

États de contraintes et mécanismes d'ouverture et de fermeture des bassins permians du Maroc hercynien. L'exemple des bassins des Jebilet et des Réhamna

Amal Saidi^a, Abdelfatah Tahiri^{a,*}, Lahcen Ait Brahim^b, Maraim Saidi^a

^a Institut scientifique, département de géologie, BP 703, Rabat-Agdal, Maroc

^b Département de géologie, faculté des sciences, BP1013, Rabat, Maroc

Reçu le 22 décembre 2000 ; accepté le 20 novembre 2001

Présenté par Jean Dercourt

Résumé – L'analyse de la fracturation dans les bassins permians des Jebilet, des Réhamna (Maroc hercynien) et les terrains sous-jacents permet de proposer un modèle pour leur ouverture. Trois épisodes tectoniques sont distingués : un épisode transtensif NNE–SSW (Permien I), responsable de l'ouverture des bassins le long des accidents décrochants sénestres N070–110 associés à des failles normales N05–40 synsédimentaires ; un épisode transpressif ESE–WNW (Permien II), qui amorce la fermeture, les failles normales jouant en inverses dextres, les accidents N070 en dextres ; enfin, un épisode compressif NNW–SSE (post-Permien–anté-Trias), qui accentue la fermeture ainsi que les déformations des bassins et met fin aux mouvements compressifs tardi-hercyniens. *Pour citer cet article* : A. Saidi et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 221–226. © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Maroc / bassins permians / fracturation / contraintes tectoniques

Abstract – States of stresses and opening/closing mechanisms of the Permian basins in Hercynian Morocco. The example of the Jebilet and Réhamna Basins. The fracturing analysis in the Permian basins of Jebilet and Rehamna (Hercynian Morocco) and the underlying terranes allowed us to suggest a model for their opening. Three tectonic episodes are distinguished: a transtensional episode NNE–SSW-trending (Permian I), occurring during the opening along sinistral wrench faults N70–110-trending, associated with synsedimentary normal faults; a transpressive episode ESE–WNW-trending (Permian II), initiating the closure, the normal faults playing back reverse faults and the N70 trending faults dextral wrench faults; a compressional episode NNW–SSE (post-Permian, ante-Triassic), accentuating the closure and the deformation and putting an end to the Tardi-Hercynian compressive movements. *To cite this article*: A. Saidi et al., C. R. Geoscience 334 (2002) 221–226. © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Morocco / Permian basins / fracturing / tectonic stresses

Abridged version

1. Introduction

During the Permian age, intramountainous basins with essentially red detrital continental sedimentation associated to an important bimodal volcanism are known in Morocco in the central massif, in the Rehamna and Jebilet massifs [1, 4, 8, 18, 21, 28, 29]. Within these basins, the

red series have delivered some fossils as vegetal remains dated of Lower Permian, Autunian [3, 8]. Several opening on dextral wrench faults have been proposed for those basins, especially for the Morocco central basins.

For the considered shortening trends, the opening of the NE–SW orientated Permian basins was inconsistent with the dextral wrenching of the east–west trending faults; on the other hand the opening and the closure of these basins are proposed with the same shortening trend. We propose,

* Correspondance et tirés à part.

Adresse e-mail : tahiri@israbat.ac.ma (A. Tahiri).

in the present paper, to establish, on the one hand, the chronology of the principal Late Hercynian stress states that affected the pre-Permian and the Permian deposits and, on the other hand, a new model for the opening and the closure of the continental Permian basins of the northern Hercynian Morocco.

2. The volcano-sedimentary deposits

In the Koudiat Hamara (Hayane basin in the western Jebilet, Fig. 1), the eastern part is constituted of conglomerates with pebbles proceeding from the Palaeozoic basement (Cambrian to Carboniferous). In the middle part, red clays (10 m) with carbonated nodules are found. A western part, located at Koudiat Hamra (Fig. 1) constituted of basal conglomerates (5 m), unconformable on the Cambrian basement [13, 16], quartzitic graywackes, quartzitic graywackes with conglomeratic lenses and sandy micrite, microconglomeratic coarse sandstones. In the Dalaat basin (eastern Rehamna; Fig. 1), the deposits overlap the Palaeozoic substratum, with an angular unconformity; they consist in conglomerates (500 m) covered by shoshonitic lava flows [12].

3. The Permian stress states

The first episode (Permian I) it is a transtensional one, with NNE–SSW to NE–SW-trending compressions (Fig. 2). It is responsible for the opening of the Haiane Basin in the Jebilet Massif and for the opening of the Dalaat basin in the Rehamna Massif. In the Jebilet Massif, the opening occurs along N70–100 sinistral wrenching faults, to which are associated N05–40 synsedimentary normal faults, subparallel to the compressional trend (σ_1). The NW–SE-trending extent guided by the normal playback of the faults inherited from the major Hercynian phase (Westphalian–Stephanian) allows the opening of basins (grabens or subsiding hemigrabens) and the uplift of the neighbouring borders. First, the extent will guide the

sedimentation; then it becomes the principal regime in the centre of the basin, with a permutation between σ_3 and σ_2 (NE–SW), which are horizontal and generate a bi-directional extent.

The second episode (Permian II) consists in an east–west to ESE–WNW compressional or transpressional episode that induces the closure of the Permian basins, since it blocks the normal faulting of the submeridian faults associated with submeridian folds. The N70-trending faults will playback as dextral wrench faults and accentuate the closure of the basins.

The third episode (post-Permian–ante-Triassic) is a NNW–SSE-trending compressional episode, responsible for the sinistral wrenching of the submeridian faults. The subequatorial faults will playback as reverse faults, with a dextral wrenching component. This will accentuate the closure and the structuring of the Permian basin by the development of south-vergence scaling and N10–40-trending wide folds.

The fourth episode consists in a NW–SE- and NE–SW-trending Triassic–Jurassic extension. This normal faulting is induced by a NE–SW- to NW–SE-trending bi-directional distensive episode that is generated by a permutation between σ_2 and σ_3 (σ_1 is vertical). This episode can be assigned either to the Triassic or Liassic extensions [14, 15].

This study allowed to put on the fore the importance of the transtensional regime; with NNE–SSW- to NE–SW-trending σ_1 and NNW–SSE- to NW–SE-trending σ_3 for the opening of the Permian basins in the Jebilet and the Rehamna massifs. In addition to the clockwise rotation of σ_1 (which will change from NW–SE to NNE–SSW), the permutation between σ_3 and σ_2 after the NW–SE-trending major Hercynian phase dated from the Westphalian–Stephanian is emphasized (the vertical σ_3 will become horizontal). The proposed opening model can be applied to all Permian basins of the Hercynian Morocco to the north of the Atlas.

1. Introduction

Des bassins permien intramontagneux à sédimentation continentale détritico-rouge associée à un important volcanisme à caractère bimodal sont connus au Maroc. Les principaux bassins sont : dans le Maroc central, les bassins de Souk Sebt, de Bouterehla, de Bou Achouch, de Khénifra, et de Chougrane [1, 4, 5, 8, 17, 21, 28, 29] ; dans les Rehamna, les bassins de Mechra Ben Abbou et de Dalaat [6, 8, 18] ; dans les Jebilet occidentaux et orientaux, ceux de Haiane et de Oulad Brahim, respectivement (Fig. 1). Plusieurs modèles d'ouverture sur décrochements dextres ont été proposés pour ces bassins permien, ceux du Maroc central en particulier [3, 4, 8]. Cependant, avec les directions de raccourcissement envisagées, l'ouverture

des bassins permien orientés NE–SW était incompatible avec le jeu décrochant dextre des accidents est–ouest ; de la même manière, c'était selon la même direction de raccourcissement NW–SE, perpendiculaire aux failles normales synsedimentaires NE–SW, que l'ouverture et la fermeture de ces bassins étaient proposées.

À partir d'analyses microtectoniques effectuées sur les terrains paléozoïques plus anciens et les terrains sédimentaires et volcaniques permien des bassins des Jebilet (bassin de Haiane) et des Rehamna (bassin de Dalaat), nous proposons dans le présent travail, d'une part, l'établissement d'une chronologie des principaux états de contraintes tardi-hercynien qui ont affecté les terrains anté-permien et ceux du Permien et, d'autre part, un nouveau modèle d'ouverture et

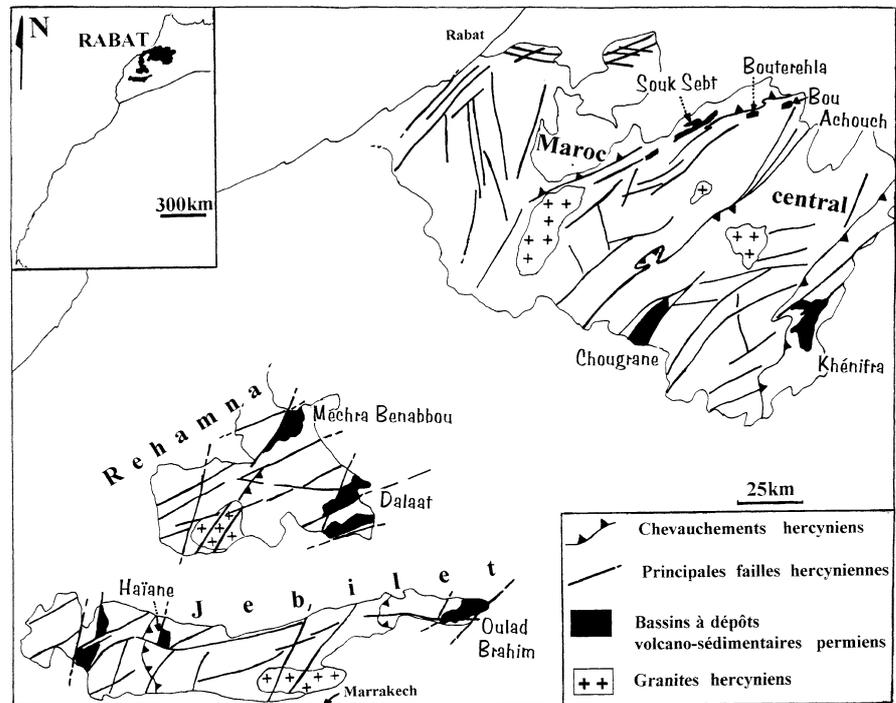


Figure 1. Carte des principaux bassins permians de la Meseta occidentale marocaine. Cartouche : situation au Maroc des massifs des Jebilet, des Rehamna et du Maroc central (en noir).

Figure 1. Map of the main Permian basins of the western Moroccan Meseta. Inset: location of the Jebilet, Rehamna and Central Morocco massifs within Morocco (in black).

de fermeture de l'ensemble des bassins continentaux permians du Maroc hercynien en étendant nos résultats aux bassins permians du Maroc central [1, 21, 27]. Les arguments utilisés pour la chronologie des différents épisodes tectoniques sont basés sur la discordance du Permien sur le reste du Paléozoïque, la discordance du Trias sur le Permien inférieur, l'Autunien [3, 8, 15, 18, 20] et le reste du Paléozoïque (dans le Maroc central et en dehors des secteurs étudiés), le caractère synsédimentaire ou non d'une déformation, le recoupement des plans des failles et des stries par d'autres structures plus récentes ainsi que la fracturation mesurée dans les corps magmatiques permians intrusifs postérieurs à la sédimentation détritique [2, 5, 11, 12, 24, 28].

2. Les dépôts volcano-sédimentaires

2.1. Dans le bassin de Hayane (Jebilet occidentaux)

On distingue dans le bassin (Fig. 1) deux zones séparées par un panneau de roches métamorphiques, aligné en direction subméridienne. La première est constituée par la partie orientale, au nord du Douar Hayane, dont la colonne synthétique (sa base n'est pas connue) comprend des conglomérats (500 m) polygéniques à galets du socle paléozoïque (Cambrien à Carbonifère) ; le ciment est grauwaqueux et argileux rougeâtre. Dans ces conglomérats s'intercalent des argiles rouges (10 m) à nodules carbonatés (qui n'ont

fourni aucun macro-fossile). La seconde comprend la partie occidentale, dans la Koudiat Hamra, constituée par : (i) des conglomérats de base (de seulement 5 m d'épaisseur), similaires à ceux de la partie orientale, reposant en discordance angulaire, bien visible dans le versant sud-ouest de la Koudiat, sur les phyllades du Cambrien inférieur, schistosées par la phase majeure hercynienne du Westphalien–Stéphanien [6, 13, 16, 17, 19, 26] ; (ii) des grauwaques quartzitiques en bancs décimétriques et à lentilles conglomératiques de différentes tailles, séparés par des argiles rouges ; leur partie sommitale est couronnée par une micrite sableuse (10 cm d'épaisseur) ; (iii) des grès grossiers microconglomératiques.

Les dépôts grossiers sont plus abondants sur les bordures qu'au centre du bassin, comme en témoignent les conglomérats des bordures méridionales et orientales, discordants sur les phyllades cambriennes. Ces dépôts suggèrent, d'une part, l'existence de reliefs escarpementés bordiers, résultant de l'activité de failles à regard vers le centre du bassin et d'autre part, un approfondissement du bassin vers sa partie nord-ouest, où abondent des dépôts plus fins.

Hormis la discordance angulaire mentionnée ci-dessus, les dépôts s'arrêtent brutalement par des contacts tectoniques avec l'encaissant du Paléozoïque ancien. Aussi, l'étendue des dépôts renseigne-t-elle sur une forme plutôt losangique de l'aire des dépôts. Ces observations laissent penser que le milieu de dépôt est un bassin, dont les limites sont des failles actives pendant la sédimentation.

2.2. Dans le bassin de Dalaat (Réhamna orientaux)

Les dépôts permien recouvrent en discordance angulaire le substratum paléozoïque schistosé et métamorphisé par la phase majeure hercynienne [6, 7, 17, 19]. Il s'agit de conglomérats à galets de quartzites ordoviciens, de bioclastites siluro-dévonien, de calcaires récifaux dévoniens, de calcaires bioclastiques viséens, de schistes et de micaschistes emballés dans une matrice grauwacko-argileuse rouge [6, 7, 17, 19]. Les niveaux argileux continus sont rares. Une organisation en chenaux est souvent observée. L'épaisseur de ces dépôts dépasserait 500 m. Ils sont scellés par des coulées de laves, essentiellement trachyandésitiques [6, 17], de nature shoshonitique [12]. L'ensemble est recouvert par la couverture méso-cénozoïque.

Pour les mêmes raisons que le bassin de Hayane des Jebilet, le bassin de Dalaat est aussi un bassin à limites faillées.

2.3. Éléments de datation

Dans les bassins du Maroc central et des Réhamna, les séries rouges ont livré des restes de végétaux datés du Permien inférieur, plus exactement de l'Autunien [3, 8]. Dans les Jebilet, les données paléobotaniques des sondages effectués au voisinage du bassin de Oulad Brahim ont aussi permis de dater l'Autunien [9, 23]. Pour les bassins de Hayane et de Dalaat, les tentatives de datation palynologiques sont demeurées sans résultats. Cependant, tout le cortège faciologique des dépôts, identique à celui des autres bassins, les rapproche des dépôts permien, discordants sur le substratum paléozoïque déformé par la phase majeure hercynienne et recouverts par les dépôts triasiques dans la partie occidentale des Jebilet [15]. Les dépôts du bassin de Dalaat (Réhamna) ainsi que les laves ont été rapportés à l'Autunien [6, 7, 12, 17].

3. Les états de contraintes permien

Trois principaux épisodes tectoniques ont été mis en évidence au Permien (Fig. 2). Ces épisodes sont identiques à ceux rencontrés dans le Maroc central [1]. La fracturation associée à ces épisodes est matérialisée par des failles (Fig. 1) qui ont des directions similaires dans le Maroc central [1, 2, 4, 5, 21, 25, 29], les Jebilet [13, 16] et les Réhamna [6, 17, 18]. Cette fracturation n'affecte que les terrains paléozoïques et permien, pas les séries triasiques.

Le premier épisode (Permien I) est transtensif, avec une direction de compression orientée NNE–SSW à NE–SW. Il est responsable de l'ouverture du bassin de Haiane dans les Jebilet occidentaux

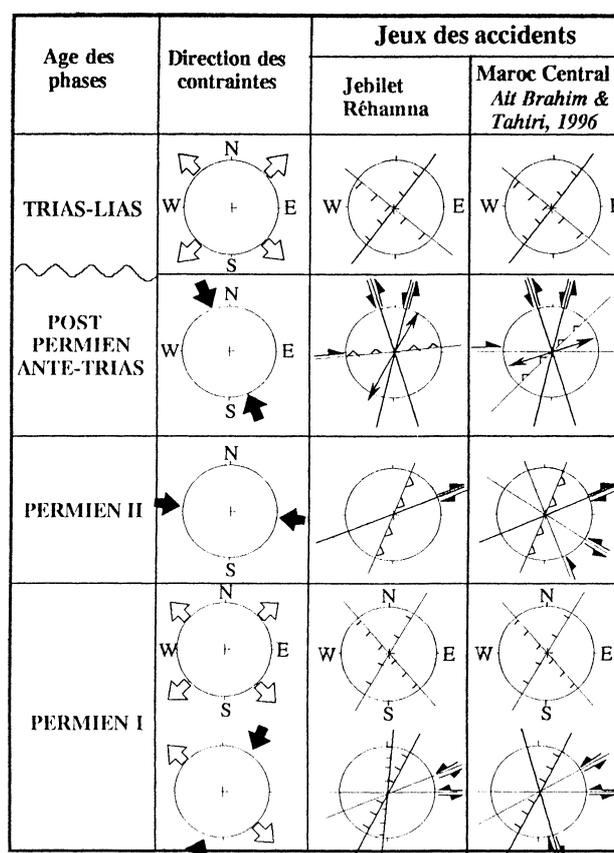


Figure 2. Tableau des paléochamps de contraintes tardi-hercyniennes dans la Meseta occidentale marocaine.

Figure 2. Table of Late Hercynian palaeostress fields in the western Moroccan Meseta.

et de celui de Dalaat dans les Réhamna orientaux. L'effondrement des bassins est amorcé par le jeu normal des accidents N05 à N40, subparallèles à la direction de σ_1 . Le caractère synsédimentaire de ces failles est attesté par les variations d'épaisseur des dépôts grossiers de part et d'autre des plans de failles et par l'amortissement de celles-ci, qui sont fossilisées par les niveaux supérieurs de la série.

La forme losangique des bassins, la nature et la répartition des faciès détritiques montrent que l'ouverture a été guidée le long d'un couloir limité par des accidents bordiers N70–110, à composante décrochante senestre (présence de stries subhorizontaux et d'éléments striateurs).

L'extension NW–SE développée par ce régime, guidée par le jeu normal d'accidents hérités de la phase majeure hercynienne du Westphalien–Stéphanien, permet l'ouverture des bassins (grabens ou demi-grabens subsidents) et la surrection des bordures. Elle guidera d'abord la sédimentation (dépôts grossiers de bordure et approfondissement du bassin), puis devient, au centre des bassins, le régime principal, avec développement d'une permutation entre

σ_3 et σ_2 (NE–SW) devenues horizontales et donnant naissance à une extension bidirectionnelle. La paléogéographie conséquente se caractérise par de vastes terres émergées et des bassins localisés, à extension limitée et à sédimentation continentale détritique, témoins d'une glyptogenèse importante. L'étendue ainsi que l'épaisseur des dépôts diffèrent d'un bassin à un autre.

Dans le Maroc central, dans les bassins de Tiddas-Souk Sebt, de Bouterehla, de Bou Achouch et de Khénifra [1, 21, 27, 28], cette extension NW–SE horizontale (perpendiculaire à σ_1) permet, au sein des bassins, par l'ouverture de fractures profondes dans le substratum, la mise en place d'un volcanisme, matérialisé souvent par des filons rhyolitiques [11, 21, 24, 28]. Cette distension se traduit aussi par l'alignement de centres volcaniques [24], alors que les filons (décamétriques à hectométriques) se relayent en échelon selon des directions N20 à N40, ayant valeur de fentes de tension parallèles à σ_1 ou induites par le jeu décrochant senestre des accidents de direction N70. Si tous les auteurs sont d'accord sur l'âge Permien des épisodes volcaniques [2, 11, 24, 28], ceci n'implique pas forcément leur contemporanéité. En effet, bien que l'état de contrainte décrochant distensif (σ_1 est NNE–SSW) soit uniforme, la variation du taux de déplacement le long des accidents décrochants senestres N70–90, la vitesse d'ouverture de ces bassins sur décrochements et le taux de subsidence ou l'épaisseur des dépôts [8] peuvent entraîner un léger diachronisme des épisodes volcaniques.

Le second épisode (Permien II) est compressif ou transpressif, de direction est–ouest à ESE–WNW. Il amorce la fermeture des bassins en bloquant le jeu des failles normales subméridiennes, qui rejouent en inverses : quelques écaillages des séries permiennes dans le bassin de Dalaat) et d'amples plis subméridiens (dans le bassin de Hayane). Le rejeu des failles N70 en décrochements dextres est attesté, d'une part, par des recouvrements de deux générations de stries et, d'autre part, par le décalage en décrochement dextre des failles normales N05 de l'épisode précédent. Ceci va accentuer la fermeture des bassins, avec redressement des niveaux conglomératiques et gréseux.

Au Maroc central, les failles N130–160 donnent des décrochements senestres. La présence de certains filons rhyolitiques sub-équatoriaux peut être attribuée à cet épisode, ayant valeur de fente de tension parallèle à σ_1 ; c'est le cas des bassins de Souk-Sebt, de Bouterehla et de Bou Achouch [1, 21, 24, 27].

Le troisième épisode (post-Permien–anté-Triasique) est compressif NNW–SSE et responsable du jeu décrochant senestre des failles N30–170, qui décalent les failles N70 à jeu décrochant dextre de l'épisode précédent. Les failles sub-équatoriales rejouent en

failles inverses à composante décrochante dextre. Ceci accentue la fermeture et la structuration des bassins par le développement d'écaillages à vergence sud (dans le bassin de Dalaat) et de plis d'axe N10–40 (dans le bassin de Hayane). Les terrains permien redressés et fracturés sont portés en relief, ce qui facilite leur érosion. Un épisode analogue a été mis en évidence au Maroc central [1, 21, 27].

4. Les épisodes triasiques

Il s'agit d'une distension triasico-jurassique NW–SE et NE–SW. Dans les bassins des Jebilet, des Réhamna et du Maroc central, les miroirs de faille, de direction NE–SW et NW–SE, ont bien enregistré les indices d'un rejeu normal à regard opposé, donnant naissance à une suite de blocs soulevés et affaissés. Le caractère synsédimentaire des failles normales NW–SE et NE–SW est attesté par leur amortissement vers les niveaux supérieurs de la série conglomératique de base. Les stries sont bien enregistrées dans ces niveaux triasiques grossiers de base, ainsi que dans les roches volcaniques interstratifiées dans les argilites triasiques [1, 22]. Ce jeu est induit par l'épisode distensif bidirectionnel NE–SW à NW–SE, développé par une permutation entre σ_2 et σ_3 (σ_1 verticale). Cet épisode peut être attribué à la distension triasique ou liasique [14, 15], bien individualisée au Maroc central [22].

5. Conclusions

Cette étude met en évidence l'importance du régime transtensif avec σ_1 NNE–SSW à NE–SW et σ_3 NNW–SSE à NW–SE dans l'ouverture des bassins permien des Jebilet et des Réhamna. L'accent est mis, en plus de la rotation horaire de σ_1 (passant de NW–SE à NNE–SSW), sur la permutation entre σ_3 et σ_2 après la phase majeure hercynienne de direction NW–SE (σ_3 verticale devient horizontale). Le modèle d'ouverture proposé est applicable à l'ensemble des bassins permien du Maroc hercynien. Il est compatible avec celui proposé pour les bassins permo-triasiques du Haut Atlas [20]. Il confirme la réactivation des accidents anciens (sub-équatoriaux et sub-méridiens), qui guide la sédimentation et le volcanisme, attestant par là le rôle de l'héritage hercynien dans la configuration des bassins permien. Enfin, ces compressions permiennes sub-méridiennes sont généralisées à l'ensemble du Maroc hercynien [4, 10]. Elles mettent fin aux mouvements hercyniens et confirment la rotation horaire des contraintes amorcée dès le Dévonien jusqu'aux temps post-permien [19, 26].

Cette rotation, qui n'est que relative, peut s'expliquer par l'hypothèse de la rotation anti-horaire de la chaîne hercynienne ou bien d'un (ou plusieurs) de ses blocs [17, 19, 25], qui va développer une

compression régionale constante. Elles s'inscrivent dans le cadre de l'hyper-collision continentale hercynienne entre les plaques gondwaniennes et celles avoisinantes.

Références

- [1] L. Ait Brahim, A. Tahiri, Rotation horaire des contraintes et mécanismes d'ouverture et fermeture des bassins permien du Maroc central, in : *Le Permien et le Trias du Maroc, état des connaissances*, Éditions Pumag, 1996, pp. 87–98.
- [2] R. Borredon, C. Deloche, H. Gonord, M. Lopez, P. Rolin, Arguments pour un magmatisme d'âge Permien dans la région du Tafoudeit (Maroc central septentrional), in : *112^e Congrès national des sociétés savantes*, Lyon, 1986, pp. 1–4.
- [3] J. Broutin, M. El Wartiti, P. Freyet, D. Heyler, M. Larhrib, J.-L. Morel, Nouvelles découvertes paléontologiques dans le bassin détritico carbonaté permien de Tiddas (Maroc central), *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 305 (1987) 143–148.
- [4] Y. Cailleux, H. Gonord, M. Le Guern, M. Sauvage, Taphrogénèse et magmatisme permien dans le Maroc central, *Bull. Fac. Sci. Marrakech* 1 (1) (1983) 24–39.
- [5] Y. Cailleux, C. Deloche, H. Gonord, E.M. Zouine, Synthèse sur le volcanisme permien du Maroc. Son insertion dans le contexte géodynamique ouest-méditerranéen, in : *111^e Congrès national des sociétés savantes*, Vol. 1, 1986, pp. 221–235.
- [6] J.-J. Cornée, Étude lithostratigraphique et tectono-métamorphique des Réhamna sud-orientales. Plissements et nappes. Contribution à la connaissance de la chaîne hercynienne en Meseta marocaine, thèse 3^e cycle, université d'Aix-Marseille, 1982, 175 p.
- [7] J. Destombes, J.-C. Guezou, C. Hoepffner, P. Jenny, A. Piqué, A. Michard, Le primaire du massif des Réhamna s.s. ; problèmes de stratigraphie de séries métamorphiques, in : A. Michard (Coord.), *Le massif paléozoïque des Réhamna (Maroc) Stratigraphie, tectonique et pétrogenèse d'un segment de la chaîne varisque*, Notes et Mém. Serv. géol. Maroc 303 (1982) 35–70.
- [8] M. El Wartiti, Le Permien du Maroc hercynien : étude géologique et implications paléogéographiques, thèse d'État, université de Rabat, 1990, 500 p.
- [9] R. Essamoud, Dynamique fluviale dans la série stéphano-permienne de la région de Marrakech (Haut Atlas nord – sondages du Haouz – Jebilet orientales). Dynamique sédimentaire. Pétrographie, Charbon, thèse, université de Bourgogne, Dijon, 1989, 279 p.
- [10] J. Ferrandini, J.-J. Cornée, H. Saber, Mise en évidence d'une compression subméridienne d'âge Permien probable dans le massif ancien du Haut Atlas occidental (Maroc). Évolution de l'ellipsoïde de la déformation depuis l'orogénèse hercynienne jusqu'à la distension triasique, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 304 (1987) 1243–1248.
- [11] H. Gonord, M. Le Guern, D. Turriot, H. Rebours, Mise en évidence d'un volcanisme rhyolitique stéphano-permien sur la bordure nord du massif hercynien central, extension et importance du volcanisme tardi-hercynien, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. D* 291 (1980) 51–54.
- [12] C. Hoepffner, Le magmatisme pré et post-orogénique hercynien dans le Paléozoïque des Réhamna, in : A. Michard (Ed.), *Le massif paléozoïque des Réhamna (Maroc). Stratigraphie, tectonique et pétrogenèse d'un segment de la chaîne varisque*, Notes et Mém. Serv. géol. Maroc 303 (1982) 150–163.
- [13] P. Huvelin, Étude géologique et gîtologique du massif hercynien des Jebilet (Maroc occidental), Notes et Mém. Serv. géol. Maroc 232bis (1977) 1–308.
- [14] E. Laville, A. Piqué, La distension crustale atlantique et atlasique au Maroc au début du Mésozoïque : le rejeu des structures hercyniennes, *Bull. Soc. géol. France* 162 (6) (1991) 1161–1171.
- [15] F. Medina, Évolution structurale du Haut Atlas occidental et des régions voisines du Trias à l'Actuel, dans le cadre de l'ouverture de l'Atlantique central et de la collision Afrique–Europe, thèse d'État, université de Rabat, 1994, 272 p.
- [16] S. Mayol, Géologie de la partie occidentale de la boutonnière paléozoïque des Jebilet, Maroc. Un exemple d'évolution structurale hercynienne de bassins intracontinentaux cambrien et carbonifère, thèse de 3^e cycle, université d'Aix-Marseille-3, 1987, 240 p.
- [17] A. Michard, Le massif paléozoïque des Réhamna (Maroc). Stratigraphie, tectonique et pétrogenèse d'un segment de la chaîne varisque, in : A. Michard (Ed.), *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc* 303 (1982) 1–180.
- [18] J. Muller, J.-J. Cornée, F. El Kamel, Évolution tectono-sédimentaire d'un bassin molassique post-orogénique : l'exemple des séries conglomératiques stéphano-triasiques de Mechra Ben Abbou, Réhamna, Maroc, *Géologie Méditerranéenne* 17 (1990) 109–122.
- [19] A. Piqué, Géologie du Maroc. Les domaines régionaux et leur évolution structurale, Éditions Pumag, Marrakech, 1994, 284 p.
- [20] M. Saber, M. El Wartiti, J. Broutin, N. Toutin-Morin, L'intervalle stéphano-permien (fin du cycle varisque au Maroc), *Gaia* 11 (1995) 57–71.
- [21] A. Saidi, Paléochamps de contraintes et importance de l'héritage hercynien dans la structuration du Maroc central septentrional du Permien à l'Actuel, thèse de 3^e cycle, université Mohamed-V, Rabat, 1996, 197 p.
- [22] M. Saidi, Perturbation des contraintes hercyniennes le long des structures paléogéographiques dévono-carbonifères dans la Meseta occidentale marocaine, thèse, université Mohamed-V, Rabat, 2001, 287 p.
- [23] S. Sebban, Étude palynologique du Permien inférieur du Haouz oriental (Maroc), thèse, université Paris-6, 1990, 216 p.
- [24] M. Sauvage, M. Le Guern, J.-F. Sauvage, Caractères structuraux du centre du massif volcanique permien de Bou Achouch (Maroc central), *Bull. Fac. Sci. Marrakech, section Science de la Terre (numéro spécial)* 1 (1983) 85–100.
- [25] A. Tahiri, F. Médina, Analyse structurale de la fracturation dans le Paléozoïque au nord d'Oulmès (Maroc central), *Bull. Institut scientifique, Rabat* 13 (1989) 29–36.
- [26] A. Tahiri, Le Maroc central septentrional : stratigraphie, sédimentologie et tectonique du Paléozoïque ; un exemple de passage des zones internes aux zones externes de la chaîne hercynienne du Maroc, thèse, Université de Bretagne occidentale, Brest, 1991, 300 p.
- [27] A. Tahiri, L. Ait Brahim, A. Saidi, Analyse de la fracturation tardi-hercynienne dans le bassin permien de Bou Achouch. Modèles de réactivation des accidents hercyniens dans le Maroc central, in : *Le Permien et le Trias du Maroc, état des connaissances*, Éditions Pumag, 1996, pp. 99–112.
- [28] N. Youbi, B. Cabanis, F. Chalot Prat, Y. Cailleux, Histoire volcano-tectonique du massif permien de Khénifra (Sud-Est du Maroc central), *Geodin. Acta* 8 (3) (1995) 158–172.
- [29] E.M. Zouine, Évolution structurale tardi-hercynienne de la bordure NW du Maroc central entre Tiddas et Jebel Tariona, *DES de géologie*, ENS Rabat, 1986, 131 p.