

**Drogue, C. e C. Almeida (1984)**

**Déformations cassantes et structure de magasin dans la  
couverture mésozoïque du Centre du Portugal (Est du  
Plateau de Fátima)**

C. R. Acad. Sc. Paris, t. 299, série II, n° 9, p. 577-580.

**HYDROGÉOLOGIE.** - Déformations cassantes et structure de magasin dans la couverture carbonatée mésozoïque du centre du Portugal (Est du plateau de Fatima).

Note de **Claude Drogue** et **Carlos A. Costa Almeida**, présentée par Jean Wyart.

Remise le 23 juin 1984.

Dans ce magasin fracturé, sur lequel s'identifient trois phases tectoniques, les conduits de dissolution sont développées préférentiellement sur la fracturation majeure, à jeux multiples, dont certains sont compressifs.

Les fractures ouvertes par un allongement, soumises ensuite à une compression, doivent conserver dans certains cas, une conductivité hydraulique résiduelle qui permet le développement de la karstification profonde.

*HYDROGEOLOGY.* - Deformations and Structure of Reservoirs in the Mesozoic Carbonate Series of Central Portugal (Eastern Part of Fatima Plateau).

In this fractured reservoir, where three tectonic phases have been pointed out, the dissolution conduits take most often on the main fracturation showing several movements some of which are compressive.

The fractures opened by a stretching and submitted afterwards to a compression, must in some cases keep a residual hydraulic conductivity which permits the development of deep karstification.

**1. INTRODUCTON.** - Dans les roches carbonatées, la dissolution due aux circulations d'eau est parfois à l'origine d'une perméabilité secondaire importante. Ces circulations ne peuvent s'établir cependant, dans un milieu à perméabilité matricielle nulle ou négligeable, qu'à la faveur d'une fracturation préalable, souvent d'origine tectonique. L'étude des déformations cassantes est donc indispensable pour la compréhension de la structure des réseaux perméables.

Une méthode d'analyse possible consiste à rechercher alors les relations statistiques entre la nature et l'organisation de la fracturation d'une part, et l'orientation préférentielle des galeries naturelles pénétrables, d'autre part. Celles-ci représentent en effet des conduits de dissolution, actifs ou fossiles, qui sont un des caractères importants de ces magasins.

Cette démarche a été développée par divers auteurs, à la suite de travaux sur des massifs calcaires du Jura Suisse [1] et du Sud-Est du Massif Central français ([2], [3]). Elle est reprise ici dans l'étude d'un secteur de la couverture carbonatée du centre du Portugal: il s'agit d'une première application dans l'Ouest de la péninsule ibérique.

**2. CADRE GÉOLOGIQUE.** - La zone étudiée est la Serra de Aire, au Sud-Est du plateau de Fatima, sur la bordure occidentale du bassin du Tage (fig. 1). Il s'agit d'un massif de roches carbonatées, du Jurassique moyen, constitué de calcaires fins, graveleux ou microcristallins, disposés en strates décimétriques à métriques. La Serra de Aire est la partie orientale d'une structure anticlinale; les pendages sont faibles, de l'ordre de 10 à 20°, mais la roche est cependant très fracturée.

Un dôme diapirique à faibles courbures a été reconnu par forage profond au Nord-Ouest de ce secteur. Les déformations dues au diapir, telles que diaclases et glissements couches à couches, sont clairement identifiées par rapport aux déformations purement tectoniques [4] et ne seront pas prises en compte ici.

La Serra de Aire est limitée à l'Est, vers le bassin du Tage, par la faille du même nom. C'est un accident régionalement important, à mouvement décrochant sénestre, semblable au décrochement de Nazaré au Nord-Ouest. Ces deux décrochements, associés aux mouvements du socle, furent actifs à l'Hercynien [5], au Secondaire ([6] et [7]) et jusqu'à des époques récentes et actuelles [8].

Plus généralement, la couverture mésozoïque portugaise a été soumise à plusieurs épisodes tectoniques, notamment les phases compressives éocène et miocène.

La compression éocène, liée à la phase pyrénéenne, a un raccourcissement approximativement sud-méridien, elle a été observée d'abord localement au Nord de l'Estremadura [9], puis dans le Sud [10] pour être ensuite reconnue sur l'ensemble du domaine lusitanien [11].

La compression miocène, identifiée dans le centre et le Sud a un raccourcissement moyen E-W, avec des déviations régionales quelquefois importantes ([9], [12]). Antérieurement à ces deux phases majeures, des mouvements distensifs datés de la fin du Secondaire avec allongement E-W sont décrits en Algarve [10] et évoqués en Estremadura [9].

3. PHASES DE DÉFORMATION SUR LA SERRA DE AIRE. - La présence de nombreuses carrières permet l'observation des déformations cassantes. Il en ressort les faits suivantes :

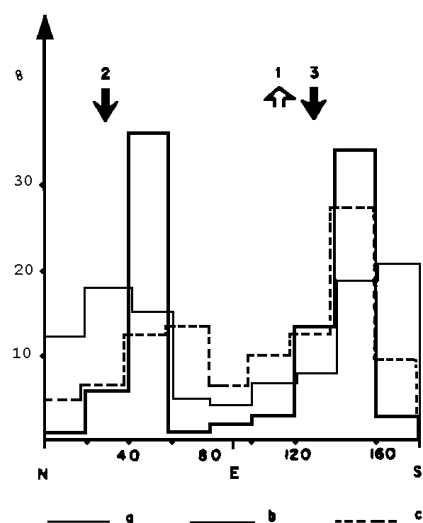
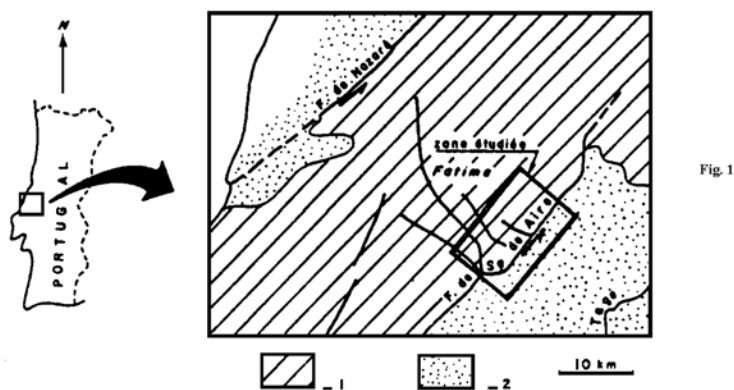


Fig. 1. - Région étudiée: 1, Mésozoïque; 2, Mio-Pliocène.

Fig. 1. - The studied area: 1, Mesozoic. 2, Mio-Pliocene.

Fig. 2 - Répartition de la fracturation et des galeries naturelles par classes d'azimut, en pour cent des longueurs cumulées totales pour la photo-interprétation (a) et les galeries (b), et en pour cent du nombre total, pour les fractures relevées sur le terrain (c). L'orientation des contraintes est précisée par : 1, allongement d'âge fini-crétacé; 2, raccourcissement éocène; 3, raccourcissement miocène.

Fig. 2 - Distribution according to their azimuth of the fracturation and of natural galleries expressed by per cent of total cumulated lengths for photogeological data (a) and for galleries (b) and by per cent of the total frequency for the fractures surveyed on the ground (c). The stresses trend is given by: 1, stretching of Late Cretaceous. 2, shortening of Eocene; 3, shortening of Miocene.

a) Un raccourcissement d'orientation moyenne N030, avec stylolites à pics horizontaux et fentes associées, met en jeu des décrochements N070, sénestres, tel que celui de Serra de Aire, et N140 dextres; cet épisode peut être rattaché à la phase éocène.

b) Sur les mêmes affleurements, des failles inverses et d'autres joints stylolitiques à pics également horizontaux, traduisent une deuxième compression d'orientation moyenne N130.

L'accident de Serra de Aire, présente des stries de faille inverse, postérieures aux stries du décrochement. A proximité le Miocène inférieur renversé, avec des pendages de 70° à 80° NW, est lui-même affecté de failles inverses. Il s'agit vraisemblablement de mouvements du Miocène moyen ou terminal.

c) Des stylolites d'origine tectonique parallèles à la stratification, sont associés à des fentes de tension qui leur sont perpendiculaires et dont l'azimut moyen est N030. Des cassures N000 à N020 à pendage Est, présentent en outre des indices de mouvement à composante normale, avec stries à pitch Sud. Tout cela traduit un allongement d'orientation générale WNW-ESE.

On note enfin que certaines fentes N030 de cet allongement sont recoupées par des stylolites du raccourcissement miocène qui est donc postérieur. Mais la chronologie par rapport à la déformation éocène n'a pu être relevée clairement.

Deux hypothèses peuvent être proposées.

L'allongement serait lié à l'action conjuguée des cisaillements de Serra de Aire et de Nazaré, ou constituerait un épisode anté-éocène. La première hypothèse a été admise dans l'étude déjà citée [3] mais nous retiendrons cependant la deuxième hypothèse par analogie avec ce qui a été reconnu en Estremadura et en Algarve ([9], [10]). Dans ce cas, la distension pourrait être contemporaine du volcanisme très actif au Crétacé supérieur de la région de Lisbonne-Mafra [13]. Mais il faut reconnaître que les éléments sont encore bien insuffisants pour trancher en toute certitude entre ces deux hypothèses.

4. FRACTURATION ET MAGASIN. - La fracturation a été relevée à l'affleurement et sur photographies aériennes à l'échelle de 1/30 000. Les galeries naturelles dont on examinera les azimuts de creusement, sont celles de Mira de Aire et Almonda, d'une longueur totale de 3 100 m, leur creusement est d'âge post-tectonique.

Sur les histogrammes de la figure 2 (azimuts par rapport au Nord magnétique), deux maximums de fracturation apparaissent pour les fourchettes directionnelles N040-060 et N140-160; ceci à la fois pour les relevés à l'affleurement et l'interprétation photostructurale.

L'orientation N040-N060 est celle des accidents de Serra de Aire et Nazaré et les fractures N140-N160 sont les décrochements associés. Les mouvements cisaillants sénestres de l'Éocène marquent donc profondément l'architecture fissurale de ces calcaires. L'orientation de la contrainte maximale par rapport à ces deux familles directionnelles traduit le fait que celles-ci sont pour une grande part antérieures au raccourcissement, les jeux coulissants ont eu lieu sur une fracturation déjà en place, pour l'essentiel.

L'histogramme des galeries naturelles présente également ces mêmes maximums. La concordance des formes des trois histogrammes est nette, remarquable si l'on tient compte des différences d'échelles d'observation entre les documents photographiques, les galeries naturelles et les relevés de terrain.

Il apparaît finalement que les conduits sont développés préférentiellement selon les mêmes orientations que celles de la fracturation majeure. Pourtant les accidents N040-N060 qui ont été soumis à des décrochements-écartements à l'Éocène, ont subi ensuite, au Miocène des

contraintes de serrage importantes. Ils correspondent cependant à un développement de drains de dissolution. Ceci est sensiblement différent de ce qui a été observé en d'autres régions ([1], [2], [3]), où les fractures, en extension lors de la phase tectonique précédant immédiatement le processus de karstification, sont préférentiellement karstifiées.

5. CONCLUSION. - Dans le domaine tectoniquement polyphasé étudié ici, avec au moins une extension et deux mouvements compressifs (cisaillements et failles inverses), la mise en place de conduits de dissolution dans le magasin est semble-t-il, commandée par la fracturation majeure précoce, à jeux multiples. Ceci peut être lié aux faits suivants

a) La conductivité hydraulique due à une ouverture distensive n'est probablement pas totalement oblitérée dans certains cas, par les mouvements postérieurs en compression. Une conductivité résiduelle doit subsister et permettre les premières circulations d'eau nécessaires à l'initialisation du processus de dissolution. Ceci doit être encore plus vrai lorsque la roche est très disloquée par des mouvements de grande ampleur.

b) Les fractures majeures, c'est-à-dire pour ce qui nous occupe ici, celles qui sont nombreuses et très étendues, sont les plus aptes à recevoir et transiter des flux d'eau importants, car elles peuvent drainer de grands volumes de magasin. L'intensité de la dissolution étant notamment liée au débit de l'eau souterraine, ces fractures pourront ainsi permettre le développement de conduits importants.

Mais les conduits ne se réalisent pas de la même manière sur tous les accidents qui sont a priori favorables. En effet, les fractures les plus conductrices d'une même famille majeure directionnelle, auront les premières circulations d'eau les plus actives. Des conduits précoces vont alors se former et accentuer le drainage par concentration des écoulements; ils favorisent sur eux-mêmes l'accélération de la karstification, au détriment des fractures voisines. L'aboutissement de cette évolution est, comme pour le magasin de Serra de Aire, la juxtaposition de conduits, d'orientation N040-N060 et N140-N160, et de réseaux de fentes peu ouvertes selon les mêmes orientations.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] L. KIRALY, B. MATHEY et J. P. TRIPET, *Bull. Soc. Neuch. Sc. Nat.*, 94, 1971, p. 99-114.
- [2] R. GUÉRIN, *Comptes rendus*, 277, série D, 1973, p. 1617-1620.
- [3] J.-C. GRILLOT et R. GUERIN, *Rev. Géogr. Phys. Geol. Dyn.*, XVII, n° 1, p. 45-60.
- [4] P. GRUNEISEN, G. HIRLEMANN, P. JANOT, F. LILLE et M. RUHLAND, *Sc. Géol. Bull.*, 26, n° 2-3, 1973, p. 187-217.
- [5] F. ARTHAUD et Ph. MATTE, *Tectonophysics*, 25, 1975, p. 139-171.
- [6] J. R. PARGA, *Geol. Rundsch.*, 59, 1969, p. 323-336.
- [7] J.-C. BOUSQUET et H. PHILIP, *Sed. Basins of Mediter. Margins*, Tectoprint, Bologna, 1981, p. 389-405.
- [8] G. ZBYSZEWSKI, G. MANUPELLA et O. DA VEIGA FERREIRA, *Carte Géol. Portugal 1/50000*, folha 27-A Vila Nova de Ourém, 1974, Not. Expl. 81 pages.
- [9] C. LEPVRIER et D. MOUGENOT, *IX<sup>e</sup> R.A.S.T.*, Paris, 1982, p. 379.
- [10] J.-C. GRILLOT et C. ALMEIDA, *Rev. Géol. Dyn. Géog. Phys.*, 23, 1982, p. 119-130.
- [11] C. LEPVRIER et D. MOUGENOT, *Comptes rendus*, 296, série II, 1983, p. 737-740.
- [12] A. RIBEIRO, in *Introd. Géol. Gén. Portugal*, Serviços Geol. Portugal, 1979, p. 20-21.
- [13] M. T. AUTUNES, M. P. FERREIRA, R. B. ROCHA, A. F. SOARES et G. ZBYSZEWSKI, in *Introd. Géol. Gén. Portugal*, Publ. Serviços Géol. Portugal, 1979, p. 45-82.

*Laboratoire d'Hydrogéologie,  
Université des Sciences et Techniques du Languedoc,  
place Eugène-Bataillon, 34060 Montpellier Cedex  
et Centro de Geologia, Universidade de Lisboa,  
rua da Escola Politécnica 58, 1294 Lisboa.*