per
sge

Géomorphologie : relief,
processus, environnement

Analyse multiscalaire et multisource des directions structurales du Massif des Calanques et de leur expression morphologique : application au Cap Morgiou et à la grotte Cosquer (Marseille, France)/*Multiscalar analysis of structural directions in the « Massif des Calanques » and associated morphological trends in the vicinity of Cosquer cave (cape Morgiou, Marseille, France)*

Jacques Collina-Girard

Citer ce document / Cite this document :

Collina-Girard Jacques. Analyse multiscalaire et multisource des directions structurales du Massif des Calanques et de leur expression morphologique : application au Cap Morgiou et à la grotte Cosquer (Marseille, France)/*Multiscalar analysis of structural directions in the « Massif des Calanques » and associated morphological trends in the vicinity of Cosquer cave (cape Morgiou, Marseille, France)*. In: Géomorphologie : relief, processus, environnement, 1995, vol. 1, n°2. pp. 67-84;

doi : https://doi.org/10.3406/morfo.1995.859

https://www.persee.fr/doc/morfo_1266-5304_1995_num_1_2_859

Fichier pdf généré le 30/04/2018

BY: $ = creative commons

Résumé

Résumé Ce travail, à partir de l'étude locale d'un site archéologique, aboutit àretrouver des traits structuraux et géomorphologiques généraux en Provence. Au départ, il s'agit de cerner, très localement, dans un secteur du massif des calanques marseillaises, celui du Cap Morgiou, la trame structurale dans laquelle s'inscrit la grotte Cosquer, première grotte préhistorique ornée découverte en Provence. Une confirmation régionale de ces observations locales est recherchée par des mesures de terrain effectuées dans les îles du Frioul situées plus à l'Ouest, l'étude des photographies aériennes et de l'imagerie spatiale et enfin une étude morphologique en domaine continental et en domaine marin ; toutes ces approches ont permis de mettre en évidence un maillage structural et morphologique généralisé à toute la Provence.

Abstract

Abstract This study aims to constrain the structural framework of the Cape Morgiou area (Massif des Calanques, near Marseille), where the Cosquer Cave was discovered. This cave contains the first prehistorical paintings found in Provence. The cave belongs to a submerged karstůxatis affected by a network of subvertical faults. Field data show the following directions of faulting : N15°, N65°, N100°, N135°. N165°. The N135° direction corresponds to one major structural trend in the massif des Calanques. It is also the orientation of the large creeks (e.g. Morgiou and Sormiou). To expand these results to a regional scale, field data were collected in the Frioul Island, to the west of the massif. Air photographs and satellite imagery were also used, together with a geomorphological study carried out both on the continent and offshore. All results provide comparable fracturation trends to those described above.

BY: $ = creative commons

Analyse multiscalaire et multisource des directions structurales du Massif des Calanques et de leur expression morphologique : application au Cap Morgiou et à la grotte Cosquer (Marseille, France).

Multiscalar analysis of structural directions in the "Massif des Calanques" and associated morphological trends in the vicinity of Cosquer cave (cape Morgiou, Marseille, France).

Jacques COLLINA-GIRARD*

Résumé

Ce travail, à partir de l'étude locale d'un site archéologique, aboutit àretrouver des traits structuraux et géomorphologiques généraux en Provence. Au départ, il s'agit de cerner, très localement, dans un secteur du massif des calanques marseillaises, celui du Cap Morgiou, la trame structurale dans laquelle s'inscrit la grotte Cosquer, première grotte préhistorique ornée découverte en Provence. Une confirmation régionale de ces observations locales est recherchée par des mesures de terrain effectuées dans les îles du Frioul situées plus à l'Ouest, l'étude des photographies aériennes et de l'imagerie spatiale et enfin une étude morphologique en domaine continental et en domaine marin ; toutes ces approches ont permis de mettre en évidence un maillage structural et morphologique généralisé à toute la Provence.

Mots clés : Fracturation, géomorphologie, réseaux hydrographiques, grotte Cosquer, Massif des Calanques, Provence.

Abstract

This study aims to constrain the structural framework of the Cape Morgiou area (Massif des Calanques, near Marseille), where the Cosquer Cave was discovered. This cave contains the first prehistorical paintings found in Provence. The cave belongs to a submerged karst that is affected by a network of subvertical faults. Field data show the following directions of faulting : N15°, N65°, N100°, N135°, N165°. The N135° direction corresponds to one major structural trend in the massif des Calanques. It is also the orientation of the large creeks (e.g. Morgiou and Sormiou). To expand these results to a regional scale, field data were collected in the Frioul Island, to the west of the massif. Air photographs and satellite imagery were also used, together with a geomorphological study carried out both on the continent and offshore. All results provide comparable fracturation trends to those described above.

Key words : Fracturation trend, geomorphology, drainage pattern, Cosquer cave, Massif des Calanques, Provence, South France.

Abridged English version

Cosquer Cave (fig. 1, 2 and 3), a recently discovered French paleolithic site (Clottes and Courtin, 1994) is located at Cape Morgiou (Marseille). The cave, which is partially submerged since Holocene sea-rising, contains the first prehistorical pain-

* Laboratoire d'anthropologie et de préhistoire des pays de la Méditerranée occidentale. (CNRS URA 164) Université de Provence, Luminy, Case 907, F. 13288 MARSEILLE Cedex 9

Persée creative commons

tings found in Provence (two well dated occupation periods ca 27 000 yr BP and 18 000 yr BP). This cave is developed in Urgonian limestones dipping 30° SE. Its location and its morphology are in good agreement with NE/SW and NS vertical faulting (fig. 3E, 3F). The purpose of this paper is the study of the relationships between local and regional fracturing directions.

In the Cape Morgiou area, fractures are vertical to subvertical. The measurements of their direction on 25 sites (50 measures collected on each site) evidence two main directions, N15° and N135° (fig. 1C), and three secondary directions, N65°, N100° and N165° (fig. 1D). A control field study carried out at Frioul Archipelago (West from Marseille) shows similar fracturing trend (N5°, N45°, N105°, N135° and N160°).

The analysis of 1/3500 air photographs allows to point out a network of alignments such as fractures, joints and faults (fig. 3B). Their main directions (N5°, N45°, N75°, N110°, and N135°) confirm field data (fig. 3C and 3D).

A map of thalwegs is drawn out from 1/15 000 topographical maps and 1/25 000 bathymetric maps (Collina-Girard, 1992). Thalweg orientations and thalweg alignments show the structural control and the main morphological part of two orthogonal structural directions NW/SE and NE/SW both in the continental and submarine areas (fig. 5, 6, 7, 8, 9 and table1).

These results are compared with the regional data obtained in the Provence area. Directions observed on Landsat and Erts imagery (Chorowicz and Paul, 1974) and air photographs (Dupire, 1985) confirm the observations at the local scale (fig. 10, 11, 12 and Table 2).

From Cosquer Cave, both local and regional data show a general structural framework whose constant orientations follow the directions NS, NNE/SSW, NE/SW, ENE/WSW, WE, NW/SE and NNW/SSE. The geomorphological role of these directions is evidenced by thalweg pattern analysis and geomorphological analysis which in turn are efficient to study the structural regional geology on this site.

The structural directions observed in the Cape Morgiou area are also observed in the whole south of France, for example in Durance Valley (Terrier, 1991) and Plateau de Valensole (Collina-Girard et Griboulard, 1993). In our opinion these structural directions partially reveal faulting trends related to shearing zones which reflect NS compressional movements in the Mediterranean Sea.

INTRODUCTION

Ce travail s'applique au Cap Morgiou, dans le massif des Calanques, entre Marseille et Cassis (fig. 1A). Ce promontoire, encadré par les Calanques de Morgiou au Nord et de Sormiou au Sud, est orienté au Sud-Est (fig. 1B). Le Cap Morgiou est constitué par les assises monoclinales (30° vers le Sud-Est) d'un calcaire urgonien massif mais très fracturé propice au développement

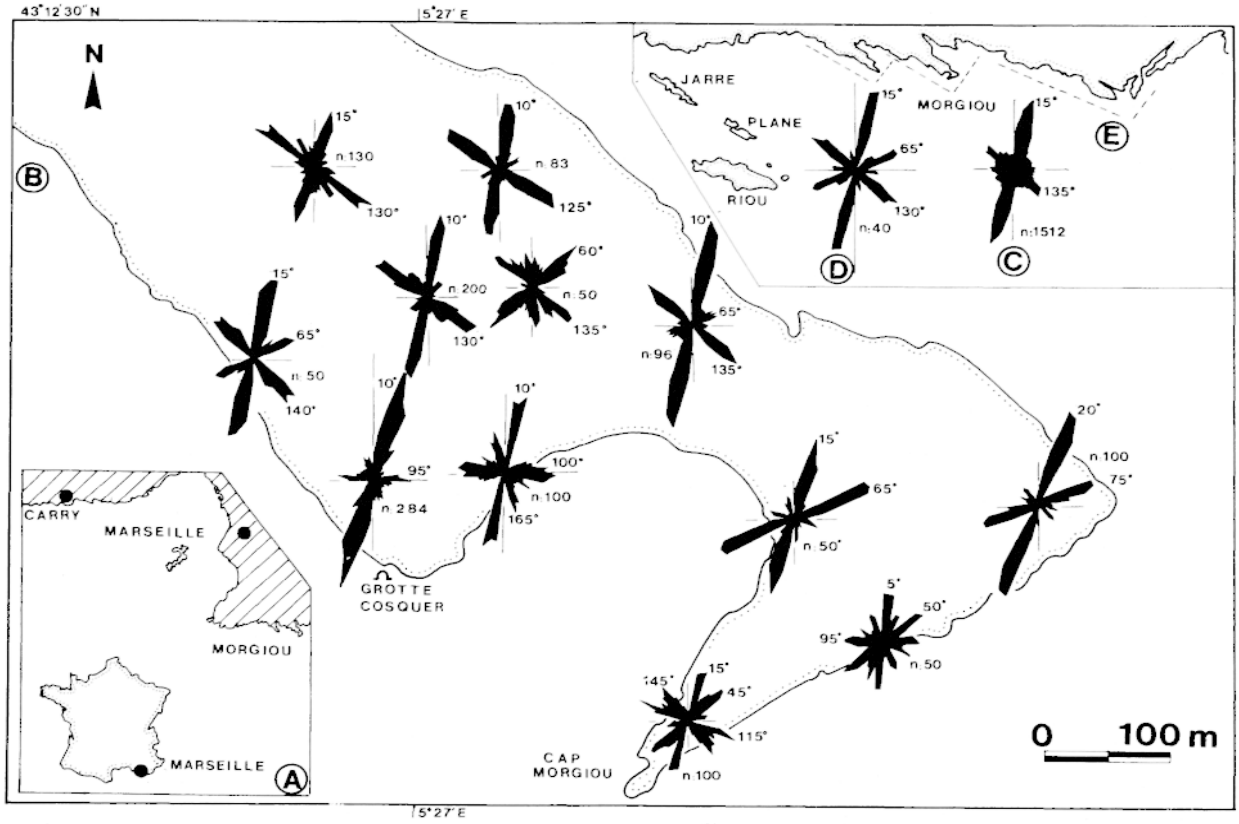


Fig. 1 - **Cap Morgiou**. A : Situation géographique ; B : Stations de mesures et rosaces des directions de fracturation ; C : Rosace des directions de fracturation, toutes stations cumulées ; D : Fréquences des modes observés sur les 12 stations de mesures ; E : Décalage du trait de côte de part et d'autre du Cap Morgiou.

*Fig. 1 - **Cape Morgiou.** A : Geographical location ; B : Stations where data were collected with rose diagrams of fracturing directions ; C : Fracture directions for all stations ; D : Frequency of the observed modes on the 12 stations ; E : Shoreline offset around Cape Morgiou.*

d'un karst. Il faut rappeler ici la célébrité du site depuis septembre 1991, date à laquelle Henri Cosquer y déclare la découverte d'une grotte préhistorique ornée s'ouvrant au pied de la pointe de la Voile par 36 mètres de fond (fig. 2, fig. 3E et 3F). Le siphon d'accès, orienté vers le nord (fig. 3F), remonte sur 116 m et débouche dans une grande cavité aux trois quarts noyée. La partie sèche de cette cavité présente gravures et peintures préhistoriques, correspondant à deux phases d'occupation datées de 27 000 BP et 18 500 BP (Clottes et Courtin, 1994). La grotte Cosquer n'est d'ailleurs pas la seule cavité noyée du Cap Morgiou où sont également connues les grottes du Figuier et de la Triperie (fig. 2).

Dans le cadre d'une étude géologique (en cours) de la grotte Cosquer, nous nous sommes d'abord intéressé au karst et à la fracturation du massif urgonien (Collina-Girard, 1994). Notre projet initial (karstologie et préhistoire)

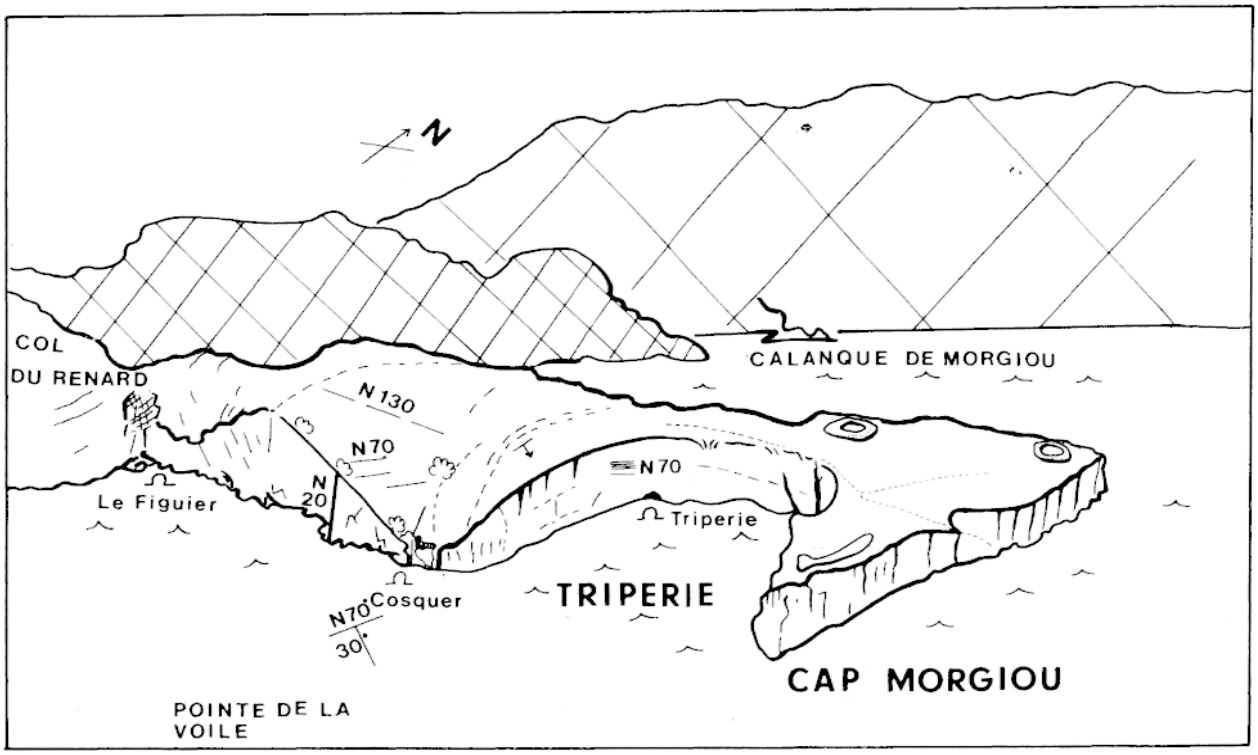


Fig. 2 - **Cap Morgiou, vue aérienne d'après photographie** montrant les alignements (N130°, N70° et N20°) et la position des grottes sous-marines (Cosquer, -36m, Triperie, -15m, le Figuier, -20m).

*Fig. 2 - **Cape Morgiou, sketch diagram based on a view from the air.** One can see the N130° N70° and N20° alignments and the location of Cosquer, Triperie, le Figuier caves are.*

sera ici provisoirement abandonné pour faire place à une étude structurale et géomorphologique globale ; les relevés de terrain, l'étude de l'imagerie satellitaire et des photographies aériennes, les analyses géomorphologiques terrestres et sous-marines vont servir à cerner les directions de fracturation régionales et leur impact morphologique.

LES DIRECTIONS DE FRACTURATION (GROTTE COSQUER ET CALANQUES)

Les relevés sur le terrain

La disposition en plan de la grotte Cosquer avec ses deux salles orientées NE/SW et son puits terminal, développé dans un plan vertical NS, est directement liée à la fracturation du massif (fig. 3E et 3F).

La fracturation étant subverticale sur toute l'étendue du *Cap Morgiou* les mesures des directions suffisent à la problématique envisagée c'est à dire l'insertion du karst dans le massif et dans la structuration régionale. Les calculs

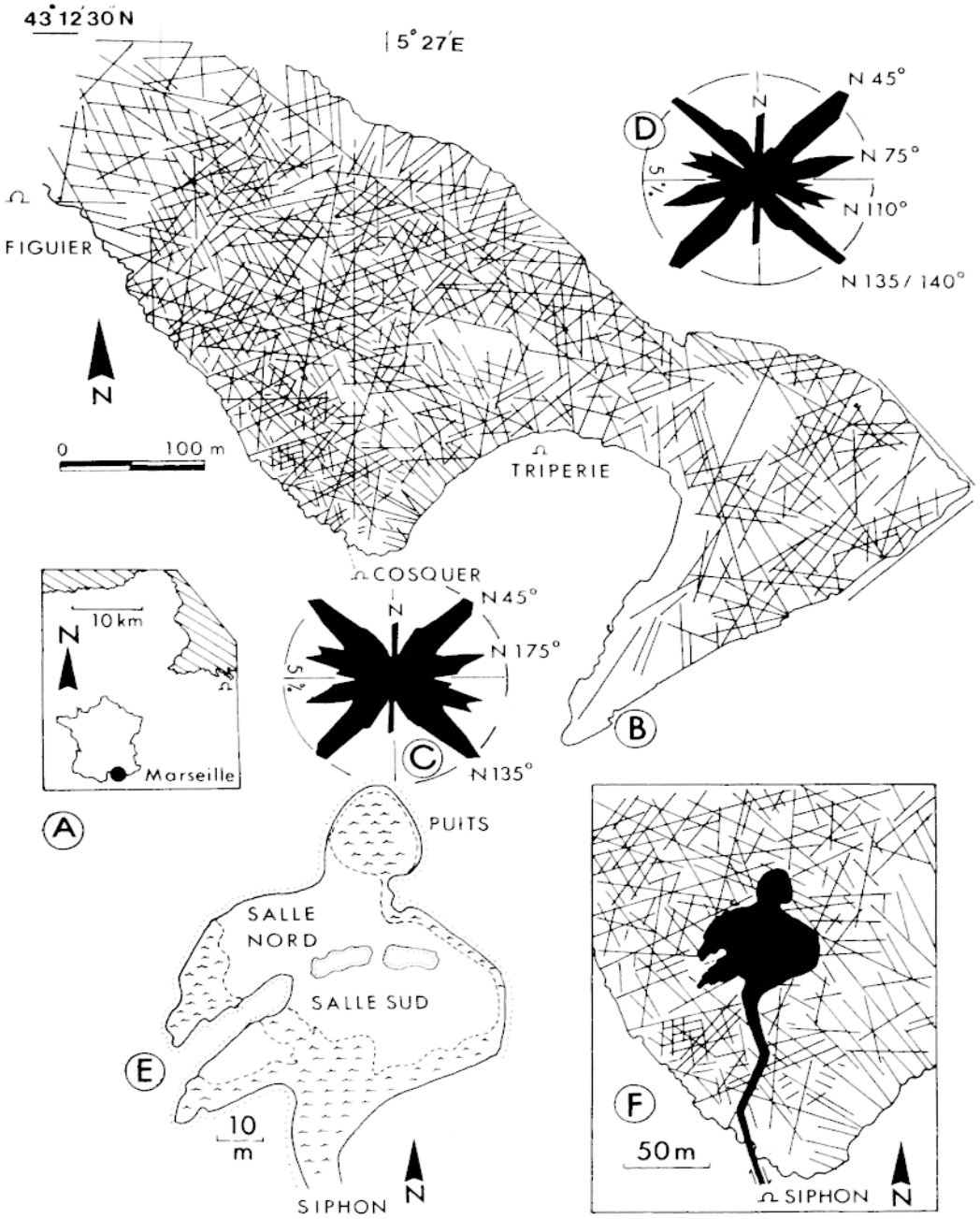


Fig. 3 - **Situation géographique et structurale de la grotte Cosquer.** A : Localisation de la zone étudiée ; B : Réseau des linéaments sur le Cap Morgiou tiré des photographies aériennes au 1/3500 ; C : Rosace des directions des alignements (pourcentages calculés sur 28 940 km de linéaments); D : Rosace des directions des alignements (pourcentages calculés sur 540 linéaments) ; E : Plan de la cavité ; F : Inscription de la grotte dans la fracturation.

*Fig. 3 - **Geographical and structural location of Cosquer cave.** A : Location of the study area ; B : Lineament network on Cape Morgiou from 1/3500 air photographs ; C : Rose diagram of alignments (percentages calculated on a 28940 km lineament length) ; D : Rose diagram of alignments (percentages calculated on 540 lineaments) ; E : Cosquer Cave plan ; F : Cave location and fracturation.*

statistiques de répartition des directions (en nombres de fractures) ont été effectués sur un total minimal de 50 mesures pour chacune des 25 stations étudiées (toutes situées sur les mêmes calcaires urgoniens). Par la suite les effectifs de certaines stations voisines ont été regroupés pour présenter finalement, suivant la méthode de lissage préconisée par Henri (1983), 12 abaques directionnelles (fig. 1B). Ces observations de terrain montrent la prédominance de deux directions principales très bien individualisées après cumul des effectifs des 25 stations (fig. 1C).

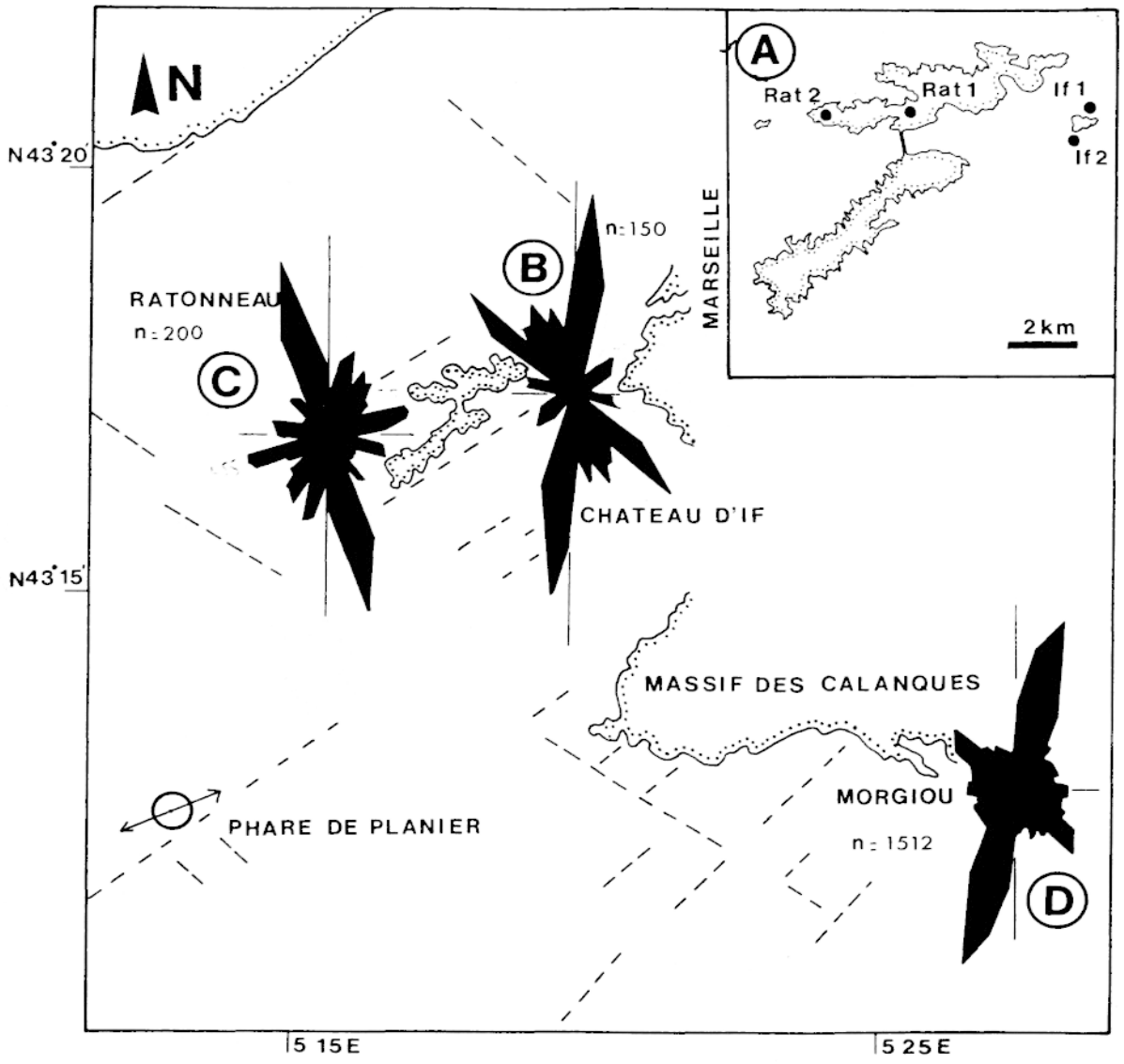


Fig. 4 - **Orientation des fracturations, Iles du Frioul.** A : Localisation des stations ; B : Rosace des directions de fracturation, île du château d'If ; C : Rosace des directions de fracturation, île de Ratonneau ; D : Rosace des directions de fracturation, Cap Morgiou, (valeurs cumulées des 12 stations de mesures).

*Fig. 4 - **Fracture directions, Frioul Islands.** A : Location of the stations ; B : Fracture rose diagram, If Island ; C : Fracture rose diagram, Ratonneau Island ; D : Fracture rose diagram, Cape Morgiou (Cumulated values for the 12 stations).*

La direction N15° est omniprésente ; cette orientation de fracture se retrouve, bien inscrite, sur toute l'étendue du secteur étudié. La direction N135°, celle des calanques de Sormiou et de Morgiou, est une orientation structurale majeure du massif des Calanques (Guieu, 1968).

Un décompte des modes les plus fréquents relevés sur les douze stations de mesures montre une direction N65°, très nette et deux orientations mineures N100° et N165° (fig. 1D).

Ces orientations se retrouvent-elles vers l'ouest ?

Un autre secteur, celui des *îles du Frioul,* a été choisi (dans le même contexte urgonien) pour tester la valeur régionale des observations faites au Cap Morgiou. Cet archipel de trois îles (If, Pomègues et Ratonneau) se trouve au débouché Ouest du port de Marseille (fig. 4).

Près du château d'If, après mesure des directions de fracturation, ici aussi subverticales (100 mesures) trois directions principales apparaissent (N5°, N45°, N135°) ainsi qu'un mode vers N105° et N160° (fig. 4B). On retrouve des directions voisines à Ratonneau (fig. 4C). Ces répartitions rappellent fortement celles observées au Cap Morgiou (fig. 4D).

Photographies aériennes et géomorphologie permettent de compléter les données obtenues sur le terrain.

L'analyse des photographies aériennes

Ce sont des photographies aériennes au 1/3 500 (Société A.E.R.I.A.L, Aix en Provence) qui ont été utilisées. La bonne qualité de ces images stéréoscopiques (Passe 66-07, 66-O8, 66-09 et 66-10, 04-87, levés du 11 Juin 1987) a permis d'établir une carte des principaux alignements (il s'agit ici des traces au sol des fractures, diaclases et failles) qui hachent la surface du Cap Morgiou (fig. 3B). Les rosaces des directions établies à partir du relevé des alignements (nombre et longueurs cumulées) permettent de reconnaître plusieurs directions majeures (fig 3C et 3D).

Géomorphologiquement les directions N135° et N45° correspondent aux contours du Cap Morgiou. La première direction est celle des calanques latérales de Sormiou et de Morgiou, la seconde est celle de l'extrémité subrectiligne du Cap. Le tracé du littoral et les contours des calanques semblent donc suivre parfaitement la trame prédécoupée dans le massif calcaire par la fracturation suivant des directions systématiquement orientées NW/SE ou NE/SW (fig. 1E).

Quel est le rôle de ces directions dans l'organisation du paysage ?

L'analyse directionnelle du réseau d'entailles

Une analyse géomorphologique complémentaire permet d'estimer l'impact de ces directions structurales sur la topographie terrestre et sous-marine du massif des Calanques. L'étude des directions structurales est menée à travers l'analyse directionnelle du réseau d'entailles. Le terme "entaille", emprunté à Prud'homme (1972), englobe la totalité du drainage : drains actifs, vallées sèches et thalwegs. La carte I.G.N (1974, série "Touristique") au 1/15 000 du massif des Calanques et son réseau de thalwegs constitue le document de base (fig. 5).

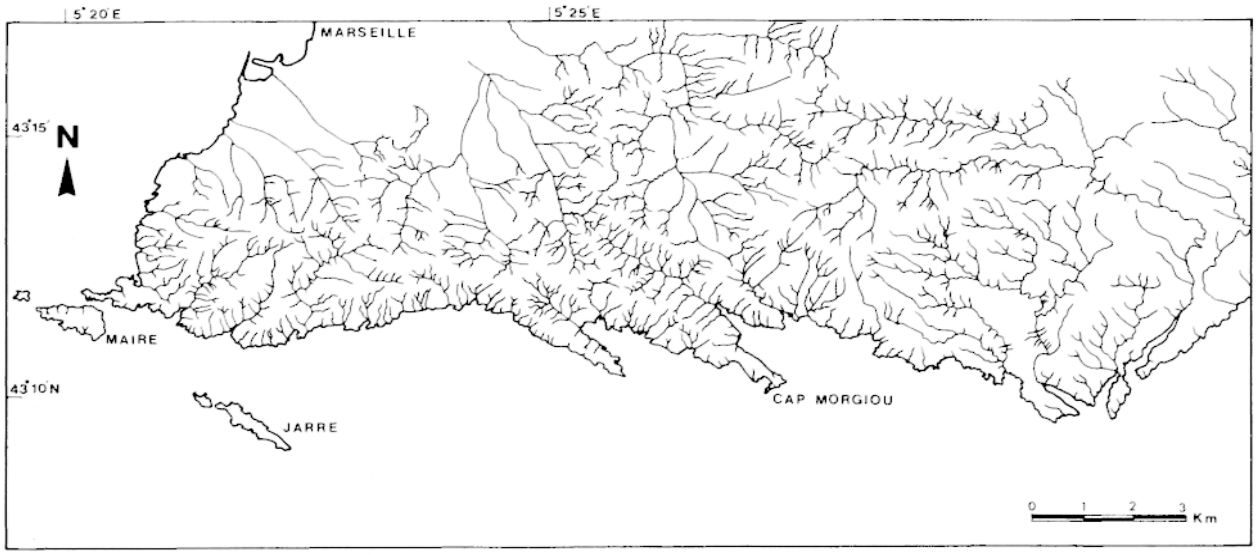


Fig. 5 - **Réseau d'entailles du massif des Calanques** tiré de la carte IGN au 1/15 000.

*Fig. 5 - **Valley pattern in the massif des Calanques.** (1/15 000 I.G.N Map).*

Orientations des entailles

La mesure de l'orientation des drains, délicate à effectuer sur un réseau non traité (fig. 5), est plus facile si l'on passe par l' approximation d'un réseau "géométrisé" (Sheidegger, 1980, Collina-Girard et Griboulard, 1993). Les drains-sources, très courts et peu significatifs, ont été supprimés (drains d'ordre 1 dans le système de Horton (1945). La rosace directionnelle de la figure 6 montre plusieurs orientations bien marquées vers N5°, N45°, N130° et N160°.

Ces directions sont très certainement structurales, en particulier les orientations N45° et N130°, déjà mises en évidence (terrain et photographies

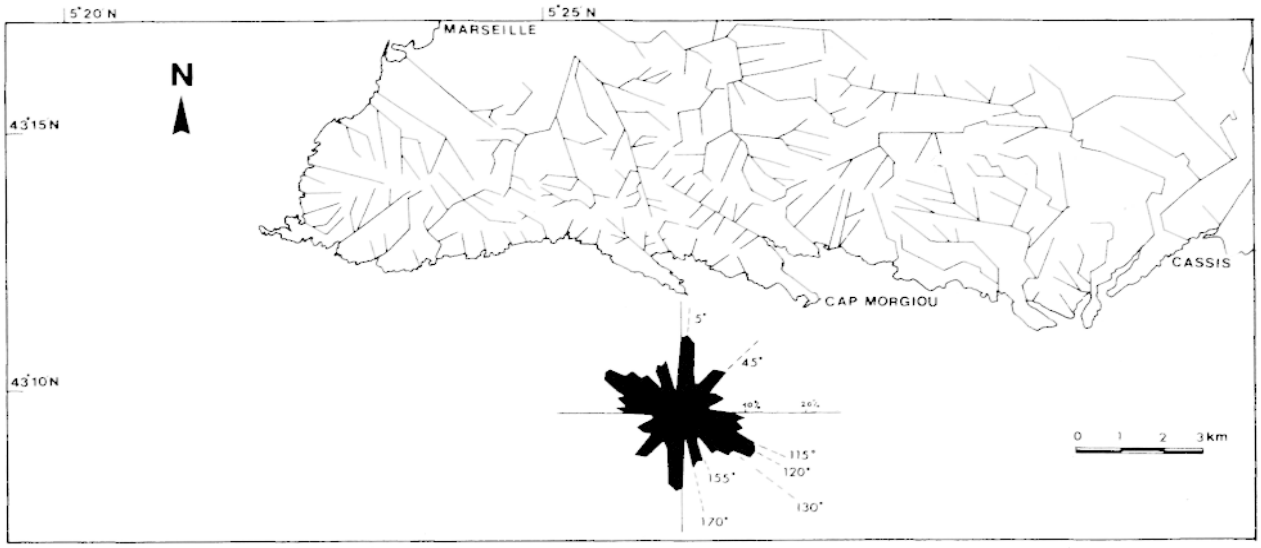


Fig. 6 - **Réseau géométrisé des entailles** (abstraction des drains-sources, ordre 1 de Horton). Rosace des directions d'entailles (% calculé sur les longueurs cumulées).

*Fig. 6 - **Simplified valley pattern** (without order 1 valleys in Horton system). Rose diagram based on total length of valley directions.*

aériennes). Le réseau des entailles est donc nettement orienté par le canevas tectonique régional. Il est probable, en revanche, que la direction Nord-Sud soit celle de la pente générale du massif (vers le Nord ou vers la mer). Cette direction pourrait être, au moins en partie, gravitaire, interprétation proposée par Blanc et Monteau (1988) pour le secteur de Marseilleveyre (ouest du massif).

Alignements des entailles

Il est possible de démontrer que les entailles sont orientées selon des directions privilégiées, par une analyse morphostructurale encore plus sélective en recherchant systématiquement (fig. 7 et 8) les alignements, les tronçons anomaliquement rectilignes, les changements de tracés non justifiés par la pente et les alignements de confluences, différents indices d'un possible obstacle, structural ou lithologique, au drainage (Prud'homme,1972, Griboulard, 1980). Les rosaces des directions de la figure 8 rendent compte des orientations préférentielles extrêmement marquées de ces alignements. Ces directions se trouvent concentrées surtout dans deux secteurs : N50° et N135°.

Les alignements d'entailles et autres anomalies de drainage suivent donc les deux directions orthogonales déjà observées sur le terrain et sur les photographies aériennes. Le "bruit de fond" des directions d'écoulements gravi

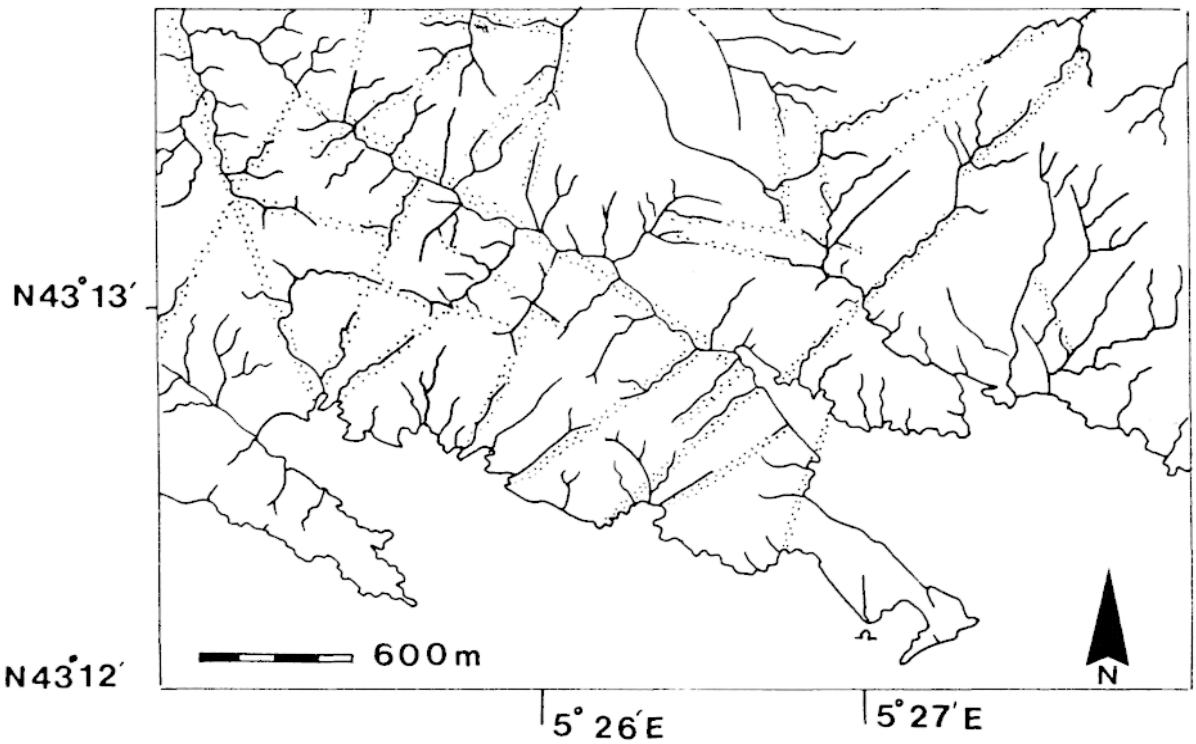


Fig. 7 - **Cap Morgiou : alignements du réseau d'entailles.**

*Fig.7 - **Cape Morgiou : alignments of valley pattern.***

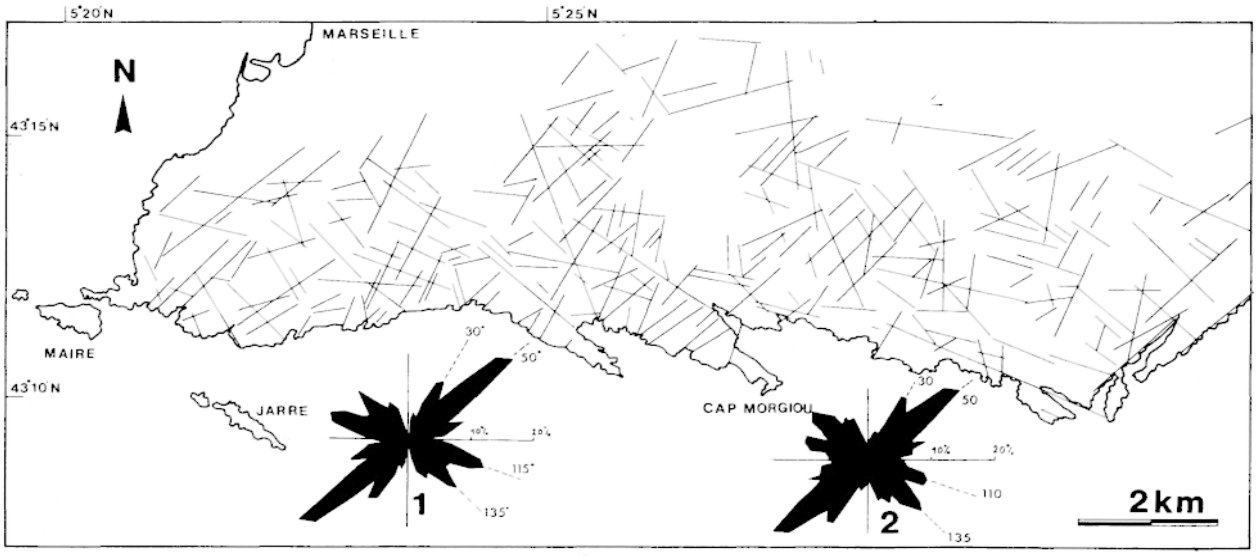


Fig. 8 - **Massif des Calanques : réseau des alignements et rosaces des directions.** Pourcentages calculés sur les nombres (1) et sur les longueurs cumulées (2).

*Fig. 8 - **Massif des Calanques : alignment network and directions rose diagram.** Percentages calculated on numbers (1) and total lengths (2).*

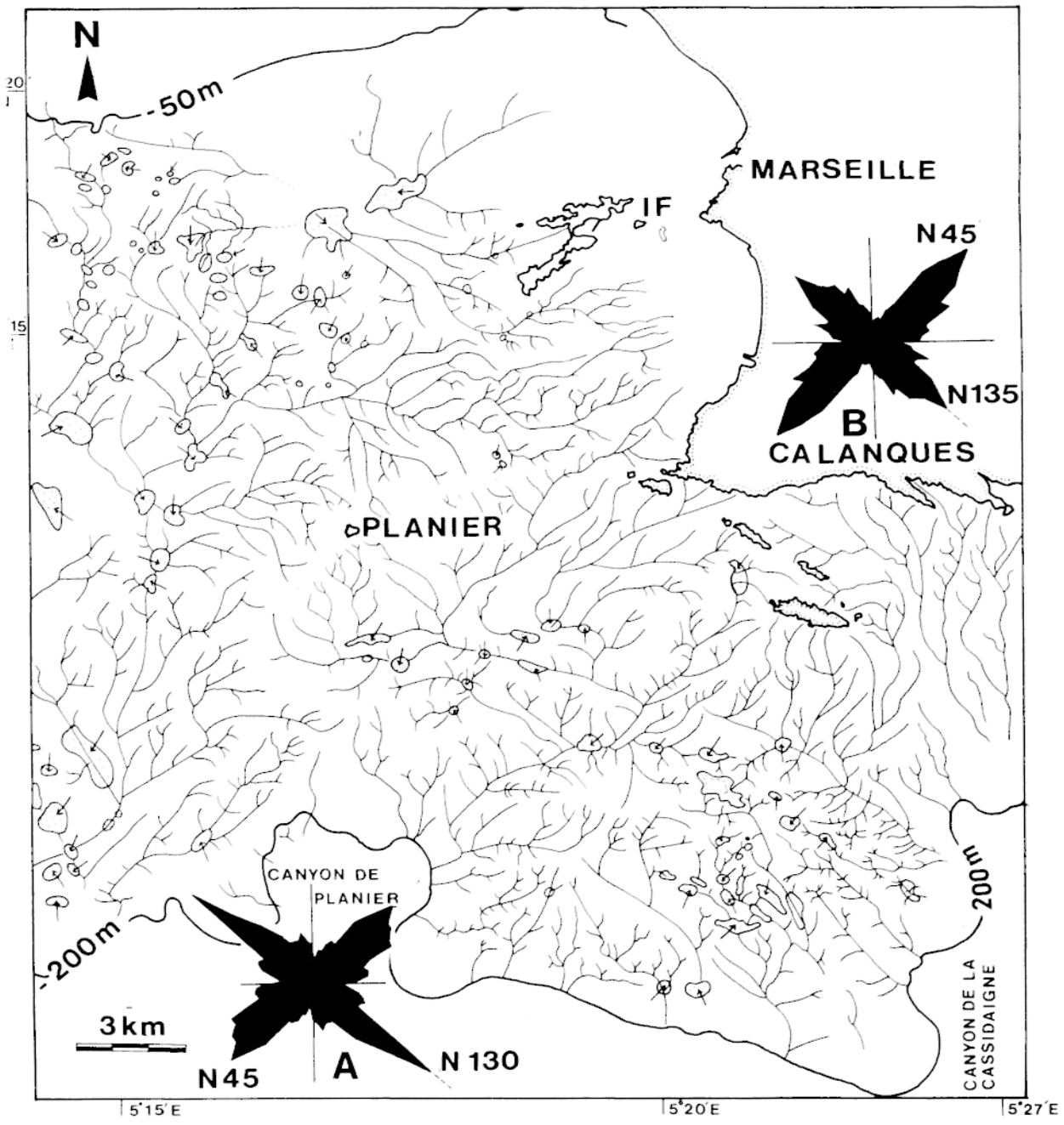


Fig. 9 - **Réseau des entailles sous-marines** d'après la carte au 1/25 000 du précontinent marseillais (Collina-Girard, 1992). Rosaces des directions des alignements d'entailles, calculs sur les nombres (A) et les longueurs (B).

*Fig. 9 - **Network of submarine valleys** based on the 1/25 000 map of the Marseille offshore area. Rose diagram of valley alignment directions. Percentages calculated on numbers (A) and lengths (B)*

taires N-S, (liées théoriquement à la pente régionale) a donc été éliminé. Le relevé des orientations et des alignements d'entailles est donc un moyen simple d'atteindre indirectement la structuration régionale.

Qu'en est-il dans la zone submergée des calanques ?

Les entailles sous-marines.

Une carte au 1/25 000 du précontinent marseillais entre Carry le Rouet et le Cap Morgiou a été établie à partir des minutes d'écritures de sondes du S.H.O.M.(au 1/10 000 : 77-10-24, 77-10-26, 77-10-27 et au 1/20 000 : 77-10-29, 77-10-30, 77-10-31, 77-10-32). Cette carte en courbes de niveaux (Collina-Girard, 1992), permet de tracer le réseau des thalwegs sous-marins (fig. 9). Ce réseau et ses alignements sont un moyen d'appréhender la fractu-

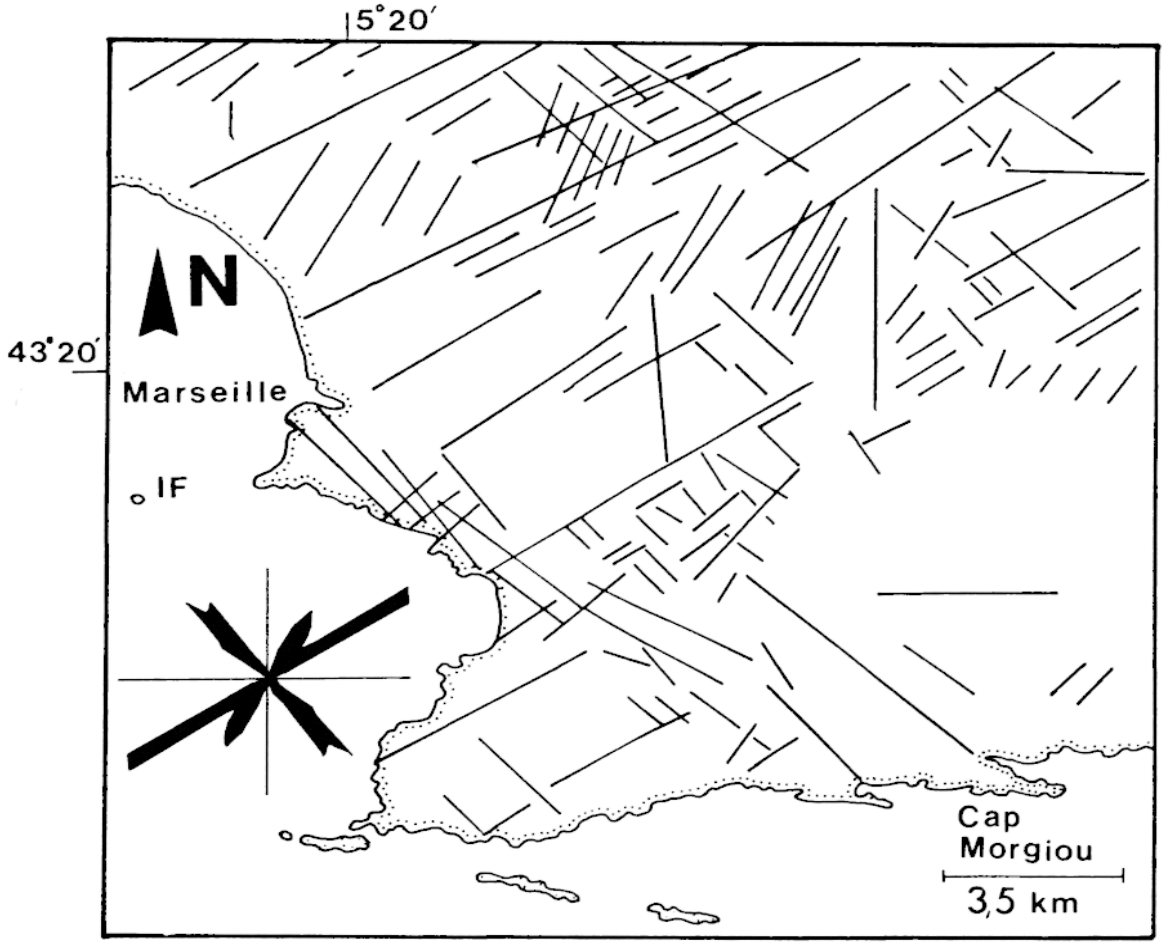


Fig. 10 - **Alignements, d'après photo-interprétation, dans le massif des Calanques et la région marseillaise,** (Dupire, 1985) et rosace des directions (pourcentages sur les longueurs).

*Fig. 10 - **Alignments in the massif des Calanques and Marseille area.** Photo-interpretation by Dupire (1985) and rose diagram of directions (percentages calculated on lengths).*

ration de cette zone inaccessible. Deux directions extrêmement marquées dont l'origine structurale ne fait aucun doute apparaissent (N45° et N135°). Il s'agit bien des deux directions structurales majeures qui dirigent le réseau d'entailles aussi bien en domaine continental qu'en domaine marin et qui déterminent la découpe littorale.

Ces directions mises en évidence sur le terrain, sur les photographies aériennes et dont l'impact géomorphologique est certain, apparaissent-elles en réduisant encore l'échelle des documents analysés ?

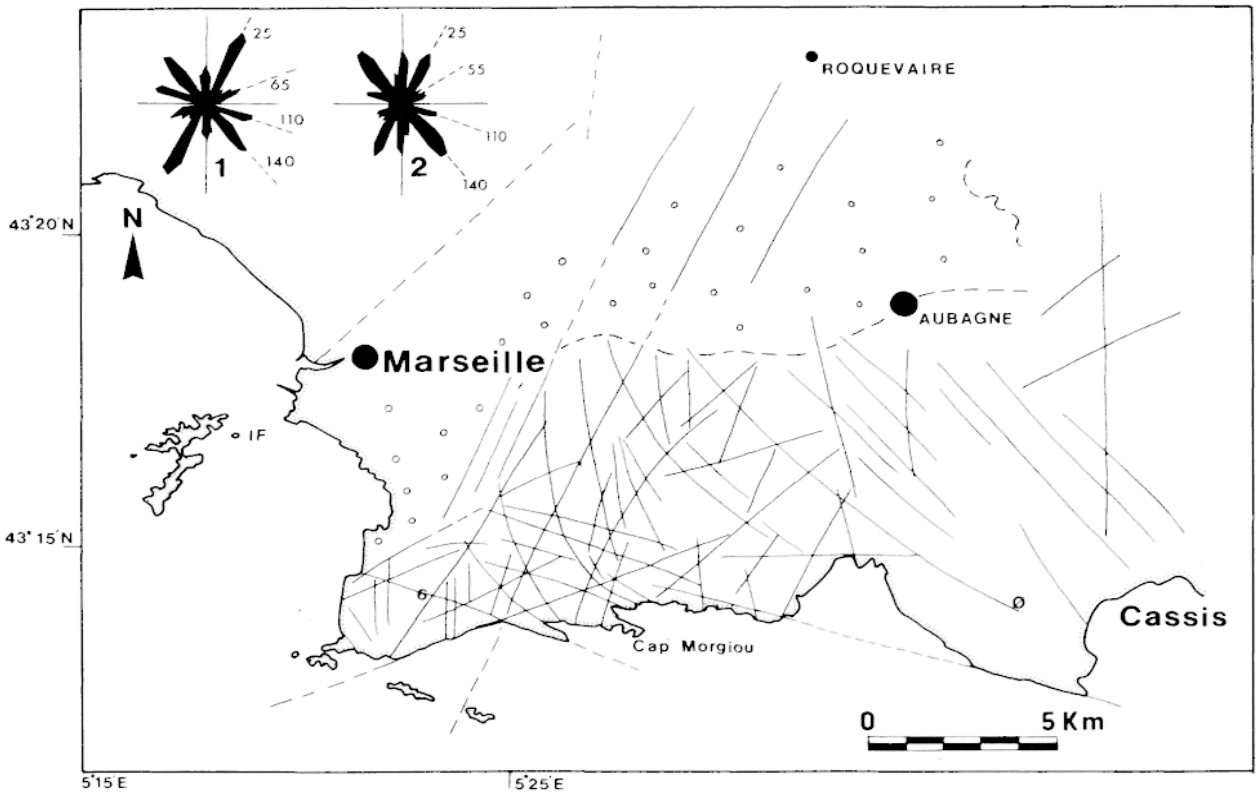


Fig. 11 - **Massif des Calanques et Provence.** Alignements observables sur image Landsat et rosaces des directions (1 : nombres ; 2 : longueurs).

*Fig. 11 - **Massif des Calanques and Prvence.** Alignments visible on Landsat image and rose diagram of directions (1 : numbers ; 2 : lengths).*

COHERENCE DES RESULTATS LOCAUX AVEC DES ANALYSES REGIONALES A PETITE ECHELLE

Les directions observées dans le massif des Calanques et ses abords se retrouvent sur les documents à petite échelle portant sur des analyses régionales. Nous avons étudié une image Landsat (image satellite SFERES, couleurs naturelles du 3 Février 1983 à 9h 45) et utilisé aussi certaines données bibliographiques s'appuyant sur des traitements d'images appliqués à des photographies aériennes (Dupire 1985) ou à des images satellitaires (Chorowicz et Paul 1974).

La carte interprétative des alignements dressée par Dupire (1985), à partir des clichés en noir et blanc de l'I.G.N du secteur Marseille-Aubagne (missions 1953 et 1960) et après traitement d'image, a permis d'établir une rosace des directions qui montre des orientations N25°, N55° et N145° (fig. 10).

Des alignements apparaissent sur l'image satellite Landsat 4 au 1/100 000 (fig. 11). Les rosaces directionnelles obtenues après relevé et décompte des alignements s'orientent N0°, N25°, N60°, N105°/115°, N110°, N140°, directions très voisines de celles observées sur le terrain.

Chorowicz et Paul (1974) analysent, au 1/ 300 000, les documents ERTS 1 obtenus au-dessus de la Provence par le capteur MSS et retrouvent trois familles directionnelles principales (fig. 12). Pour homogénéiser les résultats nous avons relevé les directions indiquées sur la carte de ces auteurs pour tracer la rosace directionnelle correspondante sur laquelle nous avons noté (fig. 12) les orientations N35°, N80° et N150°.

BILAN ET CONCLUSIONS

Les Tableaux 1 et 2 établissent le bilan des observations à l'échelle locale (Marseille et massif des Calanques) et à l'échelle plus générale de la Basse Provence.

Les directions structurales identiques observées selon diverses méthodes d'analyse (terrain, photographies aériennes et analyses géomorphologiques) montrent qu'à des échelles d'observation très différentes on retrouve, de l'affleurement au paysage et du paysage à la région, la même trame structurale orientée préférentiellement suivant des directions orthogonales majeures, NE/SW et NW/SE, qui orientent la découpe du littoral et déterminent la position des grandes calanques. Ces directions principales sont accompagnées de directions secondaires mais omniprésentes : NS, NNE/SSW, ENE/WSW, WE, NNW/SSE. Ces résultats confirment, après l'analyse systématique, les

observations antérieures (Guieu,1968 ; Blanc *et al.* 1967) et montrent l'efficacité des méthodes morphologiques pour approcher, avec des moyens simples, l'étude structurale régionale.

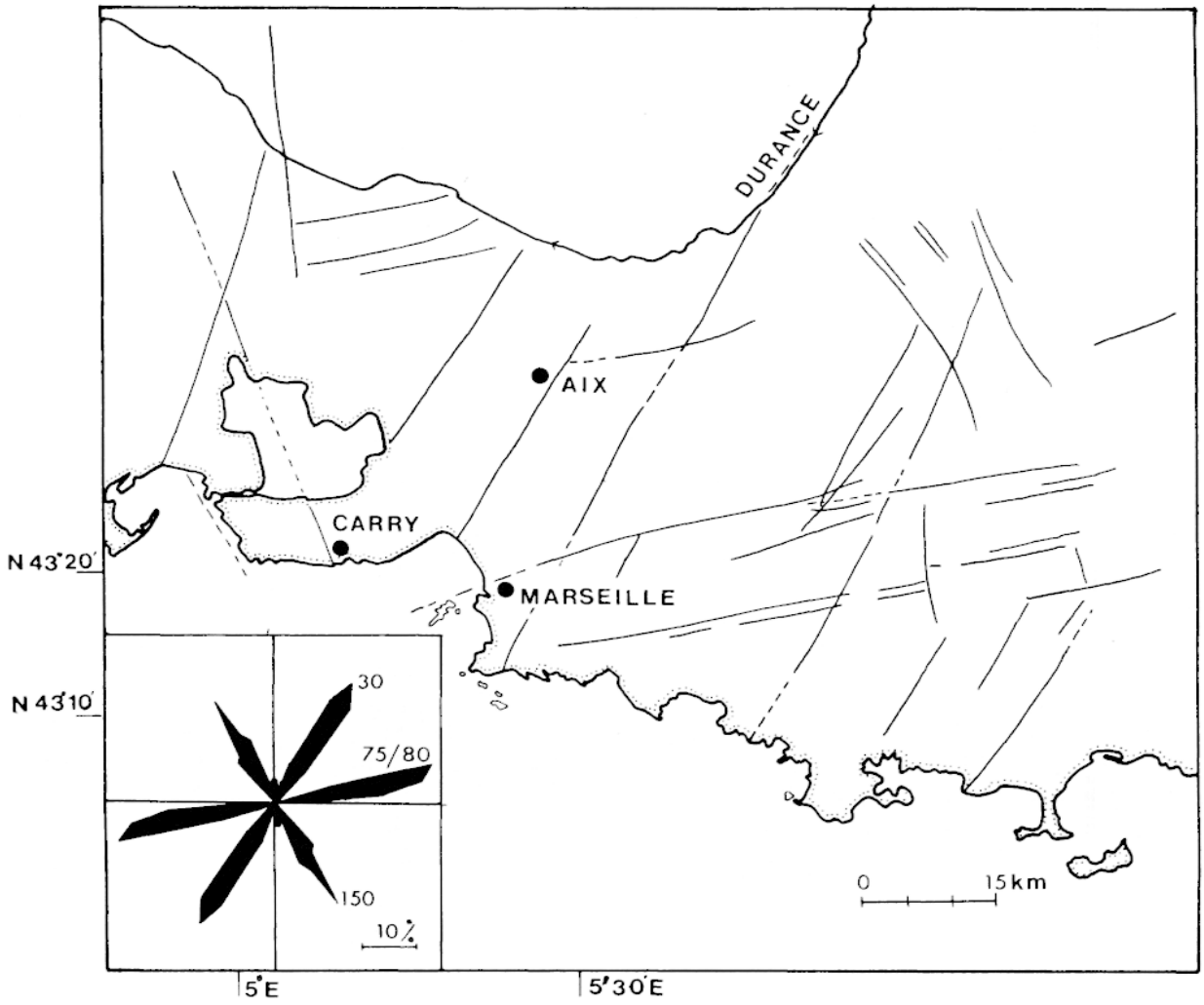


Fig. 12 - **Provence** : Alignements observés sur document satellite ERTS 1 (d'après Chorowicz et Paul, 1974) et rosace des directions.

*Fig. 12 - **Provence** : Alignments observed on ERTS 1 satellite image (after Chorowicz and Paul, 1974) and rose diagram of directions.*

Les données avancées ici sont certainement insuffisantes pour étayer une interprétation structurale générale. On peut toutefois noter que les directions observées semblent avoir une répartition géographique étendue puisqu'on les retrouve au nord, en moyenne Durance (Terrier, 1991), et qu'elles orientent le réseau de thalwegs sur le plateau de Valensole (Collina-Girard et Gribouard, 1993). Une étude structurale poussée permettrait d'interpréter l'extension de ce maillage structural. Personnellement, nous pensons qu'il s'agit, en partie au moins, de la conséquence de grands cisaillements conjugués, eux

même résultats de probables mouvements profonds du socle (cisaillements orientés N55°/60° senestres et N150° dextres avec leurs fractures associées dans un système de Riedel), l'exemple type étant le cisaillement senestre de la vallée de la Durance. Ces accidents pourraient être rapprochés de ceux que l'on connaît en mer, en liaison avec les mouvements de compression NS de la Méditerranée.

La grotte Cosquer condense, dans sa disposition (fig. 3E) et par son insertion dans la fracturation (fig. 3F) une bonne part de l'histoire géologique de la Provence.

Morgiou(T)	N15°	-	-	N65°	N100°	N135°	N165°
Ph.1/3500	N5°	-	N45°	N75°	N110°	N135°	-
Entailles(O)	N5°	-	N45°	-	-	N130°	N160°
Entailles(A)	-	N30°	N50°	N70°	N115°	N135°	N155°
Ent. S/M	-	-	N45°	-	-	N135°	-
Frioul (T)	N5°	-	N45°	-	N105°	N135°	N160°
Modes	NS	NNE/SSW	NE/SW	ENE/WSW	WE	NW/SE	NNW/SSE

TABLEAU 1 - **Comparaison des diverses données locales.** Terrain (T) pour Morgiou et Frioul ; photographies aériennes au 1/3500 ; orientation (O) des entailles ; alignement (A) des entailles ; alignement des entailles sous-marines (S/M). Position estimée des directions modales communes.

*TABLE 1 - **Local data comparisons.** Field data (T) ; 1/3500 air photographs ; thalweg orientations (O) ; thalweg alignments (A) ; submarine thalweg alignments (S/M). Estimated location of the modal orientations.*

Dupire		N25°	N55°	-	N145°
Chorowicz/Paul		N35°	-	N80°	N150°
Landsat	NO°	N25°	N60°	N110°	N140°
Modes	NS	NNE/SSW	NE/SW	WE	NW/SE

TABLEAU 2 - **Données régionales en Provence.** Analyses d'images selon Dupire (1985) ; Images ERTS 1 selon Chorowicz et Paul (1974) et interprétation personnelle image Landsat au 1/100 000. Position estimées des directions modales communes.

*TABLE 2 - **Regional datas (Provence).** Photo-analysis by Dupire (1985), ERTS 1 data by Chorowicz and Paul (1974) and personal interpretation Landsat image. Estimated location of the modal orientations.*

Références

A.E.R.I.A.L.(société A.E.R.I.A.L. Aix-en-Provence) — Photographies aériennes des Calanques au 1/3500 (passe 66-07, 66-08, 66-09, 66-10, 04-87) prises le 11 juin 1987.

Blanc J., Froget C., Guieu G. (1967) — Géologie littorale et sous-marine dans la région de Marseille. Relations avec les structures de la Basse Provence. *Bulletin de la Société Géologique de France*, (7), IX, 561-571.

Blanc J.J. et Monteau C. (1988) — Le karst du Massif des calanques (Marseille-Cassis), *Karstologia*, n° 11-12.

Chorowicz J. et Paul S. (1974) — Mise en évidence de linéaments, en Provence occcidentale, sur des images obtenues par le satellite ERTS-1 ; leur signification structurale. *Bulletin de la Société Géologique de France*, (7), XVI, 5, 492-497.

Clottes J. et Courtin J. (1994) — *La grotte Cosquer, peintures et gravures de la caverne engloutie.* Editions du Seuil. 197 p.

Collina-Girard J. (1992) — Présentation d'une carte bathymétrique au 1/25 000 du précontinent marseillais. *Géologie Méditerranéenne*, XIX, 2, 77-87.

Collina-Girard J. et Griboulard R. (1993) — Le réseau de drainage comme marqueur structural : application au plateau de Valensole (Alpes de Haute Provence). *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 53, 65-76.

Collina-Girard J. (1994) — La grotte Cosquer : cadre géologique d'un sanctuaire préhistorique englouti. *Bulletin de la Société Linnéenne de Provence.*, 45, 13-22.

Dupire S. (1985) — *Etude cartographique au 1/25 000 de la zone sud du bassin de Marseille ; les travertins de Marseille. Aperçu géomorphologique et néotectonique.* Thèse Université de Provence. (Aix-Marseille 1), 104 p.

Griboulard R. (1980) — *Relation entre morphologie, tectonique et lithologie dans le domaine côtier et sous-marin de la Meseta septentrionale marocaine.* Thèse de 3° cycle, Université de Bordeaux 1, 117 p.

Guieu G. (1968) — *Etude tectonique de la région de Marseille.* Doctorat es Sciences Naturelles, Université d'Aix-Marseille, 604 p.

Henri J. (1983) — *Méthodes modernes de géologie de terrain. 2a) Manuel d'analyse structurale, méthodes d'observations, de mesures et de notations.* Editions Technip, Chambre syndicale de la recherche et de la production du pétrole et du gaz naturel, comité des techniciens, commission exploration, sous-commission géologie de terrain, subsurface et synthèse, 183 p.

Horton R.E. (1945) — Erosional development of streams and their drainage basins : hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 65, 275-370.

Prud'homme R. (1972) — *Analyse morphostructurale appliquée à l'Aquitaine Occidentale et au Golfe de Gascogne ; définition d'une Méthodologie cartographique interprétative.* Thèse Sciences Bordeaux 1, (353), 405 p.

Sheidegger, A.E. (1980) — Alpine Joints and Valleys in the Light of the neotectonic Stress Field. *Rock Mechanics*, Supp. 9, 109-124.

Terrier M. (1991) — *Néotectonique de la Provence occidentale (France) : vers une analyse multicritère des déformations récentes. Application à la classification des structures sismogènes.* Documents du B.R.G.M, n°207, 232 p.

manuscrit reçu le 16 janvier 1995,
accepté le 26 juin 1995