



Champs des contraintes pendant le magmatisme initial dans la région d'Ali-Sabieh, Djibouti, SE du rift Afar.

Mohamed Ahmed Daoud^a, Christian Sue^b, Bernard Le Gall^c

^aCentre d'Etude et de Recherche de Djibouti, Route de l'aéroport, B.P. 486 Djibouti, République de Djibouti

^bBesançon University, UFC CNRS UMR6249, OSU THETA, 16 route de Gray, F-25000 Besancon, France

^cIUEM Brest University, CNRS UMR6538, Place Copernic, F-29280 Plouzané, France

Résumé

Les reliefs d'Ali-Sabieh situés au SE du rift Afar présente une structure atypique en antiforme qui s'est mis en place dans un contexte de tectonique globale en extension. L'analyse microtectonique de la déformation cassante affectant ces reliefs par l'emploi de quatre méthodes a permis de mieux contraindre l'évolution tectonique de cette région clé de la dépression Afar. Les champs de paléo-contraintes calculés mettent en évidence la succession de deux états de paléo-contrainte. Ainsi, ont été établis avec une excellente cohérence un champ en extension, précoce, de direction E-W et un champ en décrochement plus tardif, compatible d'un point de vue cinématique avec le champ précédent. Au cours de la période Oligo-Miocène le champ des contraintes aurait évolué, en passant d'une tectonique en extension qui s'exprime à grande à grande échelle à une tectonique en décrochement plus localisée. Il en résulte une permutation locale des axes de contraintes entre σ_1 et σ_2 .

Motsclefs :

1. Introduction

La tectonique au niveau des zones de la jonction triple qu'elle soit de type continentale ou océanique conduit souvent à un dispositif complexe en terme de déformation et/ou contrainte, généralement induite par le changement relatif des trajectoires des plaques tectoniques impliquées dans un tel système (Manighetti et al., 1997, 2001). Une telle situation géodynamique est celle que l'on observe actuellement au niveau de la dépression Afar, lieu de rencontre de 3 systèmes de rifts (Barberi and Varet, 1977; Courtillot, 1980; Daoud et al., 2011; Hofmann et al., 1977). La région d'Ali-Sabieh, (ASR) situé au SE de l'Afar en République de Djibouti est un domaine large de 30 km. Sa structure est celle d'un dôme, à plongement axial vers le nord, impliquant le substratum mésozoïque (calcaires jurassiques et de grès crétacés, épaisseur > 1000 m), ainsi que les séries volcano-sédimentaires synrift initiales de la formation d'Ali Sabieh (28-20 Ma). Le cœur du dôme est occupé par une intrusion basique, de type laccolite, datée à 28-20 Ma, à laquelle on attribue l'origine du dôme (Le Gall et al., 2010). La formation d'Ali-Sabieh qui comprend une séquence basaltique effusive est recoupée dans la bordure nord du dôme par un réseau dense des filons (dyke et sills). L'antiforme d'Ali Sabieh est scellée par les laves acides des Mablas (20-9 Ma) le long des deux flancs du dôme (Fig. 1).

L'origine de la structure en antiforme des reliefs d'Ali-Sabieh a été diversement interprétée: 1) anticlinale compressif (Clin and Pouchan,1970); 2) une zone surélevée de type horst (Eagles et al., 2002) et 3) doming lié au remontée d'une intrusion de type laccolite (Le Gall et al. 2010).

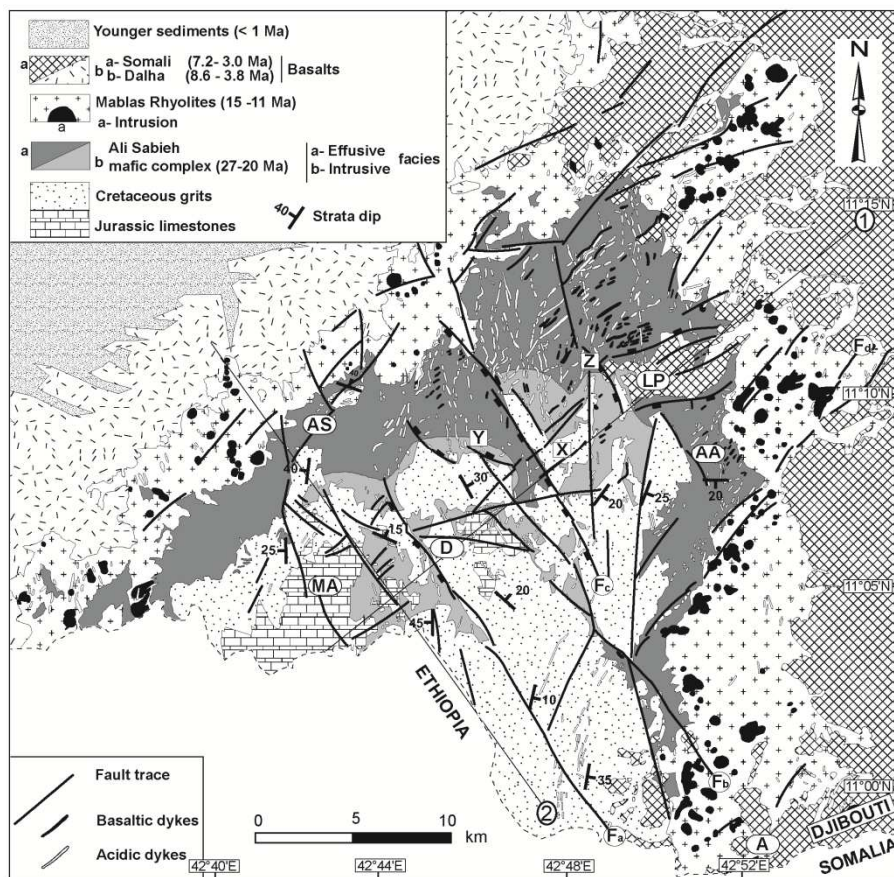


Fig. 1. Carte géologique de la région d'Ali-Sabieh. A, Asamo; AA, Ali-Adde; AS, Ali-Sabieh; D, Dadin; LP, Lougag Plateau; MA, Mount Array.

Le but de ce travail consiste à mieux contraindre le modèle structural proposant le mécanisme du "doming" par une étude microtectonique pour expliquer la structure de la région d'Ali-Sabieh. L'analyse de plus de 500 marqueurs sur les failles de la région d'Ali-Sabieh, nous permis de caractériser la déformation cassante et les champs de paléo-contraintes qui lui sont associés.

2. Données et méthodologie

L'analyse de la déformation a porté sur 517 stries des failles collectées sur un total de 26 stations. L'analyse statistique a permis de dégager 2 directions majeures pour les failles; NNE-SSW et NS. Le pendage des failles est compris entre 50 et 90. 31 tenseurs de paléo-contraintes ont pu déterminés. L'analyse microtectonique des striations a été menée à l'aide du logiciel TectonicsFP (Sperner et al., 1993). Les trois directions principales (σ_1 , σ_2 et σ_3) correspondant aux axes de contraintes sont obtenues sur la base de quatre méthodes de calcul différentes. Ces méthodes de calcul sont :

- 1) méthode géométrique du dièdre droit (DD)
- 2) méthode de pression-tension (PBT)
- 3) Méthode numérique d'analyse dynamique (NDA)
- 4) Méthode d'inversion direct (INVD).

3. Résultats et discussions

Les résultats de l'analyse géométrique effectuée sur les 31 tenseurs de contraintes sont indiqués sur la figure 2.

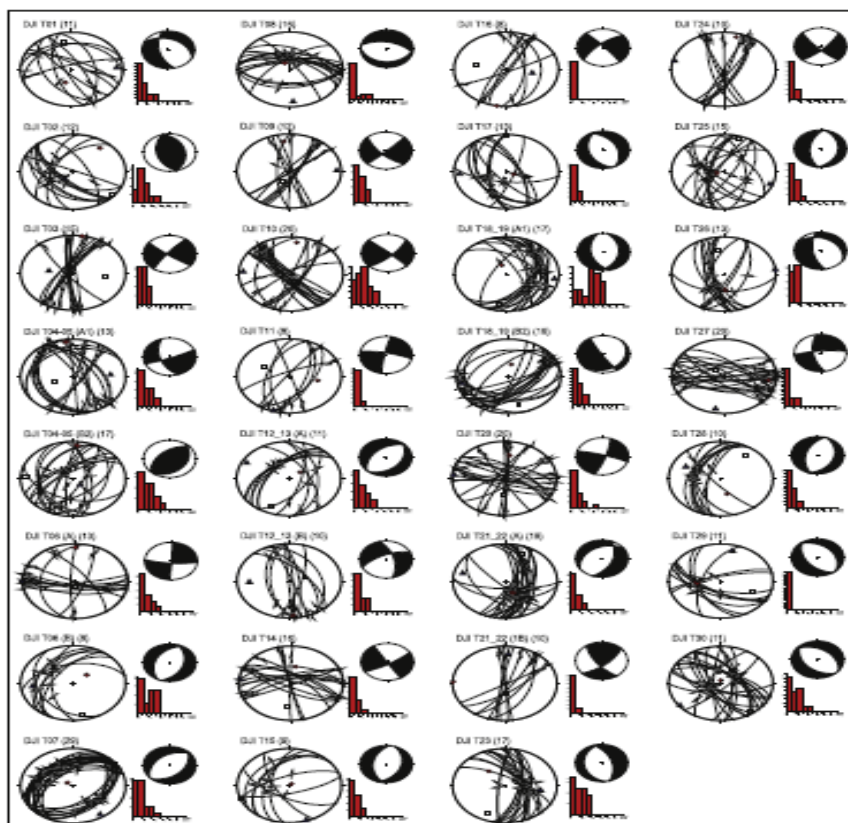


Fig. 2. Stereonets de 31 tenseurs de paléo-contraintes obtenus par la méthode INV.D. Le petit cercle rouge indique la position de σ_1 sur la projection stéréographique, σ_2 est représenté par un carré et σ_3 par un triangle.

Deux régimes de déformation ont été mis en évidence:

- un régime en extension avec 15 tenseurs de contrainte caractérisé par l'axe principal σ_3 horizontal de direction ENE-WSW à WNW-ESE et l'axe principal σ_1 subvertical (Fig. 3)
- un régime transcurrent (en décrochement) impliquant 14 tenseurs de contrainte où les deux axes principaux σ_1 et σ_3 sont horizontaux. La direction de σ_1 est orientée E-W à ENE-WSW tandis que pour σ_3 on trouve des directions situées au N-S à NNW-SSE (Fig. 3). De cet état de contrainte pourrait résulté d'un mouvement décrochant dextre le long de système des failles majeures orientées NW-SE.

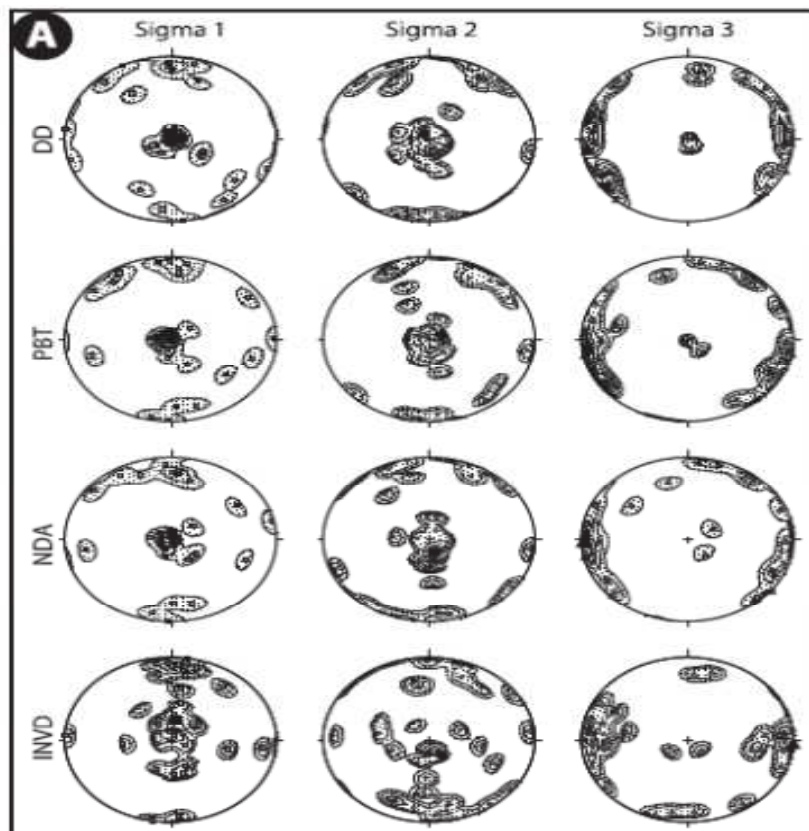


Fig. 3. Distribution statistique des axes de contrainte σ_1 , σ_2 , et σ_3 obtenue par les quatre méthodes décrites dans le texte.

Les quatre méthodes utilisées montrent une excellente cohérence entre les résultats. Concernant la tectonique globale de la région d'Ali-Sabieh, la reconstruction des paléo-contraintes a permis de mettre en évidence une phase d'extension E-W suivie d'un décrochement de même direction où l'axe σ_3 est orienté E-W alors que l'axe σ_1 avoisine le N-S. L'axe principal σ_3 est très stable reste fixe et conserve la direction E-W au cours de l'évolution tectonique marquée au début par une phase extensive suivie d'un décrochement dextre plutard. Le changement de régime de contraintes sans modification de la direction de σ_3 suggère que c'est par la permutation σ_1/σ_2 que l'évolution tectonique pourrait être réalisée. Toutefois, il est à remarquer que la permutation des axes σ_1/σ_2 survient au cours d'une même phase déformation. Les résultats obtenus dans cette étude est en accord avec l'analyse cinématique de Gaulier and Huchon (1991). Le fait que les tenseurs de contrainte relatif au décrochement se situent à proximité des grandes failles transverses de dimension régionale, suggère que la permutation locale entre σ_1 et σ_2 pourrait être associée à une réactivation des structures tectoniques préexistantes. Cette hypothèse pourrait bien expliquée l'état de contrainte de la région d'Ali-Sabieh (tectonique extensive) par rapport à celle où l'on considère l'existence de deux phases tectoniques successives et distinctes. Cependant nombre limité des observations concernant de chronologie relative des marqueurs tectonique ne permet pas de discriminer entre ces deux hypothèses.

4. Conclusion

La structure en antiforme de la région d'Ali-Sabieh est caractérisée par une extension E-W qui évolue en décrochement au cours du temps. La première phase extensive est caractérisée par σ_3 horizontal orienté ENE-WSW à WNW-ESE et σ_1 subvertical. La seconde phase de la déformation tectonique fait intervenir les axes σ_3 et σ_1 horizontaux orientés respectivement E-W à ENE-WSW et N-S à NNW-SSE. Cette seconde phase se produit selon un mouvement décrochant dextre le long des failles NW-SE. L'évolution tectonique d'un régime extensif vers un régime transcurrent a du se produire au cours de la période Oligo-Miocène. Les résultats

développés dans ce travail est en faveur pour une origine magmatique plutôt que tectonique pour expliquer la structure des reliefs de la région d'Ali-Sabieh.

Bibliographie

Barberi, F., Varet, J., 1977. Volcanism in Afar: small scale plate tectonics implications. *Geol. Soc. Am. Bull.* 88, 1251–1266.

Clin, M., Pouchan, P., 1970. Carte géologique du territoire Français des Afars et des Issas. C.E.G.D., scale 1:200 000.

Courtilot, V., 1980. Opening of the Gulf of Aden and Afar by progressive tearing. *Phys. Earth Planet. Inter.* 21, 343–350.

Daoud, M.A., Le Gall, B., Maury, R.C., Rolet, J., Huchon, P., Guillou, H., 2011. Young riftkinematics in the Tadjoura rift, western Gulf of Aden, Republic of Djibouti. *Tectonics* 30, TC1002.<http://dx.doi.org/10.1029/2009TC002614>.

Eagles, G., Gloaguen, R., Ebinger, C., 2002. Kinematics of the Danakil microplate. *Earth Planet. Sci. Lett.* 203 (2), 607–620.

Gaulier, J.M., Huchon, P., 1991. Tectonic evolution of the Afar triple junction. *Bull. Soc. Geol. France* 3, 425–464.

Hofmann, C., Courtilot, V., Féraud, G., Rochette, P., Yurgu, G., Ketefo, E., Pik, R., 1977. Timing of the Ethiopian flood basalt event and implications for plume birth and global change. *Nature* 389, 338–341.

Le Gall, B., Daoud, M.A., Rolet, J., Maury, R.C., Guillou, H., Sue, C., 2010. Magma driven antiformal structures in the Afar rift: the Ali Sabieh range, Djibouti. *J. Struct. Geol.* 32, 843–854.<http://dx.doi.org/10.1016/j.jsg.2010.06.007>.

Manighetti, I., Tapponnier, P., Courtilot, V., Gruszow, S., Gillot, P.Y., 1997. Propagation of rifting along the Arabia–Somalia plate boundary: the Gulf of Aden and Tadjoura. *J. Geophys. Res.* 102, 2681–2710.<http://dx.doi.org/10.1029/96JB01185>.

Manighetti, I., Tapponnier, P., Courtillot, V., Gallet, Y., Jacques, E., Gillot, P.Y., 2001. Strain transfer between disconnected, propagating rifts in Afar. *J. Geophys. Res.* 106, 13,613–13,665. <http://dx.doi.org/10.1029/2000JB900454>

Sperner, B., Ott, R., Ratschbacher, L., 1993. Fault–striae analysis: a turbo pascal program package for graphical presentation and reduced stress-tensor calculation. *Comput. Geosci.* 19, 1361–1388.

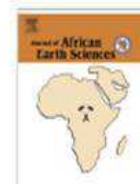
Journal of African Earth Sciences 97 (2014) 56–66



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of African Earth Sciences

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jafrearsci



Stress field during early magmatism in the Ali Sabieh Dome, Djibouti, SE Afar rift



Christian Sue^{a,*}, Bernard Le Gall^b, Ahmed Mohamed Daoud^c

^a Besançon University, UFC CNRS UMR6249, OSU THETA, 16 route de Gray, F-25000 Besançon, France

^b IUEM Brest University, CNRS UMR6538, Place Copernic, F-29280 Plouzané, France

^c Centre d'Etude et de Recherche de Djibouti, Route de l'aéroport, B.P. 486 Djibouti, République de Djibouti