

Rôle du contrôle structural dans la mise en place du réseau hydrographique de Sebou et d'Inaouène entre Fès et oued Amlil (Maroc)

Abdallah DRIDRI¹ & Bouaza FEDAN²

1. Université Sidi Mohammed Ben Abdallah, Faculté des Sciences, Département de Géologie, B.P. 1796 Atlas, Fès, Maroc. e-mail : abdallahdridri@yahoo.fr.

2. Université Mohammed V-Agdal, Institut Scientifique, Département de Géologie, B.P. 703 Agdal, Rabat, Maroc. e-mail : fedan@israbat.ac.ma

Résumé. Les techniques d'analyse morphostructurale sont appliquées aux réseaux hydrographiques de Sebou et Inaouène qui drainent la région située à la jonction du Moyen Atlas, du Prérif et du sillon sud-rifain. La morphométrie et l'analyse du réseau d'entailles ont permis d'élaborer : le schéma structural ayant conditionné l'installation du réseau hydrographique qui a succédé à la phase lacustre plio-villafranchienne qu'a connue la région orientale du sillon sud-rifain ; sa configuration en relation avec la lithologie ; son orientation et les changements ultérieurs qui l'ont affecté. Ce schéma, qui montre un compartimentage altimétrique, est organisé autour de quatre directions structurales majeures : NW-SE, NE-SW, N-S et E-W. Cette analyse a permis également de reconnaître les structures tectoniques profondes, mises en évidence par les sondages électriques et de confirmer la continuité vers le nord des principaux axes structuraux de l'avant-pays atlasique. De plus, elle a permis de dégager le rejeu récent de certains accidents, notamment les accidents à orientation méridienne et celui de Tahla.

Mots-clés : Maroc, Rif, Moyen-Atlas, analyse morphostructurale, réseau hydrographique, néotectonique, Sebou, Inaouène.

Role of the structural control on the setting of the hydrographic network of Sebou and Inaouene rivers between Fes and oued Amlil (Morocco).

Abstract. Techniques of morphostructural analysis have been applied to the drainage of the region at the junction of the Middle Atlas, the Prerif and the south Rif corridor. The morphometric methods and the analysis of the drainage basin allowed us to propose a structural diagram that conditioned the setting of the hydrographic network, after a Plio-Villafranchian lacustrine phase recorded by the area ; its configuration in relation with the lithology ; its orientation and the later changes that it underwent. This diagram, that shows an altimetric partitioning, is organised around four major structural trends : NW-SE, NE-SW, N-S and E-W. This analysis also permitted, on the one hand, to recognize the deep tectonic structures, shown by the electric polls, and on the other hand, to confirm the continuity of the structural axis of the Atlas foreland toward the north, and reveal the recent recurrent faulting, particularly the faults with N-S orientation and the Tahla fault.

Key-words: Morocco, Rif, Middle Atlas, morphostructural analysis, hydrographic network, neotectonics, Sebou, Inaouène.

INTRODUCTION

Le bassin de Saïs a constitué au Plio-Villafranchien un lac que drainaient les affluents venant du Moyen Atlas et des zones orientales. Après le Villafranchien, ce lac s'est asséché (Rogui 1988), ses dépôts sont déformés et entaillés par un réseau hydrographique qui s'organise autour de deux grands axes : oued Sebou et oued Inaouène.

Cette région, qui a servi durant la période lacustre comme un réceptacle des affluents, ne constitue actuellement qu'une zone de transition. Les principaux axes de drainage ne confluent plus au niveau de Saïs mais se rejoignent dans le Prérif après avoir subi des changements brusques de direction.

A partir de la configuration actuelle du réseau hydrographique et de sa relation avec le cadre géologique général dans lequel il s'est développé, nous avons défini le cadre morphostructural ayant régi son installation ainsi que les causes des changements d'orientation des oueds qui le constituent. De plus, nous avons replacé ce réseau hydrographique dans son contexte tectonique post-plio-villafranchien.

CADRE GEOLOGIQUE GENERAL

La région étudiée s'étend depuis Fès à l'ouest jusqu'à oued Amlil à l'est. Elle forme la jonction entre le Prérif, le Moyen Atlas et le sillon sud-rifain (Fig. 1).

Le complexe marneux pré-rifain

Ce domaine, qui est situé au nord, a un relief peu accentué, ses terrains sont à dominante argilo-marneuse. Il s'agit de marnes bleues contenant des éléments remaniés de taille variable, et d'âge allant du Trias à l'Oligocène. La structure d'ensemble est liée au charriage de ce matériel, dont l'âge et la nature sont variés (marnes, gypse, calcaire et grès) ; d'où le nom de "complexe pré-rifain" attribué à cette partie du Rif (Vidal, 1977).

La bordure septentrionale du Moyen-Atlas

Cette bordure septentrionale orientée NE-SW, se relie vers l'est, au niveau du col de Touahar, au front sud du Prérif (Rachid 1997). Elle est représentée par le Causse de Tahla et le massif de Tazekka. Ces deux unités structurales sont séparées par l'Accident médian moyen-atlasique matérialisé par des failles NE-SW auxquelles s'associent des failles transverses et E-W.

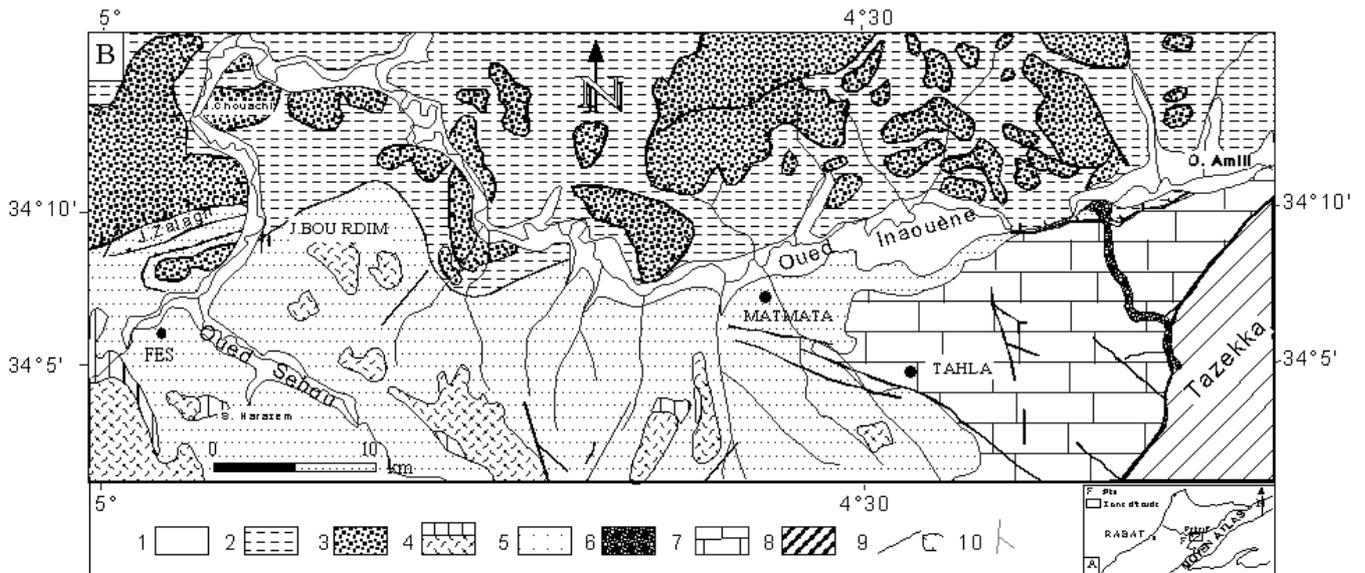


Figure. 1. Localisation (a) et carte (b) des domaines géologiques de la région étudiée (extrait de la carte structurale de la chaîne rifaine (Suter 1980). 1, vallée actuelle ; 2, complexe marneux ; 3, Nappe d'Ouezzane ; 4, Plio-quaternaire ; 5, marnes miocènes ; 6, basalte quaternaire ; 7, Causse de Tahla ; 8, Tazekka ; 9, contacts anormaux ; 10, réseau hydrographique.

Dans le massif de Tazekkaaffleure un matériel varié (schistes, grès, pélites et microgranites) dont l'âge s'étend de l'Ordovicien inférieur jusqu'au Dévonien moyen (Sabaoui 1998). Les accidents hercyniens majeurs affectant le massif de Tazekka sont réactivés pendant les temps méso-cénozoïques et ont guidé la structuration du Moyen Atlas (Sabaoui 1998).

Les carbonates liasiques du Causse de Tahla forment un monoclinal penté de 10° à 30° vers le nord et le nord-ouest. Ils sont transgressés par les dépôts miocènes du sillon sud-rifain et sont affectés par des failles subverticales N45 et N130 séparant une multitude de horsts et grabens (Charrière 1990, Sabaoui 1998).

Sur le plan tectonique, cette partie septentrionale du Moyen-Atlas a connu la même évolution que celle de toute la partie sub-tabulaire de la chaîne et qui est subdivisée en plusieurs causses (Martin 1981). Cependant, sa proximité au sillon sud-rifain l'a soumise à la subsidence miocène. Dès le Pliocène inférieur, elle a subi une tectonique compressive, couplée à la poussée rifaine, qui a induit un soulèvement généralisé. Cette surrection est responsable d'un basculement vers le Nord, et de la réactivation de certaines lignes structurales : les accidents N40 à N50 sont repris en failles inverses et ceux de direction N120-N140 en décrochements (Charrière 1990).

Notons que les accidents NE-SW, NW-SE et N-S sont restés actifs ultérieurement, comme en témoigne la déformation des terrains pliocènes et villafranchiens (Charrière 1990, Sabaoui 1998).

Une activité volcanique est synchrone à cette activité tectonique (Sabaoui 1998). Depuis Bab Azhar, les coulées de basaltes se sont étalées dans la vallée d'Inaouène pour recouvrir une terrasse du Pléistocène supérieur à Lamtahène.

Le sillon sud-rifain

Le sillon sud-rifain, appelée communément "couloir Fès-Taza", se rétrécit en allant de l'ouest vers l'est, pour se refermer au niveau du col de Touahar (Rachid 1997). Il est limité au sud par le Causse moyen-atlasique et au nord par le domaine pré-rifain et les rides sud-rifaines (jbel Zalarh). Ces lignes de reliefs à ossature jurassique surplombent les dépôts néogènes du bassin de Saïs et du complexe pré-rifain. Elles ont été érigées depuis la fin du Miocène moyen – début Miocène supérieur jusqu'au Pliocène inférieur (Faugères 1978).

Les dépôts miocènes du sillon sud-rifain sont organisés en deux unités sédimentaires (Cirac 1985) : les grès et les marno-calcaires à caractère transgressif sont bien développés sur les bordures méridionales du sillon ; les marnes bleues du Tortonien, à minces intercalations marno-gréseuses sont plus épaisses et occupent le centre du bassin. Plus à l'ouest, ces dépôts sont recouverts par les marnes sableuses jaunâtres et les grès messiniens, correspondant au faciès sahélien des auteurs (Taltasse 1953). Les terrains miocènes sont recouverts par une formation fluvio-lacustre du Pliocène supérieur où se côtoient sables, calcaires et calcilutites.

Le sillon sud-rifain, individualisé au Tortonien supérieur, a été soumis à une distension jusqu'au Pliocène. Par la suite, il a été affecté par une compression, responsable d'une inversion qui s'est déroulée en deux étapes :

- la phase compressive N025-030, fini-Miocène – début Pliocène, a engendré la surrection des rides sud-rifaines (Faugères 1978), le retrait de la mer pré-rifaine et la sédimentation néritique dans le Saïs ; elle est matérialisée au nord de Fès par la discordance des dépôts lacustres plio-quaternaires sur les marnes et grès du Miocène terminal ; de plus, au jbel Tratt, le Miocène supérieur, redressé contre un

décrochement senestre N50, dessine un éventail à valeur de discordance progressive (Aït Brahim *et al.* 1983) ;

– la phase compressive subméridienne, plio-quadernaire, a accentué l'exhaussement et le renversement de la limite septentrionale des calcaires lacustres (Aït Brahim *et al.* 1984). Cette tectonique est bien exprimée sur la bordure septentrionale de la plaine de Saïs, en relation avec la surrection des rides, alors qu'au sud, les déformations sont plus souples.

Dans le bassin de Saïs, plusieurs linéaments tectoniques orientés NE-SW à ENE-WSW soulignent le "couloir de failles Aïn Lorma–Meknès–Fès" (Morel 1988). À l'ouest du bassin et de part et d'autre de ce couloir, les dépôts sont affectés par une phase compressive d'âge pliocène inférieur ou moyen, dont la direction de raccourcissement est orthogonale à ce linéament. En outre, on note l'approfondissement de la dépression fluvio-lacustre du Saïs, qui est organisée en zones hautes et basses, suite à la réactivation de décrochements senestres.

BUT ET METHODOLOGIE

Bien qu'appartenant à des entités géologiques différentes, les domaines qui se côtoient dans la région d'étude sont affectés par les mêmes phases tectoniques, surtout celles de la période plio-quadernaire. Cette évolution structurale est conditionnée par la réactivation de structures cassantes ou plissées hercyniennes. De plus, elle est compliquée par le prolongement de ces structures, en surface ou en subsurface, d'un secteur à l'autre. Ainsi, les failles de la bordure septentrionale se prolongent sous les dépôts du sillon sud-rifain ; on peut citer comme exemples la faille de Zedra-Tahla (Sabaoui 1998), la faille d'Aït Amer, élément du faisceau de Tizi n'Treten qui s'étend de Bir TamTam jusqu'à Matmata, et la faille de Sebou qui se prolonge jusqu'à Fès (Charrière 1990).

Au Maroc, l'analyse morphostructurale a été utilisée lors de nombreux travaux dont ceux de Griboulard (1983), Aït Brahim *et al.* (1986), Morel (1988), Fraissinet (1989), Deffontaines *et al.* (1992), Zouine (1993), Chaoui (1996) et Alouane (1997).

Aucune étude spécifique du réseau hydrographique de la région d'étude n'a été réalisée, bien que des explications relatives à l'organisation de ce réseau aient été abordées par Dresch (1934), Laouina (1973) et El Fellah (1983).

La seule analyse du réseau hydrographique qui a touché à notre région est due à Deffontaines *et al.* (1992). Elle a été réalisée dans le cadre d'une investigation sur les failles à jeu récent au Maroc, on y souligne les principaux accidents qui traversent les différents domaines géologiques, notamment le Rif et le Moyen-Atlas.

Dans quelle mesure l'installation du réseau hydrographique est-elle influencée par la structure ?

Pour établir le cadre morphostructural qui a conditionné l'installation du réseau hydrographique, nous avons analysé les documents cartographiques selon les méthodes établies par Prud'homme (1972), Griboulard (1983), Collina-Girard (1989) Deffontaines (1990), et Collina-Girard & Griboulard

(1993). Deux types d'analyses ont été réalisées : celle concernant les surfaces enveloppes et celle relative au réseau hydrographique.

L'analyse des surfaces enveloppes est basée sur la carte des courbes d'isovaleurs des points hauts recensés sur les cartes topographiques au 1/50.000 de Fès Est, de Matmata et de Tahla. La surface fictive obtenue ne tient pas compte du creusement hydrographique. De son analyse se dégagent les ensembles homogènes ainsi que les discontinuités.

L'analyse du réseau hydrographique concerne sa description générale (Deffontaines & Chorowicz 1991) et sa hiérarchisation selon la méthode de Horton (1945). La superposition de la carte de la surface enveloppe à celle du réseau d'entailles a permis de mettre en évidence deux types d'entailles : les entailles orthogonales aux pentes de la surface enveloppe dont l'écoulement est gravitaire (normal) et les entailles obliques ou perpendiculaires aux orthogonales des pentes (contre-pente) générées par un écoulement anormal. Dans ce dernier cas, l'obstacle au drainage peut être de nature lithologique ou structurale. Les études statistiques effectuées sur les orientations des entailles ont permis de mettre en relief les directions préférentielles.

ANALYSE DE LA SURFACE ENVELOPPE

L'analyse de la surface enveloppe (Fig. 2) peut être abordée en utilisant différentes méthodologies. Dans le cas de cette étude, nous avons sélectionné les points cotés des cartes topographiques au 1/50.000. Trois types de points hauts ont été retenus : les points relativement hauts (Prud'Homme 1972), les points ceinturés, et les points hauts sur surface horizontale (Deffontaines 1990).

Cet échantillonnage de points a permis la réalisation numérique, grâce au logiciel Surfer, d'une carte en courbes de niveau. Nous avons procédé à des lissages multiples pour l'optimisation de cette carte dans le but de mettre en évidence les discontinuités morphologiques majeures.

La surface obtenue est la représentation intermédiaire entre une surface ancienne et les transformations cumulées qu'elle a subies depuis la création de ce relief. Cette surface, supposée plane au début, présente deux types d'anomalies morphologiques : les anomalies de surfaces non linéaires, positives ou négatives, et les anomalies linéaires que représentent les ruptures de pente ou les inflexions des isohypses.

Anomalies morphologiques de la surface

Sur cette surface sont individualisées des zones hautes et des zones basses (Fig. 2). Ces aires d'anomalies se répartissent globalement en bandes dont l'orientation est fonction de la région considérée. Dans la partie orientale, trois zones NE-SW sont mises en évidence : la zone haute de Tazekka, la zone basse d'Inaouène, comprise entre oued Amlil et sidi Bernoussi, et la zone haute située plus au nord, qui est très morcelée.

À l'ouest de ces trois bandes, on note un changement dans l'orientation des anomalies qui devient NW-SE. C'est le cas de la zone basse d'Inaouène ouest qui commence après Sidi

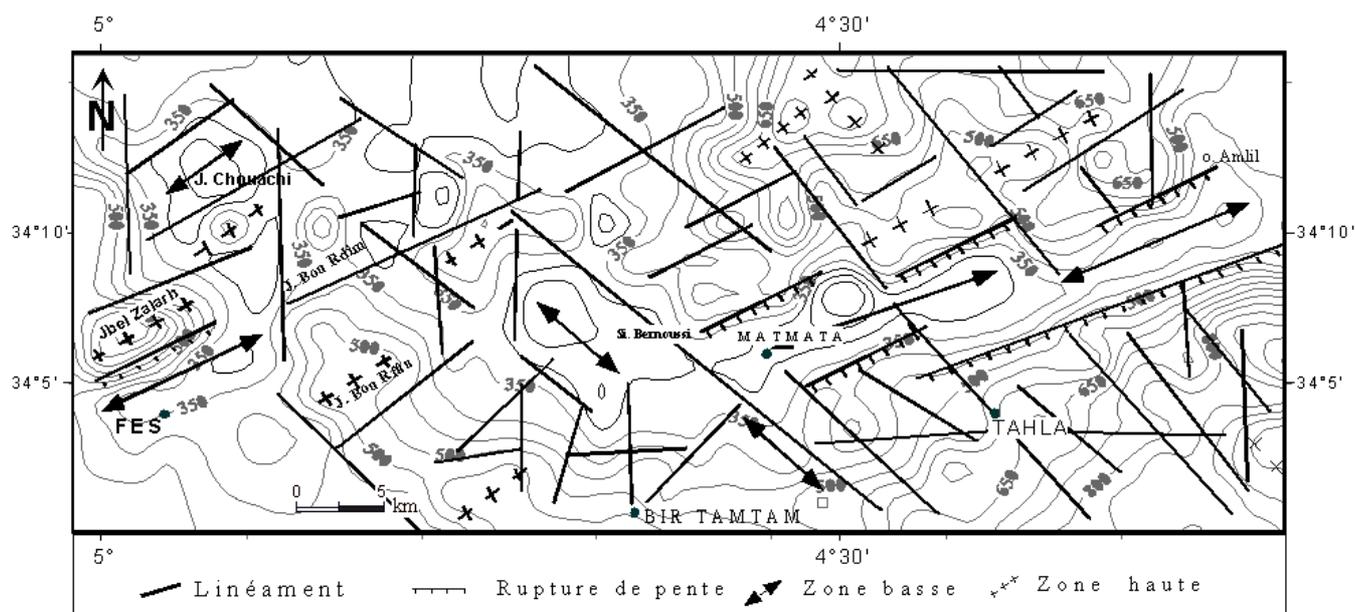


Figure 2. Carte d'analyse de la surface enveloppe des points hauts

Bernoussi et la bande qui s'étend de Bou Rfâa jusqu'au jbel Chouachi, correspondant à un alignement de zones hautes de faible extension.

Plus à l'ouest encore, se développe la zone haute de Zalarh qui est orientée NE-SW. Elle est séparée de la bande de Bou Rfâa – jbel Chouachi par une zone basse sub-méridienne.

Anomalies morphologiques linéaires

Deux groupes d'éléments peuvent être dégagés de cette analyse (Fig. 2) : les ruptures de pente et l'alignement d'inflexions de courbes de niveau. Le premier groupe caractérise les bordures des zones d'anomalies morphologiques, alors que le deuxième groupe recoupe les différentes zones ou se cantonne à leurs limites.

Dans l'orientation de ces linéaments, trois directions principales sont définies : NE-SW, NW-SE et N-S. Une quatrième direction E-W, de moindre importance, se développe au sud de Tahla et se prolonge de Tazzeka jusqu'au sud de Matmata.

De la répartition de ces linéaments se dégagent deux grands domaines : le domaine oriental où dominent les linéaments NW-SE, le domaine occidental à linéaments NE-SW et N-S. Ils sont séparés par le méridien du coude d'Inaouène à Sidi Bernoussi.

Notons que les linéaments NW-SE de la zone sud-est et les linéaments NE-SW de la partie occidentale se prolongent plus au nord pour se recouper dans la zone pré-rifaine.

Synthèse et interprétation

L'analyse de la surface enveloppe a permis de différencier deux secteurs. Le premier secteur, situé au nord-est, est caractérisé par l'alignement de deux zones hautes que sépare une zone basse. Ses éléments morphologiques, orientés NE-SW et limités par des ruptures de pente de

même orientation, sont parcourus par des linéaments transverses. Quant au deuxième secteur, il est composé d'ensembles morphologiques (la zone basse d'Inaouène ouest, qui commence après Sidi Bernoussi, ainsi que le couloir Bou Rfâa – Chouachi), orientés NW-SE, bien que ses zones hautes sont de direction NE-SW. Ces deux secteurs sont séparés par une discontinuité NW-SE.

Dans cette organisation, on note la juxtaposition de zones basses et de zones hautes. Cette configuration implique l'existence de mouvements verticaux différenciés. Notons que les changements de direction des différents éléments morphologiques coïncident avec les directions des vallées principales.

TYOLOGIE ET CARACTERES GRAPHIQUES DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le chevelu hydrographique englobe tous les thalwegs dont l'origine est liée à la circulation des eaux permanentes ou temporaires. Les indications que l'on peut déduire de son analyse intéressent à la fois la lithologie et la structure. Ce chevelu hydrographique est décrit dans un premier temps. Ensuite, la répartition et l'orientation des drains sont examinés.

Typologie du réseau hydrographique

La typologie du réseau est fonction de la lithologie qui conditionne la fréquence des collecteurs. Plus le substratum est imperméable, plus le ruissellement sera important et le réseau sera dense.

L'analyse du réseau hydrographique est basée sur la classification descriptive de Howard (1967), d'où la définition de cinq zones subhomogènes (Fig. 3).

– La zone I, située au nord, correspond au domaine pré-rifain à matériel essentiellement marneux. Elle est

drainée par un réseau de type dendritique, régulièrement réparti. Toutefois, on note une augmentation de la densité du réseau en allant vers l'ouest.

– La zone II, localisée au sud de la première, est caractérisée par deux lithologies perméables : les carbonates karstifiés du Jurassique (plateau de Tahla) et les dépôts détritiques mio-plio-quaternaire (grès et conglomérats) qui sont cantonnés au centre et à l'ouest de cette zone. Elle se distingue par un réseau dont le nombre de tributaires est très limité.

– La zone III, située à l'ouest des deux précédentes et parcourue par l'oued Sebou. Très complexe, cette zone présente mélange de deux types de réseaux hydrographiques : un réseau dendritique sur substrat marneux et un réseau de type treillis au contact avec la Nappe d'Ouezzane.

– La zone IV, correspondant à la région paléozoïque de Tazekka, cette zone est marquée par une importante fracturation. Elle est caractérisée par un réseau de type rectangulaire où les confluences entre les chenaux sont perpendiculaires et les drains subissent de brusques changements de direction.

– La zone V est la plus réduite. Les terrains y sont plissés et sa pente régionale est modérée. Les drains y sont parallèles et orientés NW-SE, ce qui caractérise un réseau de type parallèle.

Caractères graphiques

Orientation des principales vallées

La vallée d'Inaouène suit une direction N60 entre Taza et sidi Bernoussi (Fig. 3). Si l'oued Inaouène avait gardé cette direction, il serait arrivé jusqu'au Saïs, mais son cours dessine un coude dans la région de sidi Bernoussi pour couler vers le Prérif en suivant la direction N120-130.

En amont de ce coude, la direction d'oued Inaouène est conditionnée par le front sud-rifain. Le changement de la direction de son cours s'est effectuée dans une zone à lithologie homogène, loin de ce front. Ce cas de situation nous incite à élucider le moteur de ces modifications de direction des oueds.

Depuis Ain el Ouali jusqu'à Fès, l'oued Sebou traverse les terrains du SE vers le NW. Au pied du jbel Zalarh, son cours dessine un premier coude, pour longer cette entité morphologique. Plus loin, il acquiert une direction subméridienne jusqu'au Prérif où il reçoit les apports de l'Inaouène.

Les cours des oueds Sebou et Inaouène sont rectilignes ou montrent des virgations selon la région traversée. Cette configuration du réseau hydrographique est dictée par le cadre géologique de la zone considérée.

Orientation globale de l'ensemble des drains

Dans la géométrisation des cours d'eau on considère certains tronçons des affluents comme étant des segments de droites. La détermination de leur orientation et le traitement statistique des données montrent qu'il existe quatre directions préférentielles. Sur la figure 4, on note une nette prédominance de la direction N-S sur la direction E-W. Ces deux directions majeures sont relayées respectivement par la direction NE-SW, développée au nord d'Inaouène et à l'est du Sebou et la direction NW-SE, bien représentée au SE et au NW de la région.

Orientation des drains anormaux

Afin d'étudier les anomalies de drainage, la carte du réseau hydrographique a été superposée à celle de la surface enveloppe construite à partir de l'ensemble des points hauts (Fig. 5). Les drains anormaux correspondent aux

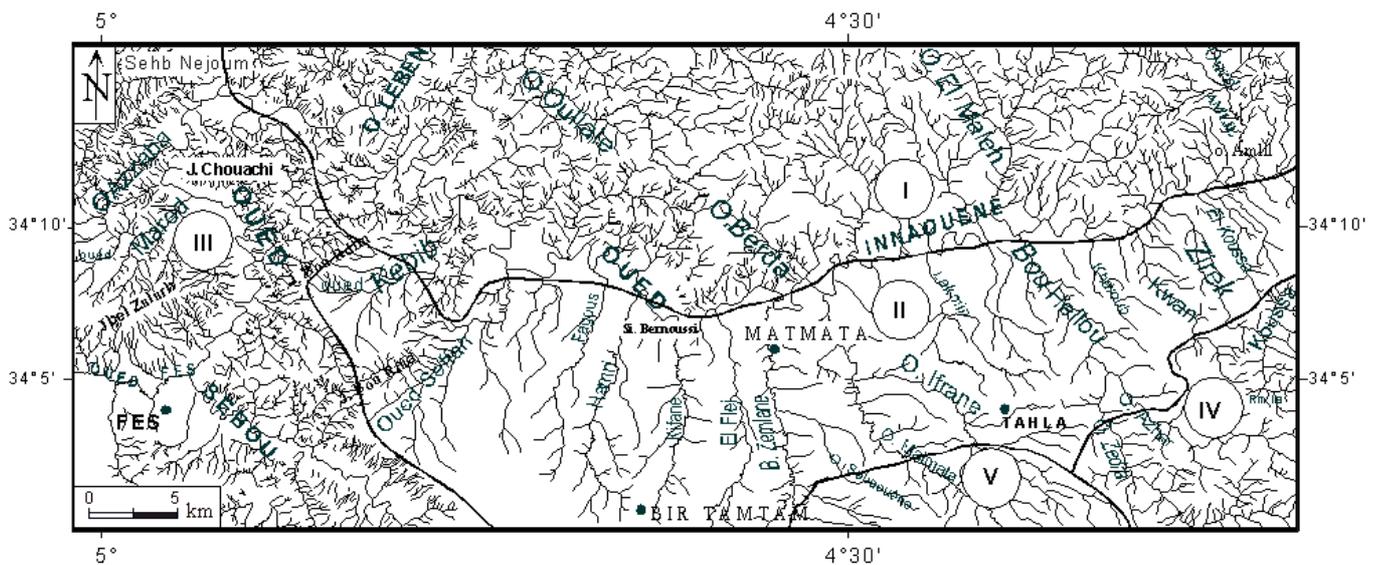


Figure 3. Carte du réseau hydrographique et des zones homogènes

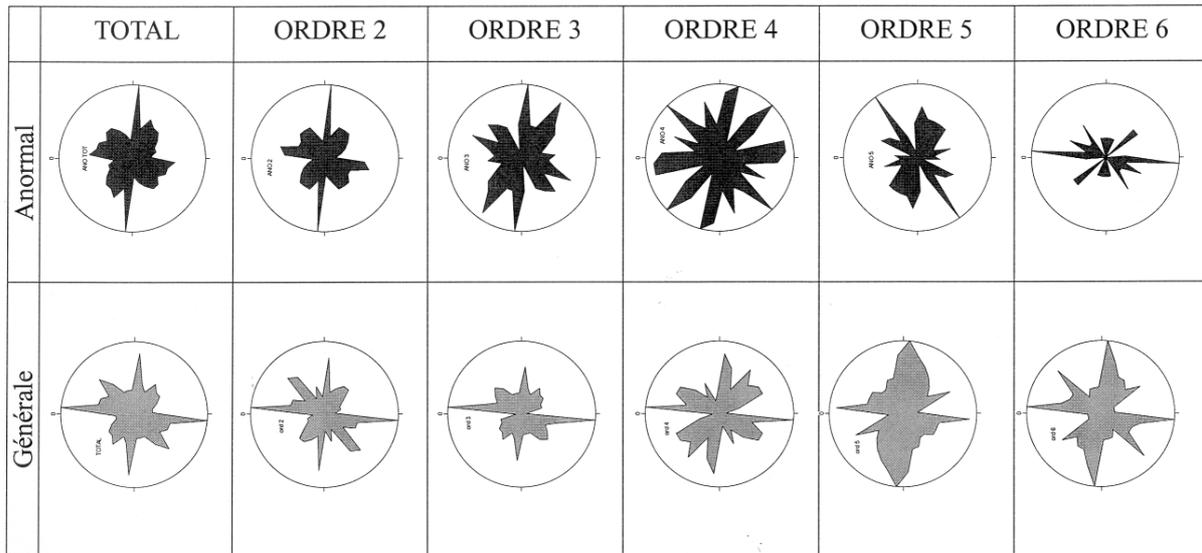


Figure 4. Rosaces des fréquences des directions des drains

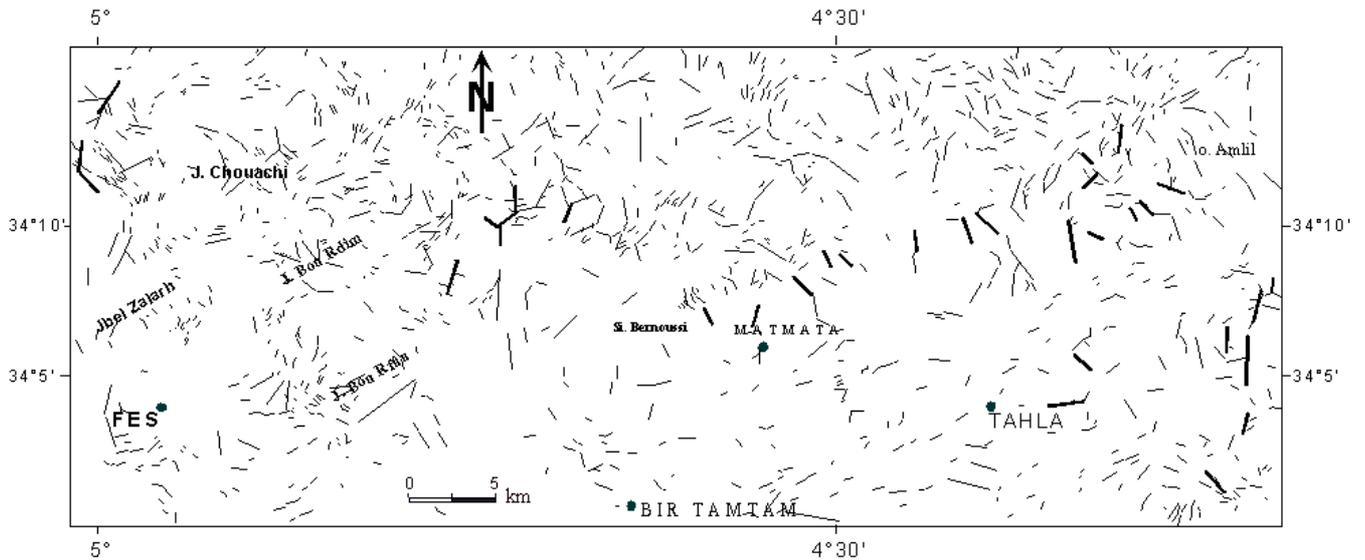


Figure 5. Carte des anomalies de drainage

segments à écoulement oblique par rapport à l'orthogonale des isohypses de la surface enveloppe et tous ceux qui coulent à contre-pente. Ces derniers sont considérés par Deffontaines (1990) comme indicateurs d'une néotectonique récente. L'analyse statistique des directions de segments anormaux met en évidence des directions préférentielles. Leur répartition globale privilégie la direction E-W qui est dominante. Le deuxième mode est matérialisé par la direction NNE-SSW à NE-SW. Quant à la direction NW-SE, elle vient en troisième position. Enfin la direction méridienne, mineure, se marque surtout par les anomalies d'écoulement à contre-pente.

Etude comparée des orientations des drains hiérarchisés

Suite à la hiérarchisation du réseau, il est possible de parfaire l'analyse des orientations du réseau en examinant les ordres des différents drains. De l'examen des différents

histogrammes établis ressortent des ressemblances et des différences dans les fréquences et les orientations (Fig. 4).

Les rosaces où sont présentées les orientations générales des différents ordres sont dominées par les directions E-W et N-S. Ces deux directions forment un ensemble à évolution inverse des ordres inférieurs aux ordres supérieurs où on note la croissance des fréquences de la direction E-W aux dépens des directions N-S qui régressent. Quant aux autres directions, NE-SW et NW-SE en particulier, elles sont en équilibre quelque soit l'ordre considéré.

Dans les rosaces des directions anormales, la direction E-W augmente jusqu'à devenir dominante dans l'ordre 2. Exception faite de l'ordre 6 où le taux des drains de direction E-W est faible. Les drains de direction NE-SW sont importants dans les ordres 4 et 5. Ceux ayant une

direction NW-SE sont dominants aux ordres 3 et 4. Quant à la direction N-S, elle n'est importante qu'à l'ordre 6.

De cette étude des orientations des drains hiérarchisés, on peut retenir que l'importance des taux des drains est fonction du type d'analyse effectuée : orientation générale de tous les drains ou uniquement celle des drains anormaux. La comparaison des différentes valeurs au sein d'un même ordre montre la prépondérance de la direction EW, exception faite des ordres supérieurs de l'écoulement anormal. La direction N-S, dominante dans l'écoulement normal, n'est prépondérante qu'à l'ordre 6. Les directions NE-SW et NW-SE, en équilibre dans le cas de l'analyse de tous les drains, montrent des différences aux ordres de l'écoulement anormal.

Alignements

De l'examen de la carte du réseau des entailles on peut déduire l'existence d'alignement de plusieurs tronçons du réseau et de coudes, appartenant à des systèmes fluviaux différents. Ces linéaments se répartissent selon quatre directions préférentielles (Fig. 6) :

- les linéaments NW-SE sont les plus fréquents. Ils se répartissent plus ou moins régulièrement depuis Bou Rdim jusqu'aux zones orientales. Ils se prolongent depuis le sud-est de la région d'étude vers le nord et le nord-ouest ;
- les linéaments NE-SW sont moins fréquents et moins étendus que les précédents. Ils se situent dans la partie ouest et sud-est de notre région ;
- les linéaments N-S sont développés dans la région de Tazekka ainsi que dans la vallée de Sebou ;
- les linéaments E-W caractérisent le nord d'Inaouène et la région de Tahla.

Deux zones de recoupement des axes d'alignements sont mises en évidence. La première caractérise la région de

Tahla où les axes E-W et NW-SE se recoupent. La seconde est cantonnée au nord du coude d'Inaouène où se croisent différents types d'axes.

Ces axes d'alignements n'affectent pas les secteurs à couverture mio-pliocène et quaternaire.

Etude morphométrique des réseaux de drainage

Les variations de la longueur des thalwegs, notamment des drains d'ordre 3, sont corrélables aux structures tectoniques profondes enfouies sous une couverture sédimentaire plus ou moins épaisse (Collina-Girard & Griboulard 1990). D'après ces auteurs l'interprétation qui est faite des cartes morphométriques est fondée sur la constatation répétée qu'aux axes de faibles longueurs de drains correspondent des structures « positives » (antiformes, horst..) alors qu'inversement aux axes de fortes valeurs correspondent des structures « négatives » (synformes, grabens..) (Fig. 7).

A l'issue de l'analyse de la carte de la morphométrie des drains d'ordre 3 (Fig. 8), deux faits peuvent être retenus : la répartition des drains n'est pas aléatoire, mais suit des orientations régulières et la concentration des structures au sud de Matmata. En effet, dans la zone centrale les axes de forte valeur orientés E-W sont interrompus par des contacts brutaux subméridiens ; au sud desquels se développent d'autres axes, également E-W, mais de faibles valeurs. Cette organisation correspondrait à la succession de synformes et d'antiformes que séparent des discontinuités structurales.

A l'est et au nord de cette zone médiane, la direction des structures est NW-SE alors qu'elle est NE-SW à l'ouest.

L'organisation structurale profonde de cette partie centrale, est conforme aux résultats de la prospection par sondage électrique (El Fijji *et al.* 1985).

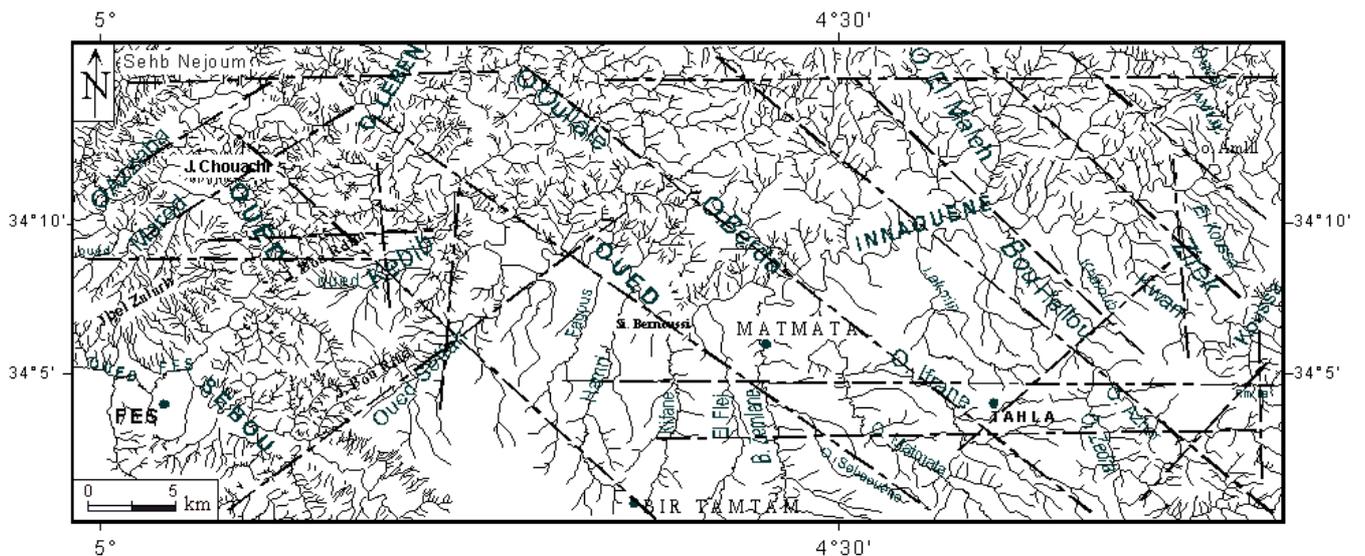


Figure 6. Carte des linéaments hydrographiques

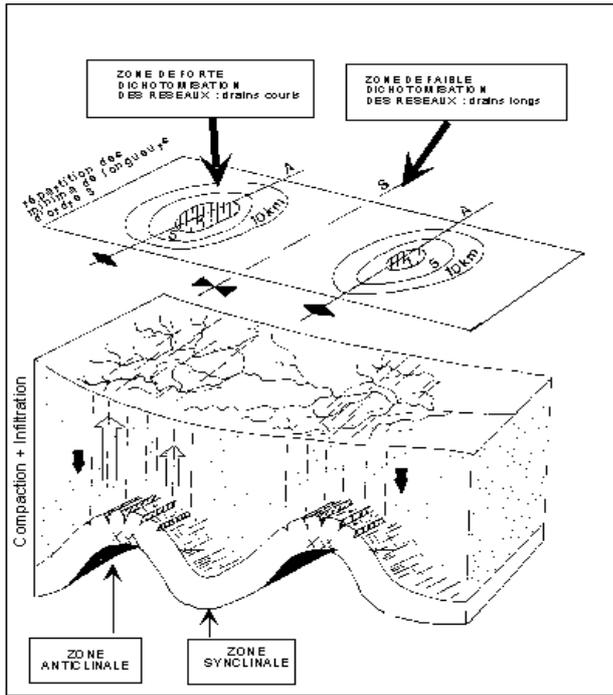


Figure 7. Schéma interprétatif des corrélations observées entre structures enfouies et le réseau de thalwegs.(Collina-Girard & Griboulard 1990)

SYNTHESE ET INTERPRETATION

L'établissement de la carte synthétique morphostructurale (Fig. 9) est basé sur la sélection des linéaments qui se superposent ou qui sont parallèles aux accidents reconnus, ainsi que ceux ayant une grande extension. Les structures liées aux déformations de la surface sont également prises en compte. Dans cette sélection des linéaments, quatre directions principales sont retenues : NE-SW, NW-SE, N-S

et E-W. Toutes ces directions, bien qu'elles soient proches et se recoupent, sont diachrones. De plus, elles sont générées au cours d'une évolution géologique dont la dernière étape est marquée par une réorientation des contraintes entre le Miocène supérieur et le Quaternaire.

Structures linéaires

Les linéaments de direction NW-SE

Les axes NW-SE, très fréquents, sont le plus souvent marqués par des thalwegs. Leur fréquence est élevée dans la partie orientale où de nombreux drains suivent, au moins en partie, cette direction. A titre d'exemple on peut citer : les oueds Zedra et Azhar qui sont des affluents de Bou Hellou, et également les oueds Kwan et Zirek.

En plus de ces accidents qui disloquent le Causse de Tahlâ, se développent plusieurs discontinuités, qui, prenant naissance au sud, se prolongent vers le nord :

- le linéament qui coïncide avec la faille de Tahlâ, que suit oued Ifrane, et dont le prolongement vers le nord est marqué par plusieurs affluents dont les coudes suivent cette direction ; c'est le cas des oueds Oullal et Berda ;
- le cours d'Inaouène, qui après le coude de sidi Bernoussi, est marqué par un linéament dont le prolongement sud-est est jalonné par l'oued Sebaouène ;
- le linéament qui correspond à la limite du front préfaïen n'est suivi par aucun affluent, sa manifestation par les inflexions des courbes d'isovaleurs de la surface enveloppe se traduit par un alignement de coudes ;
- le linéament que suit oued Sebou, avant le coude au pied de jbel Zalarh, matérialise la continuité de la faille de Sebou qui a joué un grand rôle dans l'orientation du cours de Sebou entre El Ouata et Fès (Charrière 1990).

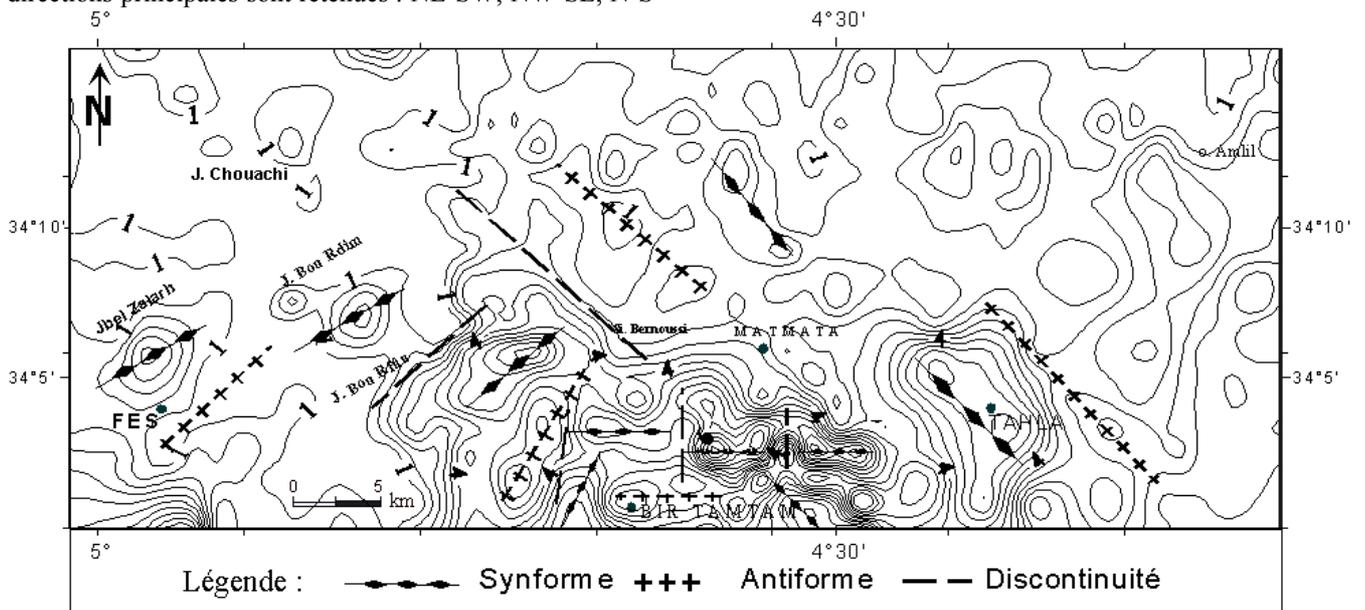


Figure 8. Carte des longueurs des drains d'ordre 3

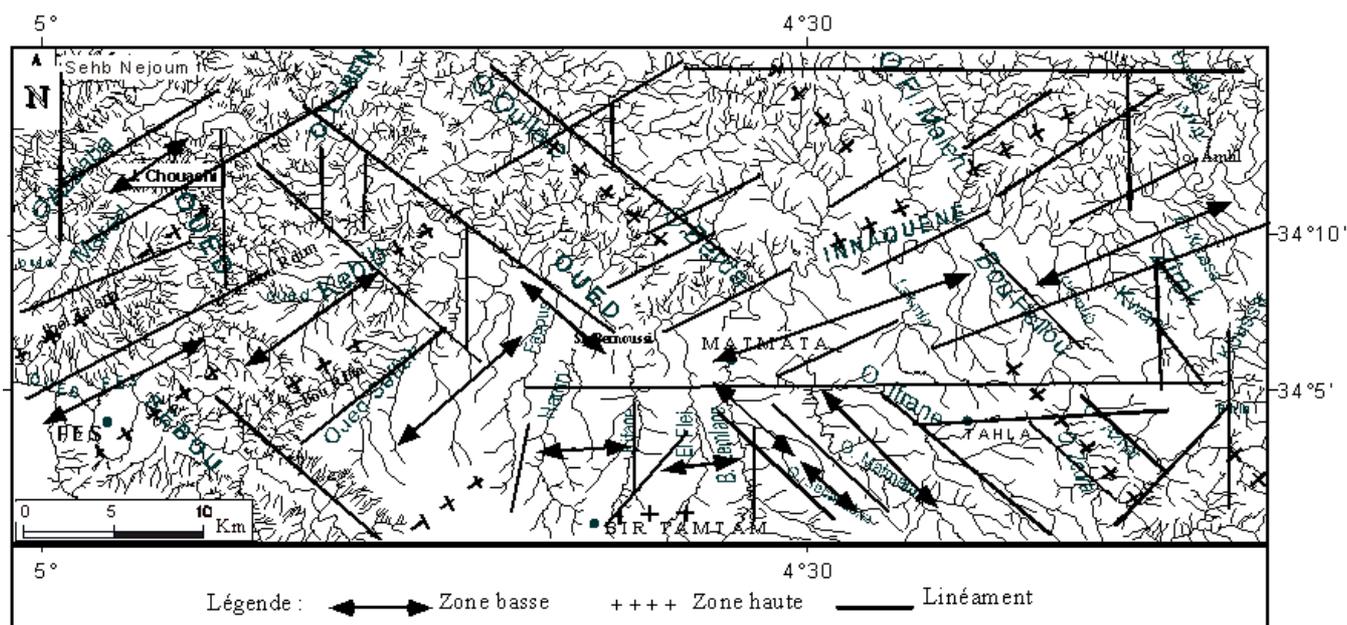


Figure 9. Carte synthétique des principales structures révélées par l'approche morphostructurale

Ces accidents font partie du réseau de l'Accident moyen-atlasique. Ils ont connu une réactivation récente en relation avec la compression fini-tertiaire. Ce régime tectonique s'est exprimé par la remobilisation de certains accidents en décrochement (Aït Brahim *et al.* 1986, Charrière 1990 et Sabaoui 1998) : la faille d'oued Sebou et la faille de Tahla dont les prolongements vers le NW ont entraîné un basculement vers le nord qui serait responsable du changement de la direction du cours de Inaouène.

Les axes orientés NE-SW

Ce sont ces accidents NE-SW qui ont guidé l'évolution méso-cénozoïque du Moyen Atlas (Fedan 1988). Ils ont connu une activité tectonique récente exprimée par la déformation des dépôts mio-pliocènes le long de la zone de passage de l'accident de Tizi n'Treten (Charrière 1990). Les accidents qui affectent la région d'étude constituent le prolongement vers le nord des failles majeures de l'avant-pays atlasique. Ces axes se concentrent plus à l'ouest qu'à l'est :

- l'accident dont le tracé est longé par oued Seffah, correspond à la faille qui longe Bou Rfâa pour se prolonger vers le NW ; cet axe, dont le tracé arrive jusqu'à Tissa (Deffontaines *et al.* 1992), est appelé faisceau Meknès - Aïn Lorma - Fès (Morel 1990) ;
- les accidents qui encadrent jbel Zalarh, en particulier la faille sud dont le tracé est suivi en partie par l'oued Fès, ont contrôlé le cours de Sebou après le coude au pied de jbel Zalarh ; cet axe se poursuit vers le NE en direction de jbel Bou Rdim ;
- l'accident qui passe au nord-ouest de Bir Tam Tam constitue le prolongement de l'accident d'Aït Amer (Charrière 1990), cet accident fait partie du réseau de Tizi n'Treten, et qui se prolongerait sous les formations du Sillon sud-rifain ;

- dans la partie sud-est, le linéament limitant le Causse du Tahla, est une branche de l'accident médian moyen-atlasique ;

- les ruptures de pentes qui encadrent la vallée d'Inaouène.

Directions Nord-Sud

En général, les accidents subméridiens ont connu une activité récente, comme en témoigne l'orientation méridienne des anomalies d'écoulement à contre pente. La région d'étude est traversée par la faille de Rhafsaï (Deffontaines *et al.* 1992), qui passe à la hauteur de la vallée d'oued Sebou.

La plupart des linéaments reconnus résulteraient de la réactivation d'une fracturation hercynienne. Ils englobent également les nouvelles structures ayant pris naissance durant la structuration de ces régions du Miocène supérieur à l'Actuel. Notons que la répartition de ces axes se concentre dans quatre zones :

- la zone de Tazzeke est marquée par deux axes, le premier accident, situé au SE, coïncide avec un axe d'écoulement à contre pente, ce qui attesterait d'une activité néotectonique ; en effet, les oueds Koussa et Rmila, capturés par oued Zirek au Quaternaire moyen (El Fellah 1983), convergent vers cet axe ; cet accident correspond également à la limite entre le bloc de Tazzeke et le Causse ; le deuxième axe est souligné par des portions de thalwegs, notamment oued Kwan et la partie aval de Zirek, ce dernier a servi de conduit pour la coulée basaltique du Quaternaire moyen ;
- la zone de Sebou ou vallée de Sebou est encadrée par des axes subméridiens qui formeraient la continuité de l'accident de Rhafsaï (Deffontaines *et al.* 1992) ;
- la zone de Matmata dont le réseau hydrographique suit cette direction ; l'analyse de la carte de la morphométrie

des drains d'ordre 3 a mis en évidence des accidents N-S enfouis sous la couverture mio-plio-quadernaire ; ce qui est confirmé par la géophysique (El Fjiji *et al.* 1985) ;

– la zone située à l'ouest du coude d'Inaouène se marque par la concentration des axes N-S, ces failles sont cantonnées dans un couloir orienté NW-SE, situé entre la ligne d'Inaouène et la limite du front pré-rifain.

Directions Est-Ouest

Bien que cette direction soit peu marquée, elle est caractérisée par des linéaments de grande amplitude. Le plus important de ces accidents se situe au sud et s'étend depuis Tazzeke jusqu'au pied de Bou Rfâa. Aucun affluent important ne suit cette direction qui est signalée par l'alignement de nombreux segments où plusieurs coudes sont fréquents. Notons que cette direction est bien nette sur la surface enveloppe.

Les anomalies de la surface

Les anomalies de la surface sont révélées par l'étude morphométrique et l'analyse de la surface enveloppe. Elles sont soulignées également par certaines particularités du réseau hydrographique.

Les zones hautes peuvent être marquées par un drainage particulier ; c'est le cas de jbel Zalarh qui est souligné par un drainage radial et de l'inflexion en arc de cercle du cours de Sebou. Dans d'autres cas, ces zones se juxtaposent à des limites de partage des eaux dans la zone pré-rifaine ou à des flancs surélevés encadrant des synclinaux (Bou Rfâa). Elles forment également des zones surélevées comme c'est le cas du Causse de Tahla et celui de la région de Bir Tam Tam.

Certains oueds coulent selon des tracés proches ou parallèles aux structures basses. Ils semblent donc se superposer à des zones synclinales, comme c'est le cas des oueds Fès, Kebib et Matmata.

Le cours de l'Inaouène suit une zone effondrée à l'est. Après le coude d'Inaouène à sidi Bernoussi, la vallée de cet oued apparaît comme une structure synclinale qui constituerait le prolongement du synclinal d'Aït Serrouchène.

Notons que les structures synformes, situées au Sud de Matmata, ne sont pas marquées par des drains. Cette particularité pourrait être liée à un enfouissement des structures.

CONCLUSIONS

L'étude morphométrique et l'analyse du réseau d'entailles, appliquées au réseau hydrographique de Sebou et d'Inaouène, ont permis d'élaborer un schéma morphostructural logique. Ce schéma s'intègre bien dans le cadre structural de la région comprise entre Fès et oued Amlil. Il est dominé par quatre directions structurales dont la répartition permet de définir des secteurs où certaines directions sont plus présentes que d'autres. La typologie du réseau hydrographique, en plus de ces axes structuraux traduisent bien les caractéristiques lithostructurales de ces secteurs.

La comparaison des résultats de la morphométrie et du réseau d'entailles a permis de confirmer certaines directions structurales. Mais en ce qui concerne les structures enfouies et l'estimation de l'extension de certaines failles sous la couverture cénozoïque, le recours aux données d'autres types d'analyses est indispensable, bien que cette analyse permet de fournir des indices très significatifs.

L'organisation structurale est échafaudée au cours des temps méso-cénozoïques suite à une évolution géodynamique complexe. Soulignons que l'étude du réseau hydrographique, dont les drains suivent certaines directions structurales, peut être considérée comme un bon révélateur tectonique. De plus, les changements de la direction des cours de certains oueds, ainsi que l'existence de drains anormaux à écoulement à contre-pente, seraient des indices de la réactivation de certaines structures, notamment des accidents méridiens et de l'accident de Tahla, ce qui concorde parfaitement avec les données structurales de la région. Cependant seule l'observation sur le terrain peut déterminer l'ampleur de ces mouvements et leurs conséquences sur le pouvoir d'incision des cours d'eau ou leur migration latérale.

Références

- Aït Brahim L. & Chotin P. 1983. Mise en évidence d'un épisode compressif dans les calcaires plio-quadernaires du bassin de Saïss, Rif, Maroc. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 296, sér. II, 1333-1336.
- Aït Brahim L. & Chotin P. 1984. Mise en évidence d'un changement de direction de compression dans l'avant-pays rifain (Maroc) au cours du Tertiaire et du Quadernaire. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), XXVI, 681-691.
- Aït Brahim L. & Rozanov M. 1986. Apport de l'analyse morphométrique pour la connaissance de la néostructure de la chaîne rifaine. *Bull. Sci. Terre*, Rabat, 2, 99-111.
- Alouane M. 1997. Le Quadernaire marin du Cap Achkar (Tanger, Maroc) : néotectonique et lithostratigraphie. *J. Afr. Earth Sci.*, 25, 3, 391-405.
- Chaoui A. 1996. *Apports des données multisources à la compréhension de la cinématique des principales failles de la péninsule de Tanger depuis l'Oligocène supérieur jusqu'à l'actuel ; (Rif septentrional, Maroc)*. Thèse 3^{ème} Cycle. Univ. Mohammed V, Rabat, 256 p..
- Charrière A. 1990. *Héritage hercynien et évolution géodynamique alpine d'une chaîne intracontinentale: Le Moyen Atlas au SE de Fès (Maroc)*. Thèse d'Etat ès-Sciences, Univ. Toulouse, France, 589 p.

- Cirac P. 1985. *Le bassin sud-rifain occidental au Néogène supérieur. Evolution de la dynamique sédimentaire et de la paléogéographie au cours d'une phase de comblement*. Thèse ès-Sciences, Univ. Bordeaux I, France, 2 t, 285 p.
- Collina-Girard J. 1989. Application des techniques de l'analyse cartographique (analyse morphostructurale) : exemple du Roussillon. *Géol. Médit.* XVI, 4, 321/340.
- Collina-Girard J. & Griboulard R. 1990. La structuration profonde du plateau de Valensole (Alpes). Apport des analyses des réseaux d'entailles et des surfaces topographiques. *Géol. Médit.* XVII, 2, 153-171.
- Collina-Girard J. & Griboulard R. 1993. Le réseau de drainage comme marqueur structural : application au plateau de Valensole. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, 53, 65-76.
- Deffontaines B. & Chorowicz J. 1991. Principle of hydrographic network analysis from multisource data, application to structural analysis of the Zairian basin. *Tectonophysics*, 194, 237-263.
- Deffontaines B. 1990. *Développement d'une méthodologie morphonéotectonique et morphostructurale ; analyse des surfaces enveloppes, du réseau hydrographique et des modèles numériques de terrains ; Application au Nord-Est de la France*. Thèse, Univ. Paris VI, France, 230 p.
- Deffontaines B., Chotin P., Aït Brahim L. & Rozanov, M. 1992. Investigation of active faults in Morocco using morphometric methods and drainage pattern analysis. *Geol. Rundsch.*, 81/1, 199-210.
- Dresch J.C. 1934. Remarques sur le cours de l'oued Sebou dans la région de Fès. *Hesperis*, 19, 1-2, 21-26.
- El Fellah B. 1983. Contribution à l'étude morphologique du couloir de Taza. *Bull. Inst. Sci.*, Rabat, 7, 51-63.
- El Fjiji H., Chafiki D. & Boukdiri A. 1985. Prospection par sondages électrique des formations liasiques: Couloir Fès-Taza, Bir Tam Tam - Oued Amlil. Rapport inédit, Direction de la recherche et de la planification de l'eau, Rabat,
- Faugères J.C. 1978. *Les rides sud rifaines. Evolution sédimentaire d'un bassin atlantico-mésogéen de la marge africaine*. Thèse ès-Sciences, Univ. Bordeaux I, France, 2t., 590 p.
- Fedan B. 1988. *Evolution géodynamique d'un bassin intraplaque sur décrochement : le Moyen Atlas (Maroc) durant le Méso-Cénozoïque*. Thèse d'Etat, Univ. Mohammed V, Rabat, 338 p.
- Fraissinet C. 1989. *Les étapes de la structuration récente du Haut Atlas calcaire (Maroc). Analyses des rapports entre raccourcissement et surrection au sein d'une chaîne intracontinentale*. Thèse ès-Sciences, Univ. Paris XI, 280 p.
- Griboulard R. 1983. Analyse morphostructurale de la Meseta côtière septentrionale et du proche plateau continental (Maroc). *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 33, 25-37.
- Horton R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins ; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bull. Geol. Soc. Am.*, New York, 56, 275-370.
- Howard, A.D. 1967. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, Tulsa, 51 (11), 2246-3428.
- Laouina A.E. 1973. Observations géomorphologiques dans la région du Moyen Sebou, en amont de Fès. *Rev. Géogr. Maroc*, 23-24, 95-122.
- Martin J. 1981. Le Moyen-Atlas Central, étude géomorphologique. *Notes et Mémoires Serv. géol. Maroc*, 258, 445 p.
- Morel J.-J. 1988. Evolution récente de l'orogène rifain et de son avant-pays depuis la fin de la mise en place des nappes. *Mémoire Géodiffusion*, Paris, 4, 584 p.
- Prud'homme R. 1972. *Analyse morphostructurale appliquée à l'Aquitaine occidentale et au Golfe de Gascogne; Définition d'une Méthodologie cartographique interprétative*. Thèse d'Etat, Bordeaux I, France, 405 p.
- Rachid A. 1997. *Les bassins néogènes du Sillon sud-rifain et Rif nord-oriental (Maroc) : sédimentologie, paléogéographie et évolution dynamique*. Thèse d'Etat, Univ. Sidi Mohammed Ben Abdallah, Fès, 333 p.
- Rogui D. 1988. *Les calcaires lacustres du Saïss oriental (à l'est de Fès). Reconstitution du milieu de sédimentation*. Thèse troisième cycle E.N.S Fès. 170 p.
- Sabaoui A. 1998. *Rôle des inversions dans l'évolution méso-cénozoïque du Moyen Atlas septentrional (Maroc). L'exemple de la transversale El Menzel-Ribat Al Khayr-Bou Iblane*. Thèse d'Etat, Univ. Mohammed V, Rabat, 432 p.
- Suter G. 1980. Carte géologique du Maroc au 1:500000: *Notes et Mémoires Serv. géol. Maroc*, 245.
- Taltasse P. 1953. Recherches géologiques et hydrogéologiques dans le bassin lacustre de Fès-Meknès. *Notes et Mémoires Serv. géol. Maroc*.
- Vidal J. C. 1971. Une interprétation nouvelle des nappes du Prérif Central (Maroc) et ses conséquences sur la structure de leur substratum autochtone. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 272, sér. D, 24-27.
- Vidal J. C. 1979. Carte géologique au 1/50 000, feuille de Tahla. *Notes et Mémoires Serv. géol. Maroc*, n°282.
- Zouine M. 1993. *Géodynamique récente du Haut Atlas ; évolution de la bordure septentrionale et Moyen-Atlas sud-occidental au cours du Cénozoïque*. Thèse d'Etat, Univ. Mohammed V, Rabat. 308 p.

Manuscrit déposé le 20 décembre 2000