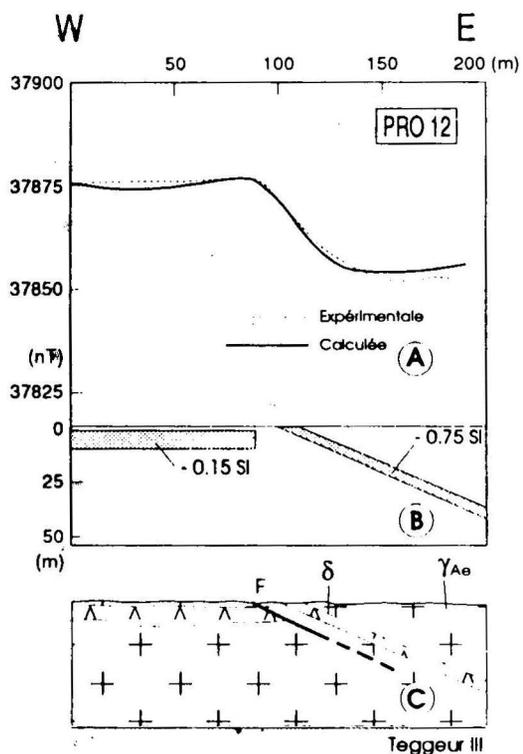


Fig. 16

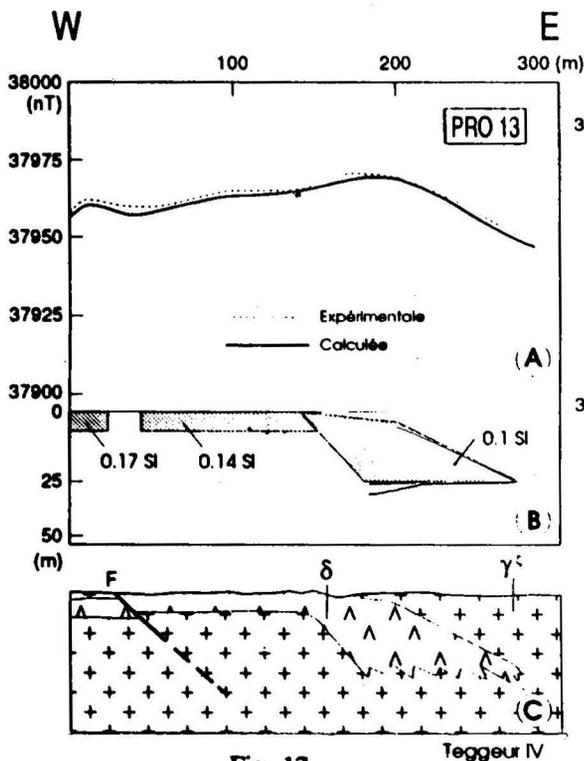


Fig. 17

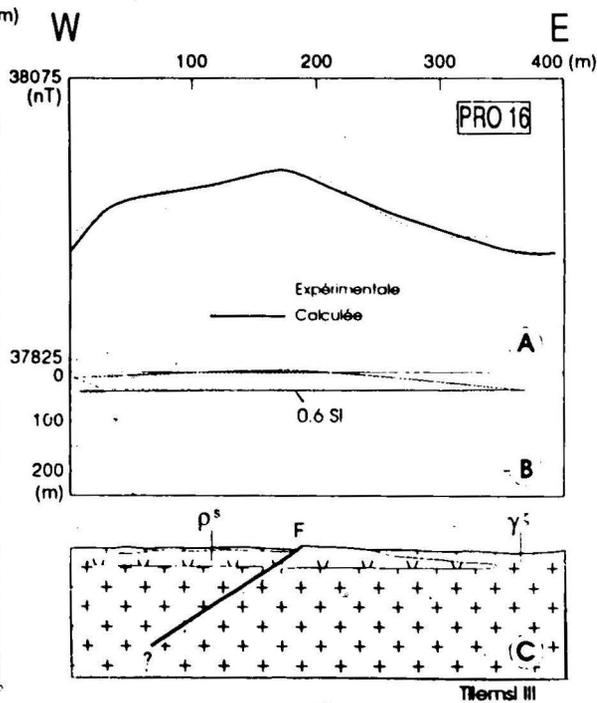


Fig. 18

MODELISATION MAGNETIQUE DES FILONS SUBMERIDIENS DE L'ENSEMBLE YETTI-EGLAB (DORSALE REGUBAT)

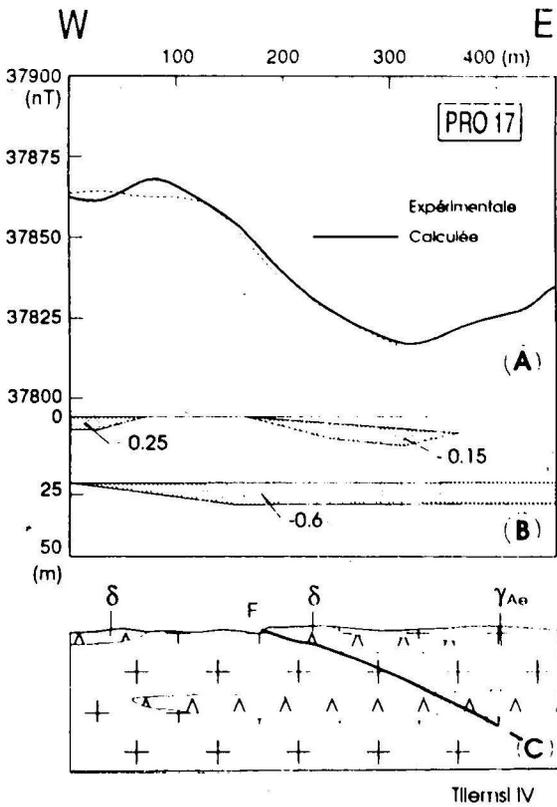


Fig. 19

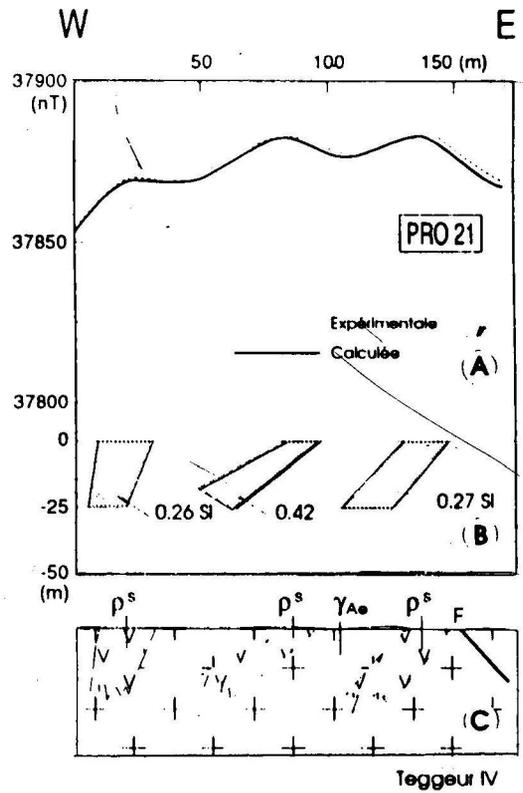


Fig. 20

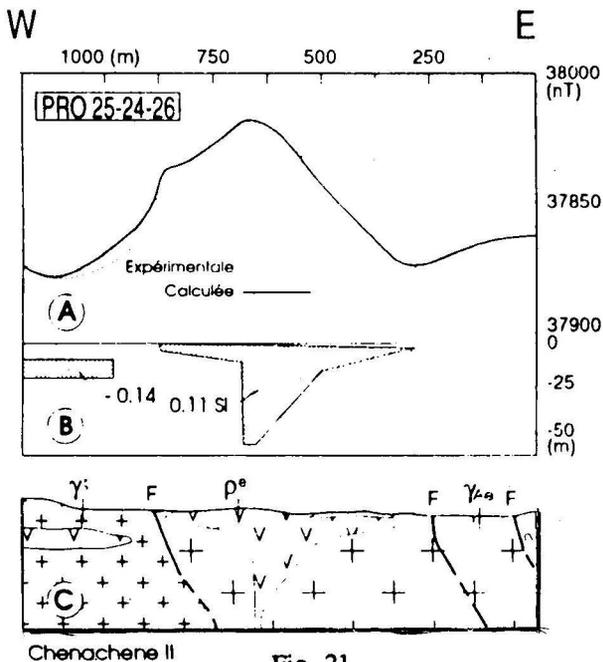


Fig. 21

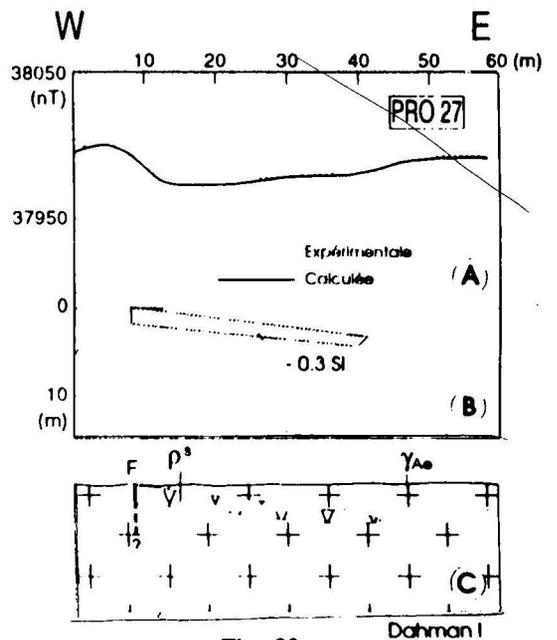


Fig. 22

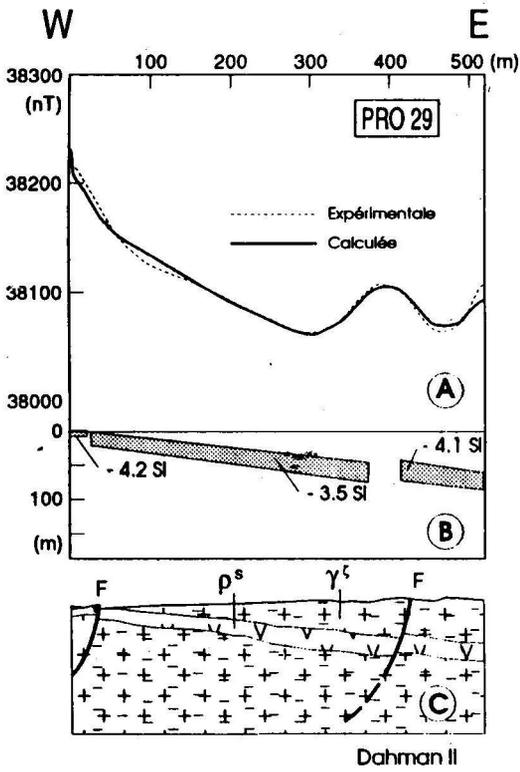


Fig. 23

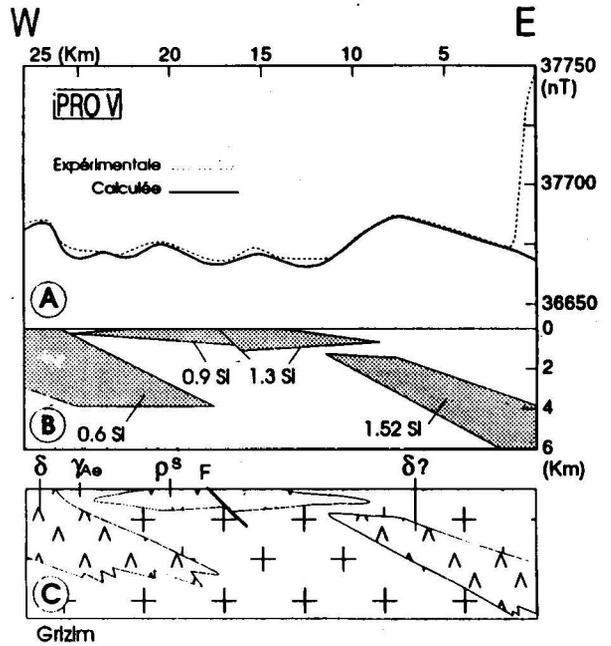


Fig. 24

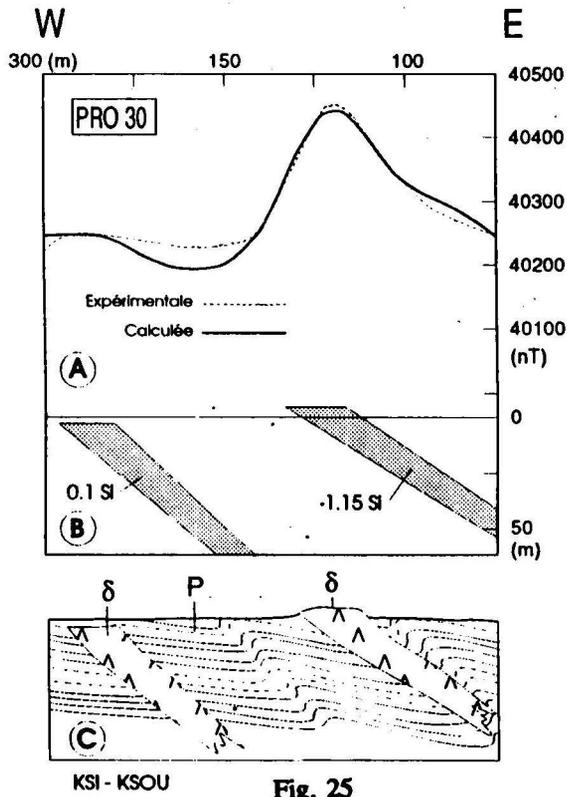


Fig. 25

(Sonarem, 1974) et passant dans la zone de la balise Grizim où de nombreux filons d'orientation Nord-Sud sont indiqués sur la carte géologique. Dans cette modélisation, seul le pendage du filon doléritique (ou de la famille de filons) situé à l'Est est raisonnable. La masse magnétique des sills rhyolitiques est faible si l'on adopte les susceptibilités habituelles pour ce type de roches; ces sills ne seraient pas profondément enracinés. N'ayant pas de prélèvements dans cette zone, nous supposons que, comme ailleurs dans les Eglab, l'aimantation rémanente est faible comparée à l'aimantation induite (fig.24).

Profil 30 (Ksi-Ksou): A titre de comparaison deux filons doléritiques situés à Ksi-ksou et localisés à 80 Km au Sud-Est de Béchar ont été modélisés, ils ont été datés du Jurassique (Caen *et al.*, 1984) et sont intrusifs dans un Paléozoïque peu plissé. Le sens du pendage de celui qui est situé le plus à l'Est est bien contraint si l'on admet que ces dolérites n'ont pas d'aimantation rémanente notable (ce qui n'a pas été vérifié). Si l'on accepte cette hypothèse, force est d'admettre qu'il existe d'autres filons à pendage vers l'Est, très au Nord des Eglab (fig.25).

En conclusion, on doit se souvenir que, mis à part les sills (parfois cartographiés comme des filons sur la carte géologique) et le cas, apparemment très rare, des filons à pendage vers l'Ouest (fig.20), la majorité des structures modélisées auraient, si l'on en croit nos données, des pendages vers l'Est. Compte-tenu de la planéité des surfaces topographiques, ceci n'a pu être vérifié sur le terrain. On note par contre fréquemment l'existence, près des filons doléritiques à pendage est supposé, de diaclases et de petites failles elles aussi à pendags vers l'Est.

VI - COMPARAISON ENTRE LES DONNEES MAGNETIQUES ET LES DONNEES GRAVIMETRIQUES

Une modélisation gravimétrique des filons Nord-Sud situés au Sud des Eglab entre 3° et 5° a déjà été proposée (Aïfa *et al.*, 1993). Elle est basée sur de nombreuses mesures de densité et sur le profil de l'anomalie de Bouguer acquis par le groupe Eglab (1983), auquel on a soustrait une régionale (d'origine inconnue) dont le gradient est de 0,029 milligals par kilomètre, croissant vers l'Ouest. Sur cette modélisation trois ensembles de filons peuvent aisément être individualisés, ils correspondent tous les trois à des anomalies gravimétriques positives. Ces anomalies sont associées à des essaims de filons de dolérites observés sur le terrain dont le pendage, souvent de l'ordre de 60°, paraît systématiquement orienté vers l'Est (fig.26). Les autres «corps», de densité inférieure à l'encaissant, correspondent à des zones fracturées qui ont, elles aussi, été observées sur le terrain, toutefois les contrastes choisis ici sont très théoriques et les pendages ne sont pas contraints. Les zones à très faibles contrastes de densité que l'on observe entre les filons et les failles ne sont pas caractérisées par des valeurs très significatives, elles visualisent probablement des variations pétrographiques. Nous pensons que ces variations pétrographiques sont associées à des blocs basculés identiques à ceux qui ont été observés sur le terrain à Teggeur. Il semble donc qu'il y a cohérence entre les résultats acquis à l'aide du magnétisme et de la gravimétrie. Cette cohérence suggère que les filons doléritiques et rhyolitiques de l'unité Yetti-Eglab présentent en majorité des pendages vers l'Est.

L'espace entre les zones où les filons et les failles Nord-Sud sont plus denses a déjà été noté, il varie entre 20 et 30 Km.

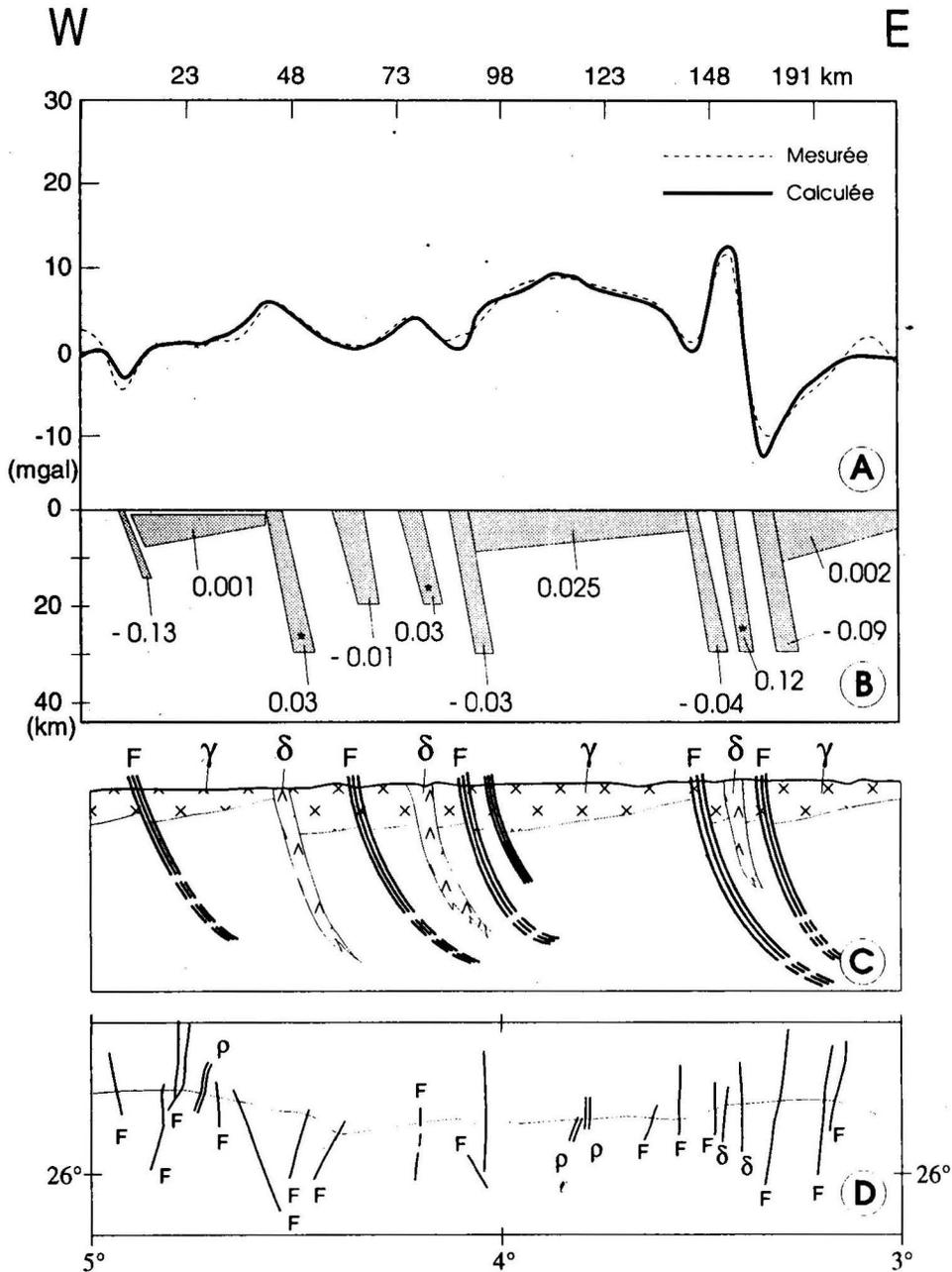


Fig. 26 - Interprétation gravimétrique le long du 26^{ème} parallèle entre 3 et 5° Ouest.
(Gravity modelling along the 26th parallel between 3 and 5° west.)

A, B -Interprétation géophysique; les étoiles représentent les contrastes de densité réellement significatifs. (Geophysical interpretation; stars represent the real significant density contrasts). **C** -Interprétation géologique. (Geological interpretation). **D** -Plan de position du profil gravimétrique et localisation des filons et des failles. (Les données concernant la modélisation et les densités se trouvent dans Aifa et al., 1993). (Location of the gravity line with superimposed faults and dykes. "Data concerning this section and density measurements can be found in Aifa et al., 1993). **F**: faille (faults); **ρ**: rhyolites ou microgranites (rhyolites or microgranites); **δ**: dolérites (dolerites).

MODELISATION MAGNETIQUE DES FILONS SUBMERIDIENS DE L'ENSEMBLE YETTI-EGLAB (DORSALE REGUIBAT)

Seules les marges continentales et les zones en extension généralisée présentent une telle régularité dans le sens du pendage des failles, qui sont là aussi toujours sub-parallèles en plan. De plus, la taille des blocs basculés limités par ces failles est en général de l'ordre de 20 à 30 Km de large; ceci peut par exemple être observé en sismique réflexion sur la marge armoricaine (Pinet *et al.*, 1991). Il nous semble donc que les filons étudiés correspondent à des limites de blocs basculés dont l'arête a été ultérieurement érodée.

VII - CONCLUSIONS

Tout en gardant à l'esprit que les méthodes de champ potentiel n'apportent jamais de solutions définitives, la cohérence apparente de nos modélisations vient conforter les conclusions déjà obtenues par le paléomagnétisme. En effet, selon cette méthode l'anticlinal de Tilemsi semble résulter du plissement de la couverture du Hank au-dessus de l'arête sommitale d'un bloc basculé créé en régime distensif (Aifa *et al.*, 1993). Selon cette interprétation, certains des filons doléritiques ou rhyolitiques pourraient résulter de la même phase de distension. On sait, en effet, que de telles injections existent entre les blocs basculés des marges

inactives (Dillon et Popenoe, 1988). Mais on peut aussi imaginer que profitant de ces discontinuités des injections plus tardives ont pu avoir lieu tant au Paléozoïque qu'au Jurassique; ceci expliquerait pourquoi certains filons sont scellés par la couverture du Hank alors que d'autres la traversent. On pourrait rattacher ce phénomène d'extension (Black *et al.*, 1971) à celui qui a précédé, vers 850Ma, l'ouverture d'un petit océan à l'Est du craton ouest-africain (Caby, 1978). Dans ce contexte, la formation calcaro-gréseuse du Hank représenteraient les séries syn-rift de la distension pré-panafricaine.

Nos deux zones tests ne présentent qu'une surface limitée de 45.000 km², mais l'homogénéité apparente des pendages vers l'Est (si l'on fait abstraction des sills) est telle, qu'il nous semble que l'on peut essayer d'étendre nos observations à l'ensemble Yetti-Eglab.

Il reste que pour l'instant, nous n'avons d'observation ni entre le lieu de la suture de cet océan (Lesquer *et al.*, 1984) et la zone de la balise Grizim, ni entre nos deux zones tests.

Les données acquises dans les deux zones prospectées nous semblent néanmoins suffisantes

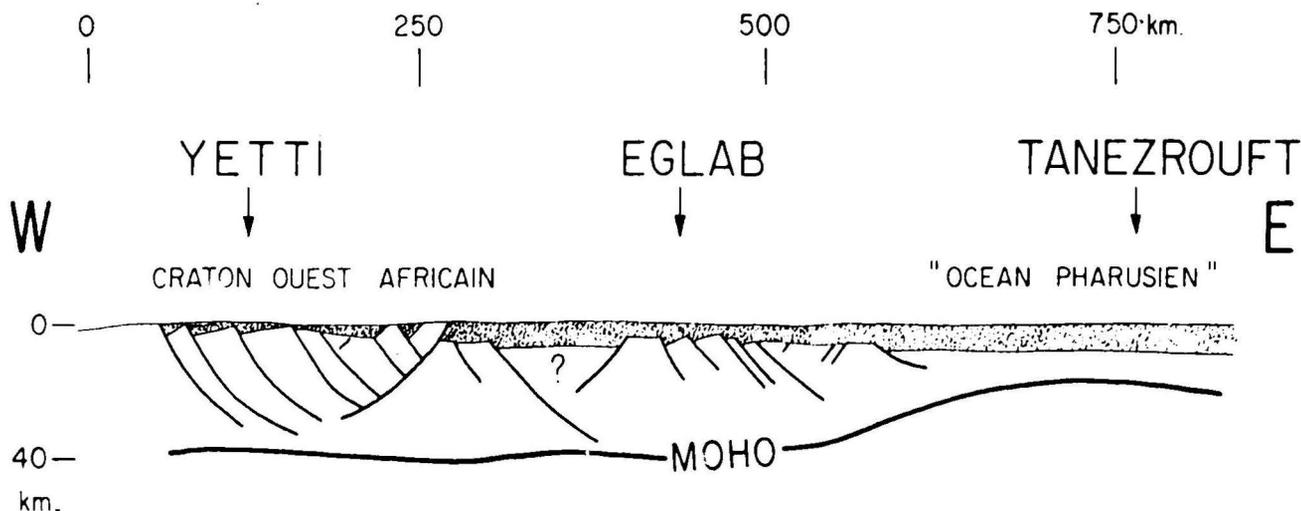


Fig. 27- Coupe possible de la marge orientale du craton ouest-africain avant la fermeture panafricaine (850Ma).

(Possible section of the eastern margin of the West African craton before the panafrican orogeny (850Ma).

Les sédiments sont représentés en gris. (Sediments are represented in grey).

pour postuler que la région Yetti-Eglab représente la marge inactive, non remobilisée par l'orogénèse panafricaine, de l'océan «Pharusien» (Bourmatte, 1975). La distance importante qui existe entre cette structure et la région du Yetti, et qui est de l'ordre de 500 Km est par exemple identique à celle du grand banc de Terre-Neuve (Lefort, 1989), où des blocs basculés et une extension importante affectent aussi une large zone (Bassi *et al.*, 1993). L'existence locale de pendages vers l'Ouest n'est pas incompatible avec ce modèle (Vendeville, 1987), (fig. 27).

Remerciements: Nous remercions l'ORGM et particulièrement B. Touahri et L. Bitam pour les moyens logistiques mis en oeuvre lors de la mission de terrain, ainsi que J. Roussel pour ses remarques constructives qui ont aidé à l'amélioration du manuscrit. Ce travail a été financé grâce au concours du Ministère des Affaires Etrangères Français et du Ministère de l'Industrie Algérien via le projet n° 90 MI-01 (responsables: J. Fabre et B. Touahri) dans le cadre de la Carte Géologique de l'Algérie à 1/500.000.

BIBLIOGRAPHIE

- Aifa, T., Lefort, J.P., Ouddane, M. et Calza, F. 1993. Mise en évidence d'antiformes générés en régime extensif sur la marge orientale du craton Ouest-Africain (région des Eglab): arguments paléomagnétiques et gravimétriques, *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*, vol. 4, 2, 121-136.
- Bassi, G., Keen, E. et Potter, P. 1993. Contrasting styles of rifting: models and examples from the eastern Canadian margin. *Tectonics*, 12, 639-655.
- Bassot, J.P., Bonhomme, M., Roques, M. et Vachette, M. 1963. Mesures d'âges absolus sur les séries précambriennes et paléozoïques du Sénégal oriental. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 5, 3, 401-405.
- Bertrand-Sarfati, J. 1972. Stromatolites columinaires du Précambrien supérieur (Sahara nord-occidental). Publication CNRS, *thèse ès Sciences Université de Montpellier*, 242 p.
- Bertrand-Sarfati, J. et Moussine-Pouchkine, A. 1992. Formation et comblement d'une dépression intraplateforme engendrée par la croissance d'un biostrome stromatolitique, Protérozoïque supérieur, Sahara algérien. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, t. 315, série II, 837-843.
- Black, R., Caby, R., Moussine-Pouchkine, A., Bayer, R., Bertrand, J.M., Bonhomme, M., Trompette, R. et Clauer, N. 1971. Preliminary Rb/Sr dating in the Upper Precambrian near Atar (Mauritanie). *Congrès International de Géochronologie (Bruxelles)* et *Ann. Société Géologique de Belgique*, 94, n°2, 109.
- Bourmatte, A., 1975. Carte gravimétrique du Tanezrouft (anomalies de Bouguer). *CNRS-ONRS-ORSTOM-SONATRACH*. 1 feuille.
- Buffière, J.M., Fahy, J.C. et Petey, J. 1965. Etude géologique de la partie orientale de la dorsale Réguibat. Région des Eglab et secteur Nord du Yetti. Rapport inédit., *SERMI*, Paris, 230p. Et Carte géologique au 1/500.000 de la région des Eglab et de la bordure nord du Yetti (Sahara occidental).
- Buffière, J.M., Fahy, J.C. et Petey, J. 1966. Sur l'ensemble précambrien Yetti-Eglab et sur sa couverture intra-tillitique en territoire algérien. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, série D, 262 (4), 1513-1516.
- Caby, R. 1965. Les formations précambriennes de l'extrémité orientale de l'axe cristallin Yetti-Eglab. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7, VII, 341-352.
- Caby, R. 1978. Paléogéodynamique d'une marge passive et d'une marge active au Précambrien supérieur: leur collision dans la chaîne pan-africaine du Mali. *Bulletin de la Société Géologique de France*, XX, 6, 857-861.
- Caen, L., Snelling, K.N., Delhal, J., Vail, J.R., Bonhomme M. et Ledent, D., 1984. The geochronology and evolution of Africa. Oxford University Press, New York. Clauer, N. 1976. Géochimie isotopique du Strontium des milieux sédimentaires. Application à la géochronologie de la couverture du craton Ouest-Africain. *Mémoires des Sciences Géologiques*. Strasbourg, 45, 256p.

MODELISATION MAGNETIQUE DES FILONS SUBMERIDIENS DE L'ENSEMBLE YETTI-EGLAB (DORSALE REGUIBAT)

- Dillon, W.P. et Popenoe, P. 1988.** The Blake plateau Basin and Carolina trough. *The Geology of North America Journal*, vol. 1/2, 291-328.
- Erem, 1983.** Travaux de reconnaissance et de prospection régionale du groupe Eglab, travaux géophysiques. *inédit*, (Boumerdès), 68 p.
- Fabre, J., Caby, R., Girod, M. et Moussine-Pouchkine, A. 1984.** Introduction à la Géologie du Sahara algérien et des régions voisines. I- la couverture Paléozoïque. *SNED (Editeur)*, Alger, 420 p.
- Gévin, P. 1951.** Sur la structure du massif cristallin Eglab- Yetti (Sahara occidental). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, 233, 1129-1130.
- Kahoui, M. 1988.** Etude d'un complexe granitique différencié et de sa couverture volcanique, incidence métallogénique. Cas du Djébel Drissa (Massif des Eglab, Algérie). *Thèse Université de Nancy*, 258 p.
- Lefort, J.P., 1989.** Basement correlation across the North Atlantic. Springer Verlag, *Ed.*, 150p.
- Lesquer, A., Beltrao, J.F. et De Abreu, F.A.M., 1984.** Proterozoic links between north-eastern Brazil and West Africa: A plate tectonic model based on gravity data. *Tectonophysics*, 110, 9-26.
- Magpoly, 1989.** Geosoft: software for geosciences. *Geosoft editor*.
- Pinet, B., Sibuet, J.C., Lefort, J.P., Schrooder, I. et Montadert, L. 1991.** Structures profondes de la marge des entrées de la Manche et du Plateau continental celtique: le profil WAM. *Mémoires de la Société Géologique de France*, 159, 167-183.
- Sabaté, P. 1973.** La jointure Yetti-Eglab dans la dorsale précambrienne du pays Réguibat (Sahara occidental algérien). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, t. 276, série D, 2237-2239.
- Sabaté, P. 1978.** Données géochimiques et radiométriques sur les volcanites calco-alcalines précambriennes de l'Eglab (Sahara occidental algérien). Esquisse de leur évolution géotectonique. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7, XX, n°1, 81-90.
- Sabaté, P. 1979.** Les volcanites Eglab: données radiométriques de la dernière expression magmatique calcoalcanique du cycle orogénique Eglab (Sahara occidental). *Revue de Géologie Dynamique et de Géographie Physique*, vol. 21, 3, 326-329.
- Sabaté, P. et Lameyre, J. 1973.** Magmatism and metamorphism in the Yetti-Eglab Precambrian formations of the R'guibat dorsale (Occidental Algerian Sahara). *7th Coll. Geol. Afric.*, Florence, *It. et Trav. Lab. Sci. Terre*, Marseille, B, n°11, Abstracts, 131-133.
- Sabaté, P. et Lomax, K. 1975.** Données stratigraphiques et paléomagnétiques de la région Yetti-Eglab (Sahara occidental algérien). *Bulletin BRGM*, série II, 4, 293-311.
- Sonarem, 1974.** Carte d'intensité du champ magnétique du territoire algérien, feuille NG30-Xau 1/200.000.
- Vendeville, B. 1987.** Champs de failles et tectonique en extension. *Mémoires et documents du Centre Armoricaïn d'Etude Structurale des Socles*, Thèse, 395p.