

# Les gneiss «rouges» de la Baie de Cannes, une formation géologique remarquable dans sa localité-type : la plage des Rochers de Cannes-la-Bocca. Son intérêt géodynamique

Gilbert CREVOLA  
crevola.gilbert@yahoo.com

## INTRODUCTION

La plage des Rochers de Cannes-la-Bocca ou Pointe de la Bocca, est un appendice du massif de la Croix des Gardes. Découpée en avancées rocheuses enserrant des anses de sable fin, elle est l'un des sites pittoresques de la Baie de Cannes. Des artistes ont peint les Rochers de La Bocca à la Belle Époque (fig. 1), puis des photographes leur ont succédé, saisissant les coups de mer comme les couchers de soleil avec en arrière-fond, le somptueux décor de l'extrémité de l'Estérel.



Fig.1 : Vue sur Cannes depuis les Rochers à la Bocca ;  
huile sur toile de Joseph Contini (1827-1882), Musée de la Castre. Photo Ph. Germain.

Le site des Rochers de La Bocca permet d'étudier, à la faveur d'affleurements rocheux en trois dimensions, les caractères pétrographiques et structuraux des gneiss «roses» de la Baie de Cannes des anciens auteurs, ou gneiss lep-

tynitiques migmatitiques œillés de Cannes et Mandelieu, selon la dénomination actuelle. Ces gneiss affleurent sur le versant droit de la vallée de la Siagne, dans les massifs de la Croix des Gardes et du Bois de la Maure, soit de Mandelieu à Golfe-Juan. Ils constituent le terme apparemment le plus inférieur du socle provençal dont l'épaisseur dépasserait le millier de mètres.

Facilement accessible, car situé en zone urbaine, le site des Rochers de La Bocca est devenu l'un des sites classiques d'excursions du socle provençal, fréquenté par les étudiants d'universités, françaises comme étrangères, ainsi que par des géologues aussi bien amateurs que spécialisés.

En dehors de ces types de gneiss leptynitiques migmatitiques œillés remarquables, voire exceptionnels pour le socle provençal, c'est par ailleurs un conservatoire d'objets tectoniques que l'on peut observer à diverses échelles. C'est même ce que l'on pourrait appeler un «atelier pédagogique» où l'on peut décrire de nombreux objets tectoniques et s'initier à la mesure statistique de leurs directions et attitudes.

Au-delà de la présentation d'objets géologiques intrinsèquement remarquables, ce géosite recèle une grande valeur patrimoniale extrinsèque car il permet l'illustration de phénomènes géologiques internes et apporte des éléments pour la compréhension de l'évolution tectonométamorphique tardive du socle provençal.

### **Géopatrimoine et géosites**

**Le géopatrimoine** concerne des objets de toute taille (du paysage à la taille du minéral) qui sont donc intrinsèquement (par leur valeur propre) ou extrinsèquement importants, par le regard que l'on porte sur eux, c'est-à-dire culturellement. Il offre des informations ou permet la compréhension des éléments relatifs à la formation ou à l'évolution de la Terre, à l'histoire des sciences et peut être utilisé pour la recherche, ou comme référence ou encore pour des objectifs pédagogiques.

**Un géosite** est compris comme un endroit géologiquement exceptionnel, géographiquement limité et contenant un ou plusieurs éléments géologiques. Ces éléments présentent une valeur spécifique d'intérêt scientifique, pédagogique, culturel ou touristique (De Wever *et al.* 2019).

## **HISTORIQUE DES RECHERCHES**

### **Les précurseurs au temps des inventaires naturalistes.**

Héritière des cabinets de curiosités et du Mouvement des Lumières, la connaissance du milieu naturel a progressé au XVIII<sup>e</sup> et surtout au XIX<sup>e</sup> siècles, grâce à des inventaires réalisés lors de voyages d'exploration de contrées exotiques (Humbolt, Darwin) ou du territoire national et de ses abords (de Saussure, Cordier), ou encore de territoires régionaux comme par exemple la région ni-

çoise (Barla, Risso, Vérany). Ces inventaires furent à la base de classifications encore en grande partie valables actuellement.

Les gneiss «roses» de la Baie de Cannes ont été décrits ponctuellement par de Saussure, Coquand, Cordier, Dufrenoy et Elie de Beaumont, dans les massifs côtiers de la baie, dans des localités de la route d'Italie. Ils y apparaissaient comme un faciès particulier des monotones gneiss de base du massif de Tanneron. On retiendra de ces brèves descriptions leur aspect granitoïde et leptynitique en même temps que schisteux et leur couleur rouge, rougeâtre ou rosée toujours mise en avant comme critère distinctif. En revanche le caractère œillé n'est pas mentionné.

Cordier (1777-1861), considéré comme l'initiateur français de la pétrographie moderne, au cours de 51 voyages annuels, réalisés jusqu'à l'âge de 83 ans, a recueilli 200 000 échantillons dont seulement environ 5 000 sont actuellement inventoriés au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris. Ces inventaires ou «catalogues de Cordier» (ils seront publiés après sa mort par son élève d'Orbigny en 1868) l'ont conduit à établir une classification générale des roches. Sa description des gneiss de la Baie de Cannes présente clairement leurs principaux caractères.

*Gneiss surmicacé, contenant de nombreuses zones irrégulières très prononcées de feldspath rougeâtre à grains moyens et passant à la pegmatite par un mélange de grains de quartz. Ce gneiss est remarquable en ce qu'il renferme quelquefois des veines irrégulières et incontestablement contemporaines de belles pegmatites rougeâtres, tourmalinifères, à gros grain. Lesdites veines de pegmatite, ayant parfois jusqu'à plusieurs centimètres d'épaisseur, sont tantôt en partie transversales et plus ou moins perpendiculaires au plan général des feuilletts schistoïdes, tantôt parallèles au plan de stratification.*

Des rivages sud-ouest de la rade de Cannes (Var).  
(Extrait des Catalogues de M. Cordier ;11. A.47 à 53).

Les deux premières cartes géologiques à 1/80 000 (Potier, 1881 ; Haug *et al.*, 1914) restent très sommaires : une unique formation de gneiss leptynitiques est distinguée dans tout le massif de Tanneron.

## **Le schéma lithostructural et cartographique de Bordet, 1961, 1966.**

Bordet, à qui l'on doit l'essentiel de la couverture cartographique du massif des Maures et la totalité de celui de Tanneron, a proposé, au terme de recherches étalées sur une quinzaine d'années, de subdiviser les gneiss de Tanneron en deux ensembles :

- un ensemble de base migmatitique à valeur d'anticlinal;
- un ensemble supérieur, reposant sur le précédent, à valeur de synclinal. Plus diversifié, il comporte de bas en haut des gneiss amphiboliques, des gneiss acides roses et des gneiss micacés.

Ce schéma sera présenté en 1961 et explicité en 1966 dans le guide géologique «L'Estérel et le massif de Tanneron». Il sera adopté sur la troisième édition de la carte géologique Antibes à 1/80 000 et les premières éditions des feuilles Fayence, Grasse-Cannes et Fréjus-Cannes à 1/50 000.

Ainsi, pour le massif de Tanneron, 8 synclinaux sont distingués. Le synclinal des Adrets-de-Fréjus, le plus complet, présente la composition type. Les autres synclinaux sont incomplets. Le 7<sup>e</sup> synclinal, celui des Gourguettes (La Roquette-sur-Siagne) n'est représenté que par des gneiss roses. Mais cette attribution, généralisée sur la carte Grasse-Cannes, n'est basée que sur la couleur de la roche, sans doute due à l'altération sous le Trias, et ne peut être retenue.

## **Les travaux ultérieurs : vers la cartographie actuelle**

### **Cadre des recherches**

La cartographie de la partie orientale du massif de Tanneron (du Houiller du Reyran à Golfe-Juan) a été reprise dans les années 70 dans le cadre d'une thèse (Crevola, 1977), puis ensuite dans les années 80 et 90 dans le cadre des levés du socle des deuxièmes éditions des cartes Fréjus-Cannes et Cannes-Grasse. Elle a conduit à de nombreux apports nouveaux pour le massif de Tanneron, extrapolables à celui des Maures.

*L'incendie de forêt, fléau de la Provence, mais providence du géologue.*

Ces travaux ont été facilités par l'ouverture à la fin des années 60 de la route de Mandelieu à Tanneron. Mais en fait, il faut bien le dire, surtout par les grands incendies des années 1970, 1985 et 1986 et d'autres mineurs, qui, secteur après secteur, ont finalement affecté la quasi totalité du massif. Ainsi une cartographie détaillée de nombreux secteurs, auparavant couverts par un maquis quasiment impénétrable, a pu être réalisée. Il faut noter que les formations métamorphiques cartographiques sont passées d'une formation cartographique unique sur les deux premières cartes à 1/80 000, à sept pour les cartes de Bordet et à plus d'une vingtaine sur les deuxièmes éditions des cartes à 1/50 000.

### **Individualisation cartographique des gneiss de la Baie de Cannes.**

La nouvelle cartographie (fig. 2) a d'abord permis de séparer les gneiss leptynitiques migmatitiques œillés (**ou gneiss de Cannes et de Mandelieu ou encore de la Baie de Cannes**) des gneiss migmatitiques rubano-œillés (**ou migmatites d'Auribeau**) situés plus à l'ouest sur le versant droit de la vallée de la Siagne, ou au nord de La Roquette sur le versant gauche de la vallée.

Les deux ensembles de gneiss sont séparés de façon continue par un niveau particulier biotitique à grain fin, épais de 100 à 200 m, en points gras sur la carte de la fig. 2.

Les gneiss de la Baie de Cannes sont présents à l'affleurement depuis l'ouest de Mandelieu jusqu'à Golfe-Juan. Soit ils affleurent, soit ils constituent le substratum de formations plus récentes (Trias dans le fossé de Cannes,

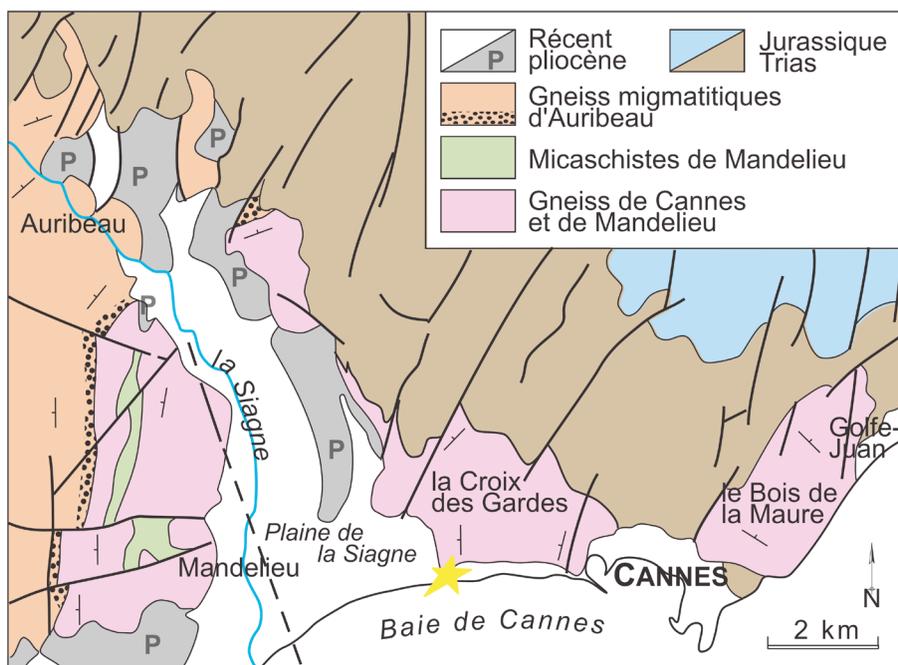


Fig. 2 : Carte géologique schématique de la région de Cannes.  
L'étoile correspond au site des Rochers de La Bocca

Pliocène dans la vallée de la Siagne). L'étude cartographique et structurale montre qu'ils constituent le coeur de l'*antiforme de Cannes* d'une vingtaine de km de large.

### Caractères pétrographiques particuliers des gneiss de la Baie de Cannes

Leur couleur rouge, rose ou rosée, caractéristique pour les anciens auteurs, n'est pas générale, car dans certaines localités les gneiss sont de couleur grise. Notons que sur le rivage et sous le Trias ils sont rouges. Cette couleur paraît due à l'altération des feldspaths potassiques par lessivage par des solutions issues de la couverture triasique ou permienne.

Les gneiss de la Baie de Cannes sont plus acides et plus pauvres en ferromagnésiens et en chaux que les migmatites d'Auribeau. De ce fait, ils sont plus pauvres en biotites et plagioclases. En revanche, ils sont plus riches en feldspaths potassiques de grande taille.

Les données géochimiques sont en accord avec **la pétrographie**.

#### - Gneiss de Cannes et de Mandelieu :

$\text{SiO}_2 > 70 \%$  ;  $\text{MgO} = 0,2 - 1 \%$  ;  $\text{CaO} = 0,5 - 1 \%$  ;  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 0,5 - 1$  ;  $\text{FeO t} = 1,3 - 3 \%$

#### - Migmatites d'Auribeau :

$\text{SiO}_2 < 70 \%$  ;  $\text{MgO} = 1 - 1,50 \%$  ;  $\text{CaO} \sim 3 \%$  ;  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} \sim 0,90$  ;  $\text{FeO t} = 3 - 4 \%$

## **Les intercalations de micaschistes du versant ouest de la vallée de la Siagne. Conséquences pour la géologie régionale.**

Dans les massifs de la Croix des Gardes et du Bois de la Maure, les gneiss sont homogènes. En revanche, à mi-hauteur du versant droit de la vallée de la Siagne, apparaissent des intercalations métriques à décamétriques de micaschistes alumineux, localement à disthène et staurotide. Elles ont été regroupées pour les besoins de la cartographie en une seule formation pouvant atteindre 200 mètres d'épaisseur, celle des micaschistes de Mandelieu.

Cette découverte est importante à plusieurs points de vue. D'une part cette formation de micaschistes à composition particulière est la seule de ce type dans tout le domaine oriental du socle provençal (massifs de Tanneron, de Ste-Maxime et de St-Tropez). Elle atteste donc du caractère barrowien (MP-MT) du métamorphisme de tout le socle provençal, alors qu'à l'issue de la thèse d'Orsini (1968), la partie orientale du socle était considérée comme ayant subi un métamorphisme de type Abukuma (BP-HT). D'autre part, la présence de micaschistes au sein des gneiss est un élément à prendre en considération pour contraindre les hypothèses relatives à leur origine.

## **LE SITE DES ROCHERS**

### **Bref historique du site depuis le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle**

(d'après Giuglaris, 2004; Robeyns, 2016).

L'évolution de ce site singulier du littoral de la Baie de Cannes peut être retracée à partir de documents écrits, de gravures et peintures anciennes et de photographies plus récentes. Le site des archives de la ville de Cannes a regroupé un certain nombre de ces documents.

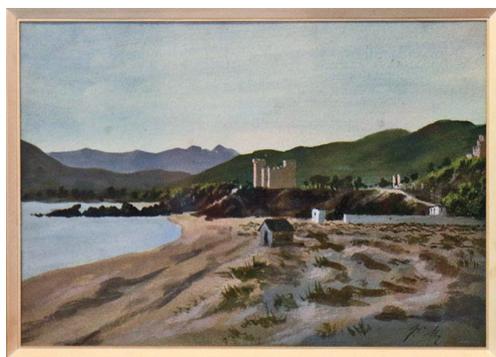


Fig. 3 : Le château et la plage de La Bocca, près de Cannes ; gouache de Prosper Mérimée, 1860, Musée de Grasse.

En 1847, le révérend Henry Belmont Sims avait acquis un domaine rural à la pointe sud-est de la Croix des Gardes, situé entre la route d'Italie et la mer. Il y a fait bâtir en 1854 un château dans le style néogothique anglais dit «château de La Bocca», l'une des premières demeures de «la colline des Anglais», c'est-à-dire de la Croix des Gardes (fig. 3). De ce domaine on pouvait accéder à un long rocher qui dominait la plage de plusieurs mètres, mal-

gré quelques brèches enjambées par des passerelles. En 1863 ce rocher fut éventré pour laisser passer la voie ferrée de Marseille à Nice, une passerelle permettant toujours d'accéder au belvédère (fig. 4). Quarante ans plus tard,

au tout début du siècle, cette brèche sera élargie pour permettre le passage de la route du littoral. Le site a alors son aspect actuel. Il est définitivement séparé de la Croix des Gardes par cette large tranchée et devient accessible par le boulevard du Midi et par un passage sous la voie ferrée. Il devient ainsi une plage pittoresque très fréquentée. Le château de La Bocca, racheté en 1882 par la baronne Hoffman, riche héritière américaine, est agrandi et embelli et devient l'un des lieux fréquentés par l'aristocratie internationale de la Belle Époque. En 1921, il est vendu aux enchères par ses propriétaires ruinés, puis racheté par la ville de Cannes qui le fait démolir en 1937.



Fig. 4 : photo du site des Rochers avant 1900, Archives de la ville de Cannes.

La mémoire collective cannoise a retenu la présence pendant de longues années de casemates qui surmontaient l'un des rochers, sorte de porte fortifiée hideuse à l'entrée de La Bocca. Construites pendant la seconde guerre mondiale par l'occupant, elles ne seront démolies qu'en 1985 et la passerelle au-dessus du boulevard sera alors supprimée. Le site retrouvera une nouvelle fois son pittoresque et sa fréquentation et pourra susciter l'intérêt des géologues. Il reste à espérer que ce lieu, géosite régional, déjà réduit en surface par des nécessités économiques anciennes, ne sera pas affecté par le projet « Boccacabana » en cours.

## Configuration du site

Il formait anciennement une avancée de 150 mètres vers la mer, à l'extrême pointe sud-ouest du massif de la Croix des Gardes. Plus à l'ouest, la plaine de la Siagne était anciennement séparée de la mer par un cordon littoral dunaire continu, couvert de pins parasols. En arrière de ce cordon les divagations de la Siagne, de la Frayère et du Riou de l'Argentière, lors de fréquentes inondations, rendaient cette plaine marécageuse et insalubre.

Le site s'étend sur une centaine de mètres d'ouest en est (fig. 5). Il compte trois rochers d'allongement sensiblement méridien (1,2, 4a, 4b) et deux rochers polygonaux (3 et 6). Ces rochers n'ont qu'une élévation de quelques mètres au-dessus des flots, ce qui pourrait correspondre à une ancienne plate-forme d'abrasion marine (photos 6, 7 et 8).

## La fracturation

Si on analyse d'abord l'orientation générale des trois rochers allongés en carte ou en photo satellite, on constate qu'ils sont orientés N350 à N20.

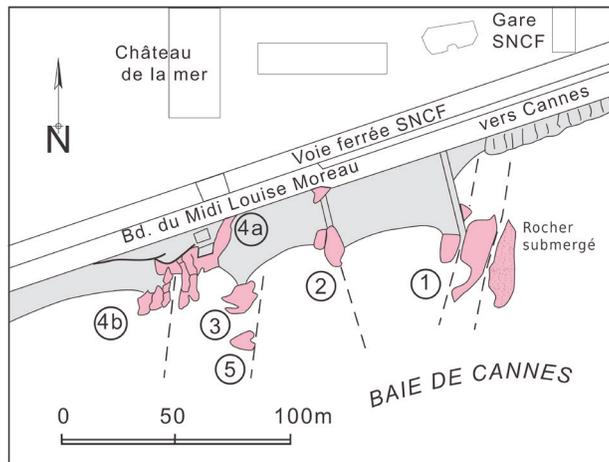


Fig. 5 : Plan de la plage des Rochers de La Bocca.

D'autre part, ils présentent des criques ou des indentations allongées dans cette direction (NB : le nord des photos satellites est différent de celui des cartes IGN). Cette orientation est aussi celle des axes de plis et des plans du litage (fig. 5) ; notons qu'elle est constante dans la Croix des Gardes et qu'elle se retrouve au Suquet.

Par ailleurs, on note l'omniprésence de fractures ou joints de direction (voir ci-après) globalement EW, bien visibles en photo satellite (fig. 9 et 10).

### Quelques rochers particuliers

Le rocher situé le plus à l'est est séparé d'un rocher submergé par un chenal d'orientation N20, qui est aussi celle d'une indentation située du côté ouest. Il est surtout caractérisé par ses grands plis concentriques et leurs joints. On peut y faire des observations de tous ordres, ce qui en fait un affleurement particulièrement pédagogique.

Le rocher 4 présente plusieurs indentations dont l'une, plus profonde, divise le rocher en deux parties 4a et 4b.

Le rocher 6 présente une géométrie intéressante. Il est limité latéralement par des accidents N20 et au sud et au nord par des joints sensiblement E-W. Son aspect feuilleté particulier, visible sur de nombreuses photos, vient du fait qu'il est constitué par un empilement de dalles à pendage de 45° vers le sud.

## LES TYPES PETROGRAPHIQUES

Le site des Rochers permet de distinguer au sein des gneiss leptynitiques migmatitiques œillés *s.l.* deux types pétrographiques entre lesquels il existe des transitions. Ces 2 types sont soit associés dans un même rocher (fig. 16), soit constituent des rochers séparés. On distinguera : **les gneiss leptynitiques migmatitiques œillés s. s., ou gneiss de type A** et **les gneiss leptynitiques migmatitiques ou gneiss de type B.**



Fig.6-7-8 : Vues des divers rochers, *Fotolia*.

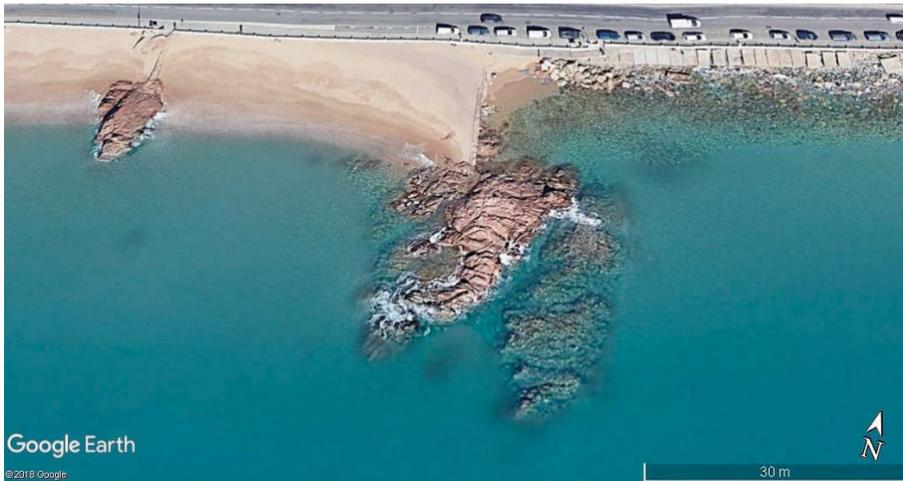


Fig. 9 : Photo aérienne de la partie est de la plage des Rochers (Google Earth)

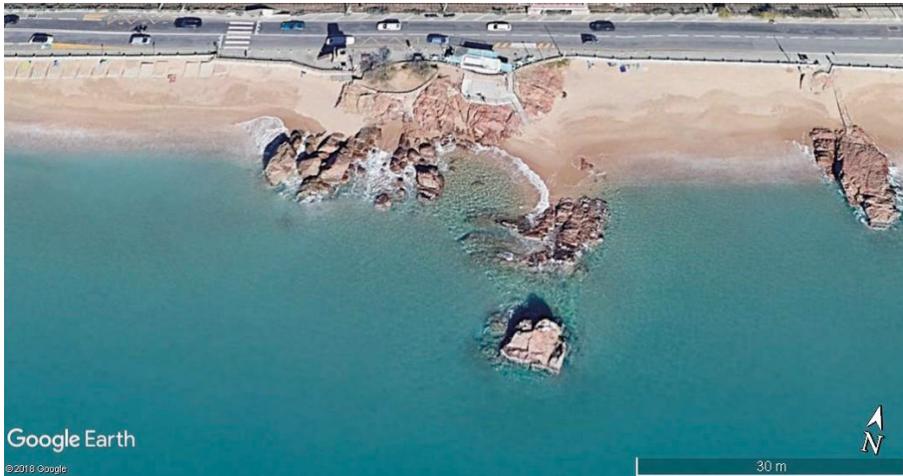


Fig. 10 : Photo aérienne de la partie ouest de la plage des Rochers (Google Earth).

**Le type A** est un gneiss migmatitique à litage régulier à leucosomes larges (de 1 à 3 cm) le plus souvent pegmatitiques et à mélanosomes à muscovite et biotite. L'intersection du litage et des joints longitudinaux donne une linéation d'intersection caractéristique. Ce type est de plus caractérisé par la présence d'yeux de feldspath potassique à macle de Carlsbad pouvant atteindre 10 voire 15 cm (fig. 11, 20 et 21).

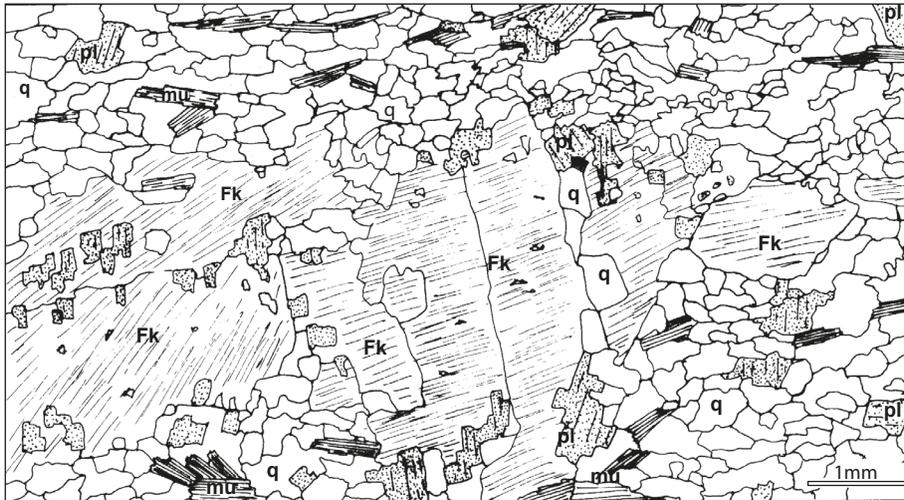
Des leucosomes concordants très épais peuvent être présents.

**Le type B** est un gneiss migmatitique à litage plus fin, à leucosomes le plus souvent aplitiques, pauvre en yeux de feldspaths potassiques. Dans cette roche l'abondance de silice et la pauvreté en ferromagnésiens expliquent la rareté de la biotite. En lame mince les leucosomes sont constitués essentiellement de feldspaths potassiques bordés de lits de quartz (fig. 12), qui jouent le rôle de mélanosomes (phénomène des mélanosomes quartzeux, Mehnert, 1968)

Fig. 11 : Litage avec leucosomes fins et leucosome épais concordant.  
Photo J. Féraud.



Fig. 12 : Aspect en lame mince d'un leucosome d'un gneiss de type B.



## L'origine des mégacristsaux de feldspath potassique dans les migmatites œillées

L'origine des yeux de feldspath potassique dans les migmatites œillées, fréquentes dans les socles, est un problème classique de la pétrologie métamorphique (Mergoil-Daniel, 1970). Deux types d'hypothèses sont généralement envisagées.

- 1) Les feldspaths potassiques sont des mégacristsaux d'un granite porphyroïde ante-métamorphe, protolithe de la migmatite. Ils sont caractérisés par des textures reliques notamment la présence en inclusions de plagioclases régulièrement distribués. Cette hypothèse est la plus souvent retenue.
- 2) Les feldspaths potassiques sont des constituants normaux de leucosomes en particulier pegmatitiques. Les plus volumineux résulteraient d'une cristallisation exubérante.

## Discussion sur l'origine des migmatites œillées de la Baie de Cannes

L'origine granitique des gneiss migmatitiques des Rochers de Cannes a été retenue, semble-t-il, simplement en raison de leur aspect œillé à l'affleurement (Schärer, 2013; Corsini et Schneider, 2012). Un examen plus approfondi de ces roches et de leur contexte conduit à discuter cette hypothèse. D'une part, les yeux de feldspaths potassiques ne présentent pas de caractères classiques de feldspaths hérités, d'autre part, d'un point de vue plus général, il reste à interpréter les alternances parfois très fines de gneiss migmatitiques et de micaschistes. En définitive, il est difficile de résoudre dans l'immédiat ce problème qui nécessiterait des études ultérieures plus détaillées.

## LES OBJETS STRUCTURAUX

Du point de vue structural, l'un des principaux intérêts du site est de montrer des plis à diverses échelles et en particulier des plis concentriques tardifs.

### La fracturation subméridienne

Cette fracturation (fig. 9 et 10) est l'expression d'un champ de déformations très pénétratives, de l'échelle métrique à l'échelle régionale. En effet ces directions sont conformes à celles des failles principales du socle local et de sa couverture triasique à jurassique dans l'avant-pays alpin (fig. 2). De telles failles tronçonnent le Cap d'Antibes et ont été actives pendant la formation du synclinal de Cannes. Ces rapports illustrent le caractère fractal de cette structuration en tectonique cassante.



Fig. 13 : Plis de type « rod » probables. Photo J. Féraud.

### Les plis précoces

Dans le socle provençal on reconnaît deux phases de plis isoclinaux D1 et D2. Ces plis sont rares dans le site des Rochers; quelques-uns, très rares, ont été observés sur la route de Mandelieu à Tanneron, ou celle de Golfe-Juan à Vallauris. On peut observer ici des leucosomes étirés qui

peuvent correspondre à des flancs de plis laminés ou « rods » en anglais (fig. 13).

## Microtectonique et grande tectonique

**André Demay** (1890-1964), polytechnicien et ingénieur des Mines, professeur à l'école des Mines de St-Etienne puis de Paris fut en France le précurseur de l'utilisation de la microtectonique dans l'étude de la tectonique des socles métamorphiques. Dans son ouvrage de 1942 *«Microtectonique et tectonique profonde. Cristallisations et injections magmatiques syntectoniques»*, il énonce l'un des principes de base de la microtectonique : **«La microtectonique comprend d'abord l'étude des microtextures orogéniques; celles-ci rappellent de manière étonnante les structures de la tectonique générale... Ce sont en somme, des modèles réduits naturels des divers modes de mouvement et de déformation.»**. Par ailleurs, s'appuyant sur la microtectonique, il met en avant le concept de nappe de charriage dans les socles. Ses concepts novateurs furent accueillis avec scepticisme, voire moquerie, par ses contemporains pour qui le métamorphisme s'effectuait sans déformation.

Les trois principaux champs d'application de la microtectonique sont :

- la détermination de proche en proche de la géométrie et du style probable des grandes structures à partir des petites structures, c'est-à-dire le caractère fractal de leurs rapports;
- la reconnaissance des phases tectoniques successives ou tectoniques superposées;
- la caractérisation des styles de déformation et du champ régional de déformation.

L'application de la microtectonique aux études de tectonique cassante, comme plicative, date en France de la deuxième moitié des années 60. Elle sera ensuite généralisée et une tectonique en grandes nappes dans les socles sera finalement reconnue et acceptée à la fin des années 70.

Dans les Maures les premiers travaux utilisant la microtectonique sont ceux de Arthaud et Matte (1966) et de Maluski (1968). La décennie suivante verra sa généralisation dans les divers travaux de thèse. Son caractère fractal a conduit à rechercher dans ces premiers travaux, dans les Maures, et sans succès d'ailleurs, à partir des plis isoclinaux précoces, des mégastructures cartographiques en grandes nappes penniques et grands plis isoclinaux secondaires les affectant.

Il faut attendre la fin des années 70 pour que des mégastructures reliées, celles- là, à une phase tardive en dômes et cuvettes soient reconnues (Crevola, 1977), ce qui sera développé ci-après.

## Les figures de cisaillement

Dans le socle provençal on observe classiquement une phase de restructuration blastomylonitique de haute température très marquée lors de la phase D2, associée aux plis P2. (fig. 24). Elle s'accompagne d'un boudinage de la

foliation antérieure, d'une granulation des minéraux : les quartz sont allongés en plaquettes, les feldspaths sont tronçonnés et les micas prennent une forme «en poisson». Elle s'accompagne de rotations de certains gros minéraux qui permettent de définir un sens de cisaillement. Ici elle apparaît peu marquée. Si les yeux ont subi une rotation qui indique un sens de cisaillement vers le sud, les leucosomes des gneiss leptynitiques n'apparaissent pas affectés, les quartz ne sont pas étirés et les micas sont peu déformés (fig. 12).

## Plis concentriques.

Un modèle général de pli concentrique est présenté (fig. 14). Les figures 15, 16 et 17 montrent leur style et les objets structuraux associés. Une linéation de microplissement est parallèle à l'axe du pli.

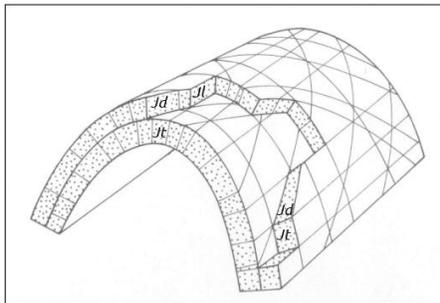


Fig. 14. : Modèle de pli concentrique.  
jt, joint transversal ; jl , joint longitudinal ;  
jd joint diagonal.



Fig. 15 : Plis décimétriques, rocher 1.  
Photo J. Féraud

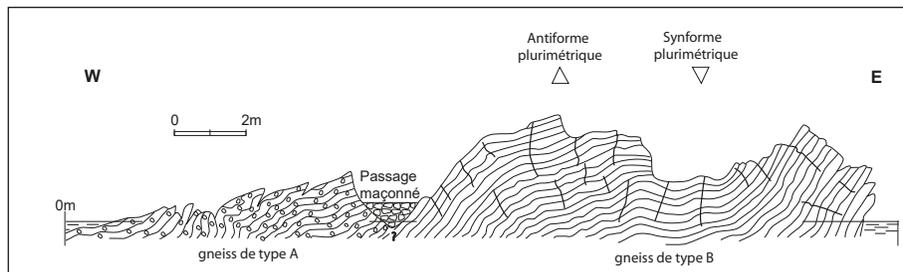


Fig.16 : Coupe transversale du rocher 1 : association du type A et B et plis métriques avec ondulations parasites du rocher A.

Les fractures ou joints forment plusieurs réseaux (fig. 17) :

- un réseau transversal **jt** perpendiculaire à l'axe du pli ou axe **b**. Il est le mieux marqué et peut donner naissance à des zones broyées que l'érosion marine peut agrandir ;
- un réseau parallèle à l'axe **b** du pli **jl** ou réseau longitudinal;
- un réseau diagonal d'orientation quelconque **jd**.

Les flancs des plis, comme leur charnière, présentent des plis de même style et de moindre taille ou plis mineurs ou parasites (fig. 16 et 18).

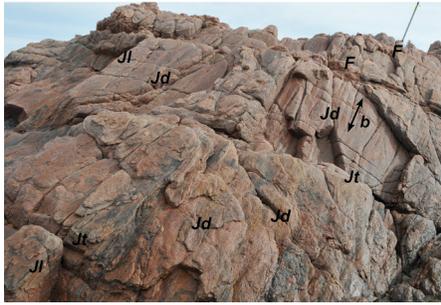


Fig. 17 : Pli métrique du rocher 1 avec indication de la position des joints et de la linéation de microplissements **b**. Photo J. Féraud.



Fig. 18 : Plis parasites sur le flanc d'un pli métrique, rocher 1. Photo J. Féraud.

L'existence de plis d'axes nord-sud de même style et de toutes tailles, jusqu'à ceux plurimétriques du rocher 1 illustre la pénétrativité de cette déformation. Elle conduit à les intégrer dans des structures plus importantes d'axes nord-sud comme les plis hectométriques de la Caillenque (fig. 19) de même style, eux-mêmes affectés par des ondulations mineures. L'antiforme de Cannes et la synforme du Reyran sont l'expression de ce même plissement à l'échelle mégamétrique (Crevola et Pupin, 1994); ils présentent aussi des ondulations hectométriques à kilométriques (fig. 19).

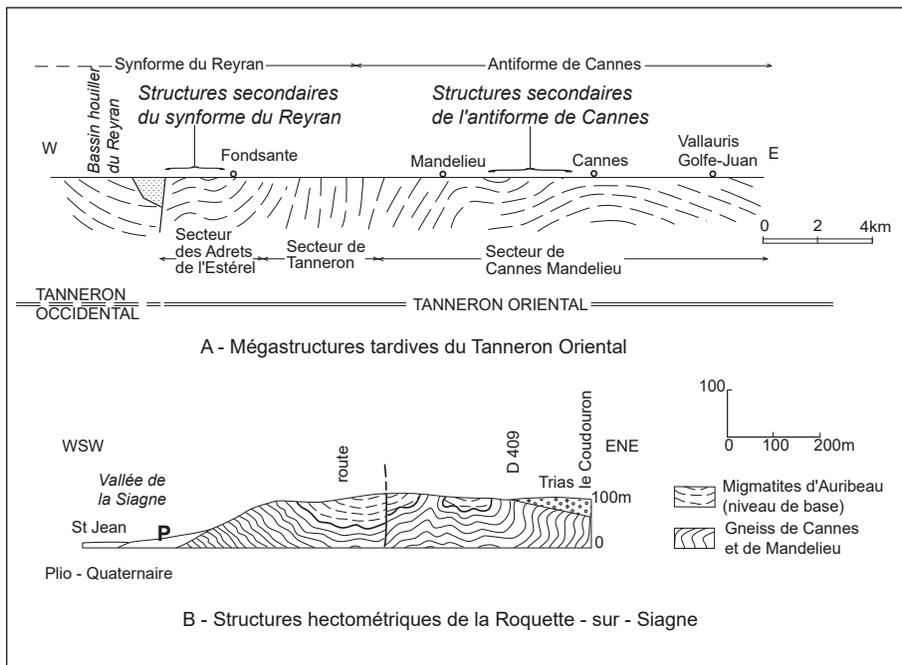


Fig.19 : Structures de type concentrique hectométriques à plurikilométriques du Tanneron oriental.

## LE RESEAU FILONIEN TARDIF

### Caractères

L'étude structurale a montré que les divers rochers présentent des joints en réseaux, typiques des plis concentriques. La particularité et l'intérêt de ce site est qu'il montre l'injection de nombreux filons leucocrates aplitiques à pegmatitiques dans ces joints, essentiellement dans ceux qui sont disposés perpendiculairement à l'axe des plis (jt) (fig. 20).



Fig. 20 : Filons pegmatitiques et aplitiques recoupant perpendiculairement le litage-foliation des gneiss de type A, avec rotation des gros feldspaths potassiques ; rocher 4b. Photo J. Féraud.

Ces filons d'épaisseur centimétrique à décimétrique sont soit :

- a) aplitiques avec une fluidalité parallèle à l'encaissant, soulignée par des traînées de biotites (fig. 21),
- b) pegmatitiques à grain plurimillimétrique, avec le plus souvent de la tourmaline et de grosses muscovites,
- c) mixtes avec bordures pegmatitiques et une partie centrale aplitique (fig. 22).

Un type de structure caractéristique des types pegmatitiques est le développement de feldspaths potassiques en stockscheiders (« limite de l'amas » en allemand). Ce sont des bordures pegmatitiques qui se développent au contact de l'encaissant (encaissant « vrai » ou intrusion antérieure), dans des intrusions pegmatitiques ou granitiques de faible puissance. Ils consistent en des cristaux de feldspaths potassiques longs de plusieurs centimètres, développés perpendiculairement au contact. Ils témoignent d'une croissance qui se fait à partir de la paroi froide (Crevola, 2016).



Fig. 21 : Fluidalité dans un filon aplitique, rocher 4b. Photo J. Féraud.



Fig. 22 : Filon mixte avec pegmatite à stockscheiders, rocher 4b. Photo J. Féraud.

Deux rochers montrent particulièrement bien les rapports entre fracturation et injections filoniennes. Le rocher 1 présente une section longitudinale en forme de toit d'usine (fig. 23). Il est envahi par de nombreux filons pegmatitiques, intrusifs dans les fractures transversales parallèles

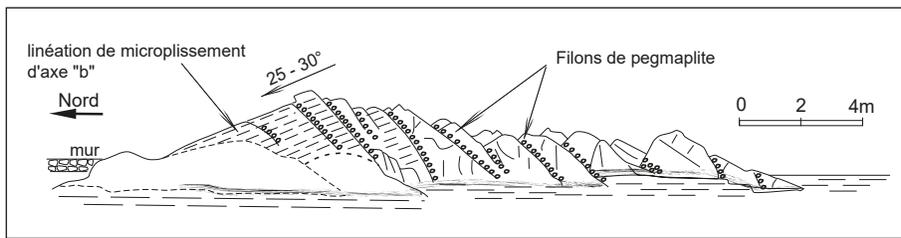


Fig. 23 : Coupe longitudinale du Rocher 1 montrant de nombreux filons parallèles.

successives (**jt**). Certains filons pegmatitiques sont entièrement constitués de stockscheiders. Le rocher 4b montre des filons de types variés recoupant un litage à leucosomes pegmatitiques bien marqué (fig. 20, 21 et 22).

### Signification des injections filoniennes

Ce réseau, magnifiquement exprimé ici, est à mettre en rapport avec la fracturation liée aux plis. Ces injections se font postérieurement à la fracturation des plis ou, à la limite, en accompagnent le terme.

Dans un article antérieur (Crevola, 2009), ces rapports ont été déjà présentés et leur intérêt géodynamique a été souligné. D'une part ils s'injectent dans une croûte devenue cassante, ce qui fixe un repère mécanique et temporel pour la fin de l'exhumation. Leur âge de  $297 \pm 5$  Ma (Demoux *et al.*, 2008) correspond à l'âge minimum du plissement et de la fracturation. D'autre part, ils démontrent l'existence d'une anatexie «*tardive*» car post ou tardi D3, somme toute discrète ici, ou anatexie 2. Elle est distincte de l'anatexie «*précoce*» généralisée, liée à la phase D1 effective à environ 340 à 320 Ma.

Depuis l'article cité (Crevola, 2009) deux types de données sont venues conforter ces relations entre plissements tardifs, fracturation et injections filoniennes, lors de l'anatexie tardive. Dans le dôme du Rouet du Tanneron occidental, le granite du Rouet apparaît mis en place par injection passive par le mécanisme de subsidence souterraine, dans une cavité ménagée dans une croûte devenue cassante (Crevola, 2016). Son âge à 302 Ma est en accord avec cette possibilité. Dans la presqu'île de Saint-Tropez les granites de Moulin Blanc et de Camarat ont été datés à environ 300 Ma (Duchesne *et al.*, 2013), le granite de Camarat à contacts francs recoupant la foliation générale des gneiss.

Ainsi toutes ces données plaident pour un événement thermotectonique tardif autour de 300 Ma, associant, en fin d'exhumation, déformations en dôme et cuvette, et nouvelle anatexie profonde se traduisant par l'injection de divers granitoïdes, qu'on qualifiera d'ultimes.

## L'EVOLUTION GEODYNAMIQUE REGIONALE

Les relations entre objets décrits conduisent à proposer un modèle d'évolution tectonométamorphique régionale, résumée dans le tableau de la figure 24 (Crevola, 2009 modifié). Il est conforme aux modèles actuels de divers auteurs (Rolland *et al.*, 2009; Oliot *et al.* 2015). Deux anatexies sont présentes : une anatexie fondamentale généralisée, précoce contemporaine de D1 et *pro parte* de D2 et une anatexie tardive, plus limitée, contemporaine de D3. Entre elles une phase de restructuration affecte les structures résultant de cette première anatexie, mais de façon limitée dans le site des Rochers. Ce sont surtout les relations entre les objets structuraux de la phase compressive à plis concentriques et leurs relations avec les filons tardifs qui sont bien exprimées et qui permettent d'accéder à des corrélations avec des mégastructures tardives et leurs granites associés.

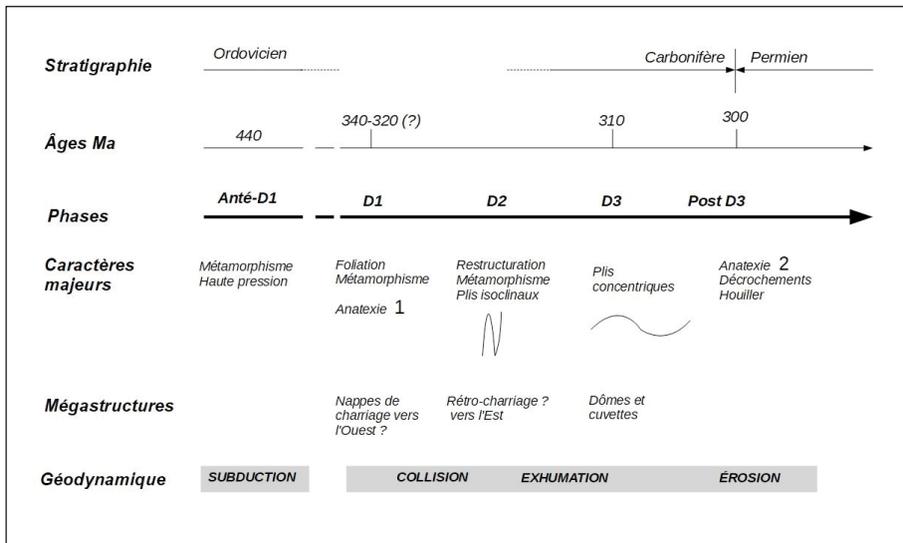


Fig. 24 : Modèle d'évolution tectonométamorphique régionale

## AUTRES SITES REMARQUABLES

Les gneiss affleurent de façon quasi continue, le long des boulevards de la Croix des Gardes, du Bois de la Maure, en particulier sur la route de Golfe-Juan à Vallauris, sur la route de Mandelieu à Tanneron, enfin le long du chemin du Pont Neuf au sud de la Roquette-sur-Siagne. On retrouvera, suivant les points, certains des caractères observés aux Rochers, mais on ne peut cependant pas indiquer de localisation précise pour tel ou tel caractère.

Une localité où de bonnes observations peuvent être effectuées est Le Suquet ou Mont Chevalier à Cannes même. Cet autre appendice du massif de la Croix des Gardes est plus important que celui des Rochers : c'est une



Fig. 25 : Affleurement de gneiss de type A, sous le porche de l'église du Suquet à Cannes.  
Photo C. Hourdry.

avancée de 500 m et d'une altitude de 45 m. Il constitue un promontoire abritant le vieux port des vents d'ouest. Jusqu' à la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, sa partie basse n'était pas construite et la mer baignait les rochers au voisinage de la chapelle St-Pierre sous la route d'Italie. Avec le développement du port il se couvrit progressivement de constructions. Actuellement les gneiss de type A affleurent au départ de la montée dans la rue du Mont Chevalier et dans les rues qui enserrant le château et l'église à son sommet. Ils présentent les mêmes caractères avec des filons concordants et les mêmes orientations qu'aux Rochers de La Bocca. Quelques plis rappellent ceux des Rochers. La figure 25 montre l'affleurement situé sous le porche du clocher de l'église : un filon sécant mixte est injecté dans une fracture transversale. Ce site fut visité en 1779 par de Saussure qui écrivait :

*«Je montais jusqu'au haut de ce rocher, et je trouvais que la tour de l'église reposait sur une belle roche feuilletée rouge, brillante composée de mica et de quartz. On voit aussi cette roche le long du grand chemin qui a même été en partie coupé dans sa substance. En faisant le tour de la colline, je trouvais partout cette même roche mais dans des situations différentes, ici horizontale, là inclinée, là tortueuse.»*

## CONCLUSIONS

Le site pittoresque des rochers de la plage des Rochers de Cannes-La Bocca, par sa configuration et ses caractères est un site clé, ou géosite, pour la connaissance de la structure et de l'évolution de l'extrémité est du socle provençal. On lui attribuera les valeurs patrimoniales suivantes : géologique intrinsèque, morphologique et paysagère, géologique extrinsèque, pédagogique et enfin culturelle. Ainsi, partant des objets géologiques, on accède à des enchaînements de phénomènes ainsi qu'à des considérations plus générales sur l'évolution géologique régionale.

Ce site présente un intérêt pédagogique majeur, d'abord par la richesse des objets et phénomènes géologiques, dans des affleurements de grande qualité, facilement observables. Il montre deux exemples de relations entre petites et grandes structures. L'un est relatif à la fracturation locale pénétrative, homologue de la fracturation régionale. L'autre au développement de plis d'échelles diverses et leur intégration dans les grandes structures régionales. L'injection de filons leucocrates dans les fractures des plis concentriques fournit un repère précis dans l'évolution locale.

Enfin, à l'issue d'une évolution tectonométamorphique polyphasée, retracée par divers jalons, on est amené à mettre en évidence, en phase finale, un événement tectonomagmatique à environ 300 Ma intéressant tout le socle provençal. Il se traduit par une structuration régionale en dômes et cuvettes et une anatexie soulignée par un magmatisme tardif (fig. 24 ).



Fig. 26 : Coucher de soleil aux Rochers de la Bocca. *Fotolia*.

## Remerciements

Je remercie vivement Chantal Crevola et Gilbert Mari pour leurs relectures minutieuses du manuscrit, Michèle Lamaison pour l'exécution des figures, Jean Féraud et Caroline Hourdry pour leurs photographies, ainsi que Laurent et Odile Crevola pour le traitement des figures et photographies. Je remercie également les services du musée de la Castre à Cannes, qui m'ont autorisé à reproduire la toile de Joseph Contini.

## BIBLIOGRAPHIE

**ARTHAUD F. & MATTE P.** (1966). - Contribution à l'étude des tectoniques superposées dans la chaîne hercynienne : étude microtectonique des séries métamorphiques du massif des Maures (Var), *C. R. Acad. Sci. Paris*, Série D, 262, pp. 436-439.

**BONIFAY E., BORDET P., GINSBURG L. & MENESSIER G.** (1970). - Carte géologique Grasse-Cannes à 1/50 000. 1<sup>e</sup> édition.

**BORDET P.** (1961) - Sur la géologie du massif de Tanneron (Var et Alpes-Maritimes). *C. R. Acad. Sci., Paris*, 252, pp. 913-915.

**BORDET P.** (1966) - L'Estérel et le massif de Tanneron. *Géologie régionale de la France*. Hermann édit. Paris, 114 p.

**BORDET P., MENESSIER G. & NESTEROFF W.** (1966) - Carte géologique à 1/50 000 Fréjus-Cannes, 1<sup>e</sup> édition.

**BORDET P., DEBELMAS J., MENESSIER G. & NESTEROFF W.** (1966) - Carte géologique Fayence à 1/50 000. 1<sup>e</sup> édition.

**BORDET P., GINSBURG L., MENESSIER G. & GUEIRARD S.** (1967) - Carte géologique Antibes à 1/80 000. 3<sup>e</sup> édition.

**CORSINI M. & SCHNEIDER J.** (2012) - Field Trip Guide. The Maures - Tanneron Massif ; *Géologie de la France*. pp. 7-9.

**CREVOLA G.** (1977) - Etude pétrographique et structurale de la partie orientale du massif de Tanneron (Provence cristalline). *Thèse 3<sup>e</sup> cycle*, Univ. Nice, 355 p.

**CREVOLA G.** (2009) - Grands traits de la géologie de la partie orientale du Massif de Tanneron (Alpes-Maritimes et Var, France). *Riviera Scientifique*. pp. 51-70.

**CREVOLA G.** (2016) - Quelques structures remarquables du granite du Rouet (Tanneron occidental, Var) caractéristiques de sa mise en place intrusive passive, puis de sa déformation transpressive tardive. Leur intérêt géodynamique. *Riviera Scientifique*. pp. 73-90.

**CREVOLA G. & PUPIN J.P.** (1994) - Crystalline Provence : Structure and Variscan Evolution.- *In* : Keppie J.D. Ed., Pre-Mesozoic Geology in France and Related Areas.- *Springer Verlag Publ.*, pp. 426-441.

**DARDEAU G., DUBAR M., COURME M.D., CREVOLA G., IRR F., MANGAN C. & TOUTIN-MORIN N.** (2010) - Carte géologique Grasse-Cannes à 1/50 000, 2<sup>e</sup> édition.

**DEMAI A.** (1942). - Microtectonique et tectonique profonde. Cristallisations et injections magmatiques syntectoniques. *Mémoire Service de la Carte géologique de France*, 260 p.

**DEMOUX A., SCHÄRER U. & CORSINI M.** (2008) - Variscan evolution of the Tanneron massif, SE France, examined through U-Pb monazite ages. *J. of the Geological Society, London*, 165, pp. 467.

**DE WEVER P., CORNÉE A., EGOROFF G., COLLIN G., DURANTHON F., LALANNE A., de KERMADEC C. & LUCET S.** (2019) - Patrimoine géologique : notion, état des lieux, valorisation. *Naturae* : <http://revue-naturae.fr> (1), pp. 1-58.

**DUCHESNE J.C., LIEGEOIS J.P., BOLLE O., VAN DER AUWERA J., BRUGUIER O., MATUKOV D.I. & SERGEEV S.A.** (2013) - The fast evolution of a crustal hot zone at the end of a transpressionnal regime : The Saint-Tropez peninsula granites and related dykes (Maures Massif, SE France). *Lithos*, 162-163, pp. 195-220.

**DUFRENOY A. & ELIE DE BEAUMONT L.** (1841) - Carte géologique de la France. 1<sup>e</sup> édition.

**GIDON M.** (1987) - Les structures tectoniques. *Manuels et méthodes BRGM*. N° 15, 206 p.

**GIUGLARIS P.** (2004) - Si la Bocca m'était contée... *Serre éditeur*, 2<sup>e</sup> édition, 224 p.

**HAUG E., MICHEL-LEVY A. & LANQUINE A.** (1914) - Carte géologique Antibes à 1/80 000, 2<sup>e</sup> édition.

**MALUSKI H.** (1968) - Etude tectonique, microtectonique et géochronologique de la partie méridionale du massif des Maures (Var). *Thèse*, Univ. Montpellier, France. 87 p.

**MATTAUER M. & MERCIER J.L.** (1973) - Microtectonique et grande tectonique. *Mémoire hors-série de la Société Géologique de France n° 10*, pp. 141-161.

**MEHNERT K.R.** (1968) - Migmatites and the origin of granitic rocks. *Elsevier*, Amsterdam, 393 p.

**MERGOIL -DANIEL J.** (1970) - Les feldspaths potassiques dans les roches métamorphiques du Massif Central français, *Annales de la faculté des Sciences*, 42, Clermont-Ferrand, 304 p.

**OLIOT E., MELLETON J., SCHNEIDER J., CORSINI M., GARDIEN V. & ROLLAND Y.** (2015) - Variscan crustal thickening in the Maures-Tanneron massif (South Variscan belt, France) : new in situ monazite U-Th-Pb chemical dating of high-grade rocks. *Bulletin de la Société géologique de France*, 186, pp. 145-169.

**D'ORBIGNY C. & CORDIER P.** (1868) - Description des roches composant l'écorce terrestre et des terrains cristallins constituant le sol primitif. Ouvrage rédigé d'après la classification, les manuscrits inédits et les leçons publiques de feu P.-L.-A. Cordier, par Charles d'Orbigny. *Savy*, Paris. 553 p.

**ORSINI J.B.** (1968) – Etude pétrographique et structurale du Massif de Tanneron (Var). (Parties occidentale et centrale). *Thèse 3<sup>e</sup> cycle*, Grenoble, 109 p.

**POTIER A.** (1881) - Carte géologique Antibes à 1/80 000, 1<sup>e</sup> édition.

**ROBEYNS M.L.** (2016). - Le Château de la Bocca, in “*A la découverte de la Bocca*”. Les amis des archives de Cannes. pp.14-15.

**ROLLAND Y., CORSINI M. & DEMOUX A.** (2009) - Metamorphic and structural evolution of the Maures-Tanneron massif (SE Variscan chain) : evidence of doming along a transpressional margin. *Bull. Soc. géol. France*, 3, pp. 217-230.

**de SAUSSURE H.B.** (1779) – Voyage dans les Alpes. *Fauch éditeur*, Neuchâtel.

**SCHÄRER U.** (2013) - Le massif de Tanneron et l'évolution géologique régionale. Géologie Randonneur, *studylib.fr.com*.

**TOUTIN-MORIN N., BONIJOLY D., BROCARD C., BROUTIN J., CREVOLA G., DARDEAU G., DUBAR M., FERAUD J., GIRAUD J.D., GODEFROY P., LAVILLE P. & MEINESZA.** (1994). - Carte géologique Fréjus-Cannes à 1/50 000. 2<sup>e</sup> édition.