



**CARTE  
GÉOLOGIQUE  
DE LA FRANCE  
A 1/50 000**

BUREAU DE  
RECHERCHES  
GÉOLOGIQUES  
ET MINIÈRES

# MARTIGUES- -MARSEILLE

XXXI-44-45

2<sup>e</sup> ÉDITION



## MARTIGUES- -MARSEILLE

La carte géologique à 1/50 000  
MARTIGUES -MARSEILLE est recouverte par les coupures suivantes  
de la carte géologique de la France à 1/80 000 :

- au nord-ouest : ARLES (N° 234)
- au nord-est : AIX (N° 235)
- au sud : MARSEILLE (N° 247)

*La Nerthe*  
1-5095



EYGUIÈRES	SALON- DE-PROVENCE	PERTUIS
ISTRES	MARTIGUES- -MARSEILLE	AIX- -EN-PROVENCE
		AUBAGNE- -MARSEILLE

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DE LA RECHERCHE  
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES  
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL  
Boîte postale 6009 – 45018 Orléans Cédex – France



# NOTICE EXPLICATIVE

## SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	2
<i>APERÇU GÉOGRAPHIQUE</i> .....	2
<i>DONNÉES PALÉOGÉOGRAPHIQUES ET STRUCTURALES</i> .....	2
DESCRIPTION DES TERRAINS .....	12
<i>TRIAS</i> .....	12
<i>JURASSIQUE</i> .....	12
<i>CRÉTACÉ</i> .....	14
<i>PALÉOCÈNE</i> .....	20
<i>ÉOCÈNE</i> .....	21
<i>OLIGOCÈNE</i> .....	21
<i>TERTIAIRE INDÉTERMINÉ</i> .....	24
<i>MIOCÈNE</i> .....	25
<i>QUATERNAIRE</i> .....	26
<i>GÉOLOGIE MARINE</i> .....	29
<b>Littoral</b> .....	29
<b>Étang de Berre</b> .....	31
ÉVOLUTION TECTONIQUE.....	35
GRANDS TRAVAUX.....	38
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS.....	39
<i>HYDROGÉOLOGIE</i> .....	39
<i>RESSOURCES MINÉRALES, MINES ET CARRIÈRES</i> .....	41
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE .....	43
<i>COUPES RÉSUMÉES DES PRINCIPAUX FORAGES</i> .....	43
<i>BIBLIOGRAPHIE</i> .....	45
<i>SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES</i> .....	50
<i>DOCUMENTS CONSULTABLES</i> .....	50
AUTEURS DE LA NOTICE .....	50

## INTRODUCTION

### APERÇU GÉOGRAPHIQUE

Le territoire de la feuille Martigues—Marseille correspond, avec celui de la feuille voisine Istres, à la terminaison sud-occidentale de la Provence calcaire. Plusieurs *ensembles géographiques* s'y individualisent, en partie ou en totalité.

Ce sont :

- au Nord : la terminaison occidentale du chaînon de la Fare—Saint-Chamas, la basse plaine et le delta de l'Arc ;

- au centre : l'étang de Berre ;

- à l'Est : les plateaux d'Arbois et de Roquefavour (s'abaissant à l'Est vers la plaine des Milles) ainsi que les dépressions qui les bordent au Nord et au Sud. Cet ensemble appartient à la partie occidentale du bassin de l'Arc, ouvert à l'Ouest sur l'étang de Berre ;

- au Sud : la chaîne aplanie de la Nerthe (dite aussi, mais improprement, de l'Estaque) qui appartient au domaine du cadre montagneux de Marseille tout en constituant, avec l'Étoile qui la prolonge à l'Est, la bordure méridionale du bassin de l'Arc et de l'étang de Berre ;

- dans l'angle sud-est : une partie de la bordure nord-occidentale du bassin de Marseille.

Les *reliefs* des bordures nord et sud de la feuille sont d'une altitude généralement médiocre. Ils présentent tous une tendance à s'abaisser à l'Ouest, vers la zone d'ennoyage du Bas-Rhône. Cependant, la disposition inverse est réalisée dans les plateaux d'Arbois et de Roquefavour dont les *cuestas* régulières dominent l'étang de Berre.

Le *réseau hydrographique* actif se réduit à un très petit nombre de cours d'eau permanents : la Touloubre et l'Arc se jettent dans l'étang de Berre ; ces cours d'eau se développent en majeure partie sur les feuilles voisines Salon et Aix. Notons encore le ruisseau de la Cadière qui se jette dans l'étang de Bolmon.

La *végétation*, très éprouvée depuis plusieurs décennies par les incendies estivaux, ne cesse d'autre part de régresser devant la croissance des zones à vocation industrielle et l'extension des centres urbains avec leur cortège de dépotoirs. Pourtant, la Nerthe, par exemple, tire son nom du provençal *nertho*, le myrthe : un très lointain souvenir...

### DONNÉES PALÉOGÉOGRAPHIQUES ET STRUCTURALES

Plusieurs ensembles structuraux apparaissent sur la feuille :

• **Le synclinal de l'Arc et de l'étang de Berre** s'étend dans la partie centrale où affleurent d'Ouest en Est les formations continentales du Crétacé terminal, de l'Éocène et de l'Oligocène. Des témoins de la transgression miocène existent à l'Ouest près de Martigues.

Ce synclinal, qui s'allonge sur 65 km d'Ouest en Est si l'on considère les feuilles voisines Istres et Aix, n'est homogène ni dans sa constitution stratigraphique ni dans sa structure. C'est ainsi que sur un profil parallèle à l'axe du bassin le remplissage est, d'Est en Ouest, d'abord d'âge crétacé supérieur et éocène (feuille Aix), puis oligocène, éocène et crétacé supérieur (feuille Martigues—Marseille), enfin miocène (Martigues-Marseille et Istres). Toutes ces séries sont continentales, à l'exception du Miocène. C'est dans la partie est du territoire de la feuille que l'éventail stratigraphique apparaît le plus complet aux affleurements.

Il semble que dans ce synclinal la subsidence ait pu se manifester avec une intensité variable selon les zones et selon les époques, en relation avec une mobilité du fond qui s'est traduite par un déplacement de la zone subsidente du Sud vers le Nord entre le Campanien et l'Oligocène.

La géométrie des planchers sédimentaires successifs qui a évolué sous l'influence des déformations tectoniques synchrones est encore très mal connue. Mais de meilleures interprétations des observations de surface ainsi que des renseignements apportés par les forages profonds permettent néanmoins de s'en faire une idée, probablement très perfectible.

Bien qu'aucun forage profond n'ait été pratiqué sur le territoire de la feuille au moment où paraît la deuxième édition, les forages exécutés sur les feuilles voisines (notamment Istres 101) permettent quelques interpolations :

- dans la partie est du bassin, le forage Gardanne-Nord (1965) (feuille Aix) a révélé à 535 m de profondeur une lacune de l'Hauterivien au Santonien soulignée par de la bauxite ;

- de part et d'autre de la limite Martigues—Marseille et Aix se produit un épaissement du Crétacé supérieur continental par rapport à la partie est du bassin (forages Houillères de Provence, 1976-1977) ;

- dans la partie occidentale du bassin, le forage Istres 101 (1967) a montré, sous les recouvrements miocènes, une diminution de la puissance du Crétacé (280 m seulement), due en particulier à une lacune du Barrémien au Santonien. L'ouvrage, conduit jusqu'à 5 616 m de profondeur dans le Lias moyen, a par contre révélé une augmentation considérable de la puissance de tous les terrains subordonnés au Barrémien. Le Crétacé inférieur et le Jurassique supérieur présentent des faciès de transition entre les faciès néritiques et les faciès pélagiques. Le Portlandien est à faciès tithonique ; le Kimméridgien est entièrement calcaire. Le Dogger et le Lias, très épais et complètement azoïques, sont beaucoup plus pélagiques que dans tout le reste de la Provence.

L'ensemble des séries traversées est faiblement incliné au Sud et aucune trace d'accident majeur ni de redoublement de série n'a été relevée. Par rapport à la série stratigraphique du cadre montagneux de Marseille, la puissance des terrains est presque multipliée par 4. D'autre part, des faciès tels que ceux révélés par le forage ne sont jamais impliqués dans les structures de la région marseillaise, comme si leur puissance trop importante les avait empêchés de participer aux mouvements épiglyptiques. Se trouve ainsi posé le problème de la continuité stratigraphique et structurale entre les séries affleurant des deux côtés du synclinal et la série profonde recouverte par le forage.

Mais l'apparition d'une gouttière synclinale orientée est—ouest ne correspond sans doute qu'à une disposition paléogéographique réalisée vers la fin du Crétacé supérieur. Une telle structuration relativement récente explique bien le déplacement de la subsidence vers le Nord à partir de l'Éocène, mais elle est incapable de rendre compte de l'évolution latérale des faciès d'Est en Ouest pendant les périodes antérieures. Ainsi, le raccord entre les zones de faciès pélagique traversées par Istres 101 et les zones de faciès néritique connues aux affleurements dans la reste de la Provence n'est pas à rechercher sur des profils nord—sud mais sur des profils est—ouest.

Dans le synclinal de l'Arc et de l'étang de Berre, le bassin éocène, qui s'efface à l'Est et à l'Ouest, apparaît discordant sur le bassin crétacé. Ce dernier, très puissant dans la partie médiane du synclinal, présente des lacunes à ses extrémités. Ce dispositif est—ouest masque en fait la zone de transition qui devait nécessairement se situer au niveau d'un talus grossièrement méridien ou NE—SW de part et d'autre duquel existait un domaine présentant une tendance à l'exhaussement à l'Est, un domaine subsident à l'Ouest. Pendant que d'un côté s'étaient les dépôts de la plate-forme provençale, s'accumulait de l'autre une très puissante série pélagique au rythme d'une distension qui s'est effectuée dans le sens est—ouest jusqu'à la fin du Dogger au moins.

Le synclinal de l'Arc et de l'étang de Berre s'étend ainsi sur une zone charnière dont les mouvements ont peut-être conditionné toute l'histoire de la Provence en superposant à une distension est—ouest qui a joué jusqu'au Kimméridgien une compression sud—nord par la suite.

• *Le chaînon de la Fare-Saint-Chamas* dans sa terminaison occidentale apparaît en bordure nord de la feuille : il s'agit seulement ici du flanc sud monoclinale de cette structure qui amorce vers l'Ouest un mouvement d'envoyage. Deux singularités sont à signaler : l'une consiste en une lacune de l'Aptien au Turonien pouvant s'étendre à l'Est jusqu'au Coniacien ; l'autre concerne l'existence d'un champ de fractures méridiennes qui, au Sud-Est de Saint-Chamas, précipite l'envoyage des terrains crétacés vers l'Ouest.

• *La partie centro-occidentale et le versant nord de la chaîne de la Nerthe*, en bordure sud du synclinal de l'Arc et de l'étang de Berre, et entre le bord ouest de la feuille et le méridien des Pennes-Mirabeau (fig. 1).

Bien qu'ayant participé à l'édification des structures de basse Provence occidentale, les bordures crétacées du synclinal de l'Arc et de l'étang de Berre ne présentent pas en surface de complications majeures dans le cadre de la feuille Martigues—Marseille, sauf au Sud et à l'Est du Plan-des-Pennes. Malgré son apparente tranquillité, le flanc nord de la Nerthe a subi d'importantes poussées :

- des indices de déplacements tangentiels existent dans l'Urgonien au Sud de Martigues (interruption du Néocomien de Valtrède par une faille au tracé courbe pinçant du Cénomien—Turonien). La coupe particulièrement complexe de la gare de Lavéra (1 km à l'Ouest de la limite de la feuille) montre un serrage de l'Aptien, du Cénomien et du Turonien ;

- des replis sont visibles le long des failles de bordure nord du bassin oligocène de Saint-Pierre (Beaumanière) ;

- des plis plurimétriques avec renversements de couches, zones de brèches et cisaillements obliques affectant l'Urgonien et le Néocomien au Sud de la Mède, ont été révévés par une galerie de 1 360 m de long sous la plaine de Boutier ;

- enfin, les tranchées de l'autoroute A 55 et de son raccordement à l'autoroute du littoral à l'Est de Châteauneuf-les-Martigues montrent dans les bancs bédouliens des ruptures obliques nettement matérialisées par le cisaillement des gros silex qu'ils contiennent.

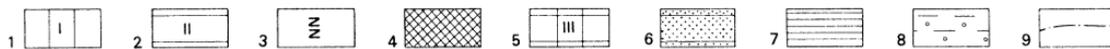
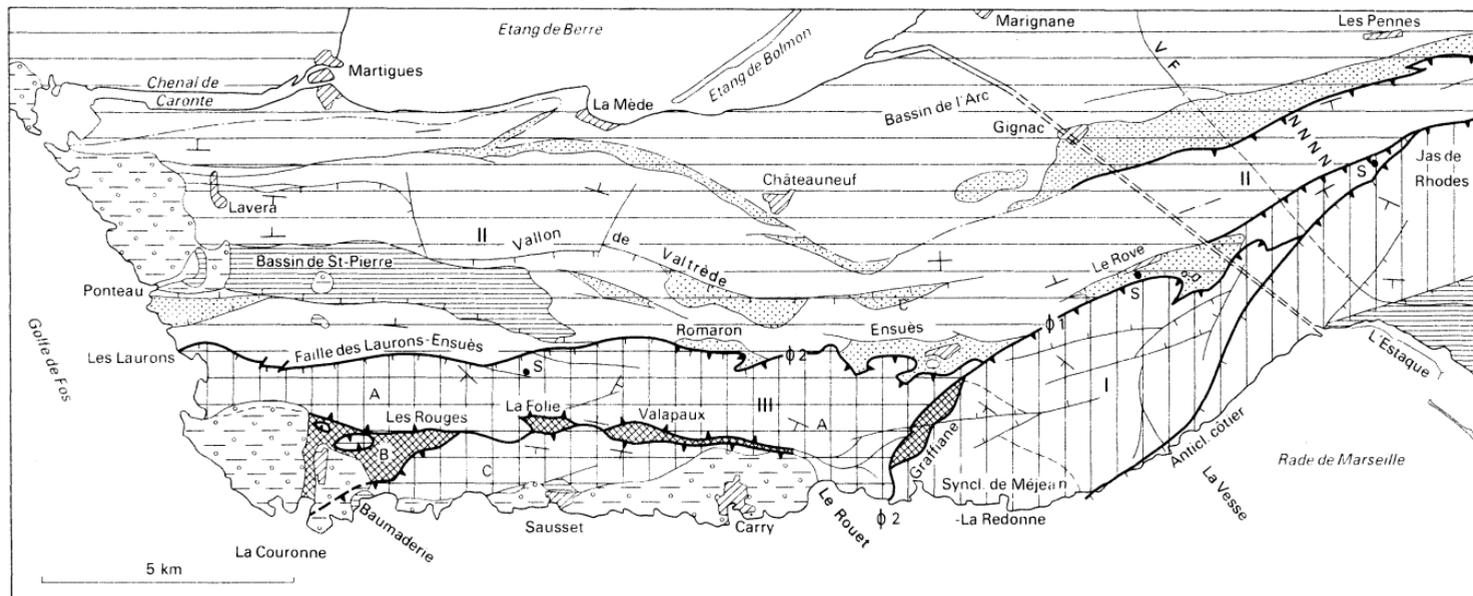
Au Sud et à l'Est du Plan-des-Pennes se produisent le redressement, puis le renversement progressifs du Crétacé et du Jurassique supérieur de la bordure sud du synclinal. Ce mouvement se répercute dans le Crétacé supérieur continental par des écaillages et des replis (fig. 2, a). Au Tord (Sud-Est des Pennes-Mirabeau) on observe par exemple un synclinal pincé de Campanien et de conglomérats bégudiens couchés vers le Nord sous l'Hauterivien. La déformation des assises ayant en de nombreux points exhumé la paléotopographie supportant les conglomérats, il apparaît nettement que ces derniers se sont accumulés sur un ensemble déjà structuré. Le contact de ravinement est particulièrement évident sur l'Aptien marnéux.

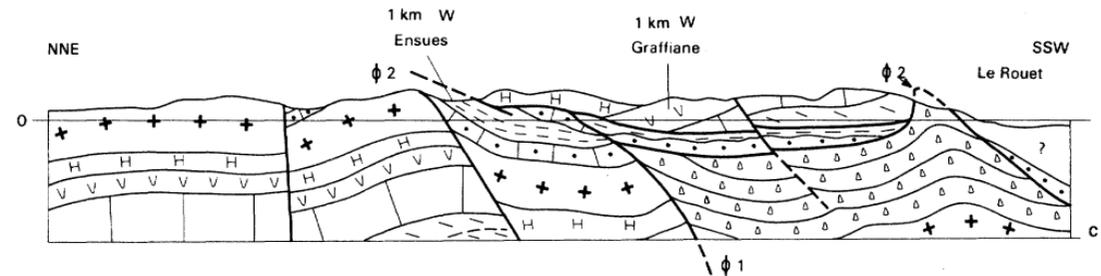
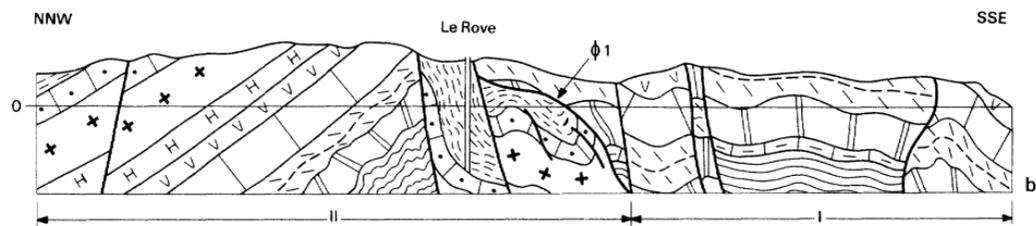
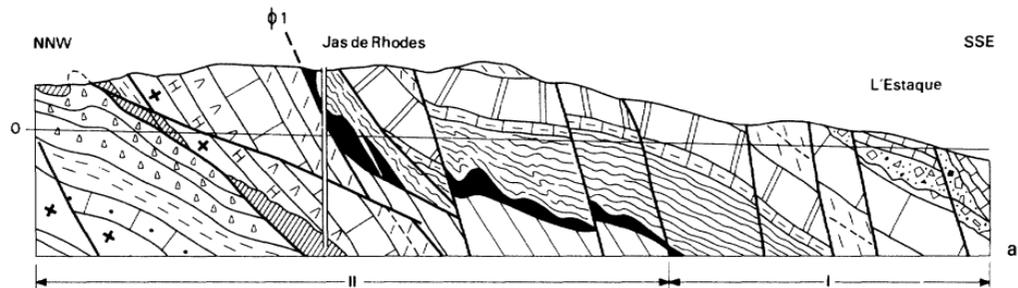
Un forage implanté en 1968 au Jas-de-Rhodes (1020-7-48) (1,5 km en arrière du front de la série renversée) a d'abord traversé sur 300 m une série très étirée allant du Bathonien au Trias ; puis il a recoupé entre 300 et 990 m de profondeur la série renversée du flanc nord de la Nerthe pour atteindre enfin la brèche des Cadeneaux (fig. 2, a).

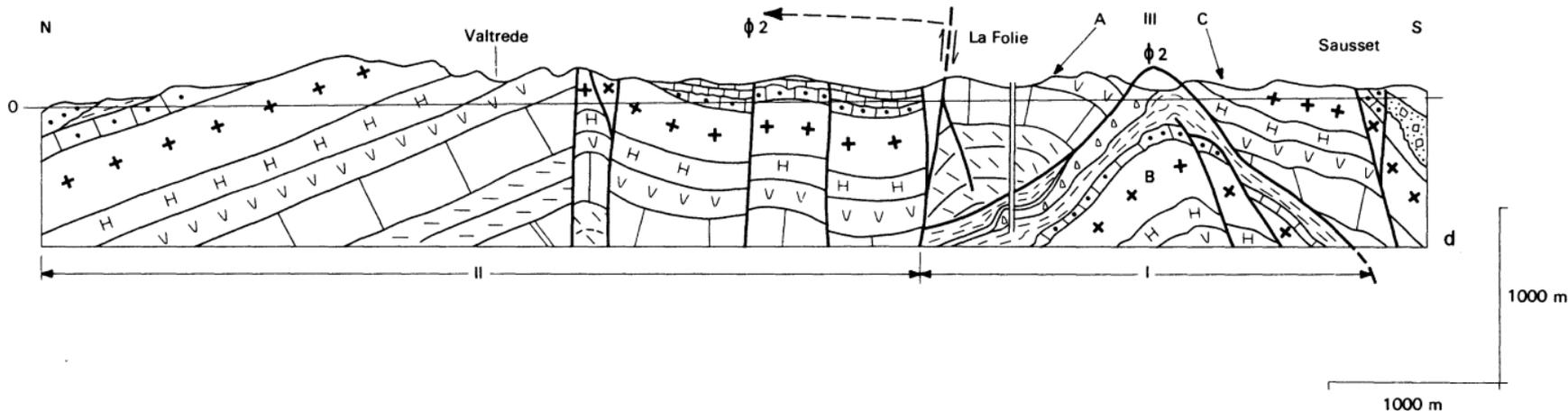
La série renversée de la Nerthe orientale chevauche donc le bassin de l'Arc et de l'étang de Berre. Mais elle est elle-même chevauchée par une unité plus méridionale à base triasique appartenant au chevauchement de l'Étoile (fig. 2, a) (dont la majeure partie figure sur les feuilles Aix et Aubagne—Marseille). Les couches renversées disparaissent en effet sous ce chevauchement au Sud-Est des Pennes-Mirabeau. Elles ne réapparaîtront que momentanément pour constituer l'écaille frontale de Sousquières (feuille Aix). La naissance de cette écaille est visible sur la feuille à l'Est du Plan-de-Campagne.

**Fig. 1 — Schéma structural de la Nerthe.** — 1. Chevauchement de l'Étoile ;  $\varphi$  1 : son contact de base — 2. Région centro-occidentale et versant nord de la Nerthe, liés au synclinal de l'Arc et de l'étang de Berre. — 3. Série renversée de la Nerthe orientale. — 4. Écailles parautochtones (matériel Étoile). — 5. Chevauchement de la Nerthe méridionale ;  $\varphi$  2 : son contact de base, repris à l'Ouest par faille verticale ; compartiments : A/ des Chapats ; B/ de la Couronne ; C/ de Sausset. — 6. Aptien. — 7. Oligocène. — 8. Miocène. — 9. Limite nord du relief de la Nerthe. — \*S. Emplacement des forages.

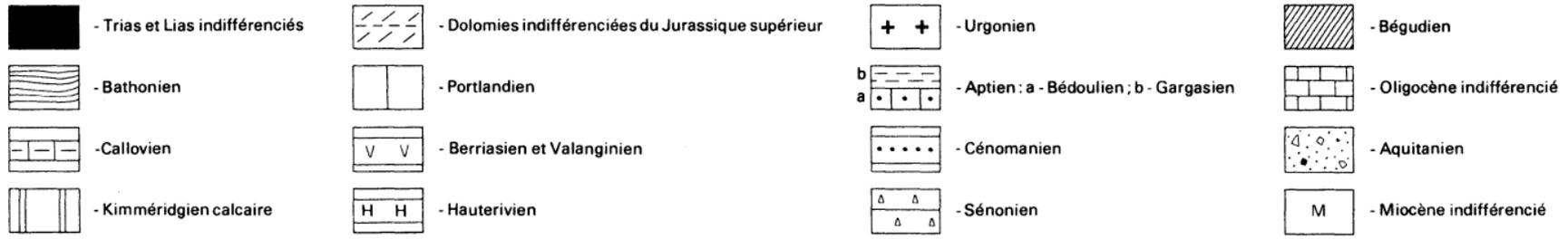
Fig. 1 - Schéma structural de la Nerthe







**Fig. 2 - Coupes dans la chaîne de la Nerthe**



Barré oblique (coupe a seulement) : matériel Nerthe septentrionale indifférencié

Doubles traits verticaux : forages

I, II, III ; A, B, C ; φ 1, φ 2 : voir fig. 1

L'augmentation rapide vers l'Est de la flèche du chevauchement de l'Étoile s'accompagne d'un redressement progressif du Crétacé supérieur (mouvement très net au niveau de la barre de Rognac entre le Pas-des-Lanciers et les Pennes-Mirabeau) et de l'Éocène (mouvement sensible à l'Est de cette localité).

• **La Nerthe méridionale**, entre la limite ouest de la feuille et le vallon de Graffiane, représente une unité allochtone poussée vers le Nord, que l'on peut subdiviser en trois compartiments : compartiment des Chapats, au Nord, compartiment de Sausset, au Sud, compartiment de la Couronne, au centre (fig. 2 et 3).

En l'état actuel des structures, la limite nord de la Nerthe méridionale correspond au tracé d'un accident (faille des Laurons—Ensuès) que l'on peut suivre d'Ouest en Est sur plus de 15 km depuis l'anse des Laurons (feuille Istres) par le vallon de Cavallas, les Roussignas, plan Capellan, le Romaron, val de Ricard, Ensuès, jusqu'au vallon de Graffiane et à la calanque des Sources-Salées. Vertical au Sud du bassin de Saint-Pierre et de Saint-Julien, le contact se couche au Nord à partir du Romaron pour devenir plat au val de Ricard et en bordure sud de la dépression d'Ensuès (chevauchement de l'Hauterivien localement renversé et du Valanginien sur l'Aptien).

La limite orientale de l'unité allochtone apparaît en bordure ouest du vallon de Graffiane. A l'Ouest (feuille Istres) et au Sud, cette unité disparaît en mer.

Deux ondulations transversales communiquent à l'ensemble une allure grossièrement synclinale à l'Est (bois de Carry), anticlinale à l'Ouest (vallon des Chapats et Nord de la Folie).

A ces ondulations se superpose une ride anticlinale d'axe est—ouest le long de laquelle s'ouvrent des dépressions (la Couronne, les Rouges, la Folie, Valapaux) faisant apparaître le troisième compartiment dit de la Couronne. Il s'agit d'une série plus récente aux replis complexes allant du Bédoulien (ou de l'Urgonien à Valapaux) au Sénonien. On retrouve ces mêmes terrains dans le vallon de Graffiane où ils se présentent sous la forme d'une écaille comprenant essentiellement du Gargasien et du Cénomaniens reposant indifféremment sur les couches du synclinal crétacé de Méjean—la Redonne, selon une direction perpendiculaire à son axe. Le caractère allochtone, ou nettement parautochtone de l'écaille de Graffiane, apparaît en regard du territoire situé immédiatement à l'Est et caractérisé par une lacune du Bédoulien au Turonien.

L'allochtonie de la Nerthe méridionale, suggérée par les contours cartographiques et par la juxtaposition ou la superposition de faciès appartenant à des zones hétérotopiques, a été prouvée par un forage de 975 m de profondeur implanté par la C.F.P. au Nord de la Folie, dans le compartiment des Chapats. Après avoir traversé le Portlandien—Kimméridgien jusqu'à 630 m de profondeur, l'ouvrage a recoupé des écaillles d'Albo-Aptien et Turonien jusqu'à 975 m de profondeur et a été arrêté dans l'Aptien (fig. 2,c).

• **La chaîne de l'Étoile**, dans la partie sud-est du territoire de la feuille. Bien qu'elle soit géographiquement limitée par le seuil oligocène de Saint-Antoine, ses limites structurales correspondent au Nord à une ligne de déformations et d'accidents que l'on peut suivre depuis Graffiane, par Ensuès, le Rove, Jas-de-Rhodes, les Cadenaux, jusqu'au bord oriental de la feuille (fig. 1). Au Sud-Est s'effectue le contact avec les dépôts oligocènes du bassin de Marseille dans une zone de dislocations très accusées où une partie de la structure disparaît soit sous le Tertiaire, soit sous la mer. Un forage implanté en 1959 au Moulin-du-Diable (Nord-Est de l'Estaque) a recoupé jusqu'à 245 m de profondeur un ensemble dolomitique où la proportion des vides, des zones broyées et des remplissages argileux et calcitiques est exceptionnellement élevée : aucune succession stratigraphique cohérente dans cet ensemble littéralement concassé dont la très haute perméabilité peut, par exemple, expliquer certaines caractéristiques hydrologiques du tunnel du Rove (voir § sur les grands travaux).

La partie de la chaîne de l'Étoile représentée sur la feuille montre un relèvement d'axe à l'Est. Le découpage des terrains par des failles senestres suppressives vers le Nord-Est est une autre caractéristique de cette zone qui se signale en outre par deux singularités :

- la dépression et le couloir aptien du Rove, dans le prolongement occidental immédiat d'une zone où affleurent pourtant la base de la série jurassique et le Trias (Jas-de-Rhodes),

- l'enveloppe périclinale du Rove recoupée par ce même couloir aptien.

Bien que l'allure cartographique de cette enveloppe soit nettement périclinale, le raccordement se fait de façon fortuite sur deux structures différentes, à la fois sur le plan stratigraphique et sur le plan tectonique : le flanc nord subautochtone de la Nerthe orientale avec Aptien complet, la région occidentale de chevauchement de l'Étoile avec lacune d'Aptien (cf. synclinal de Méjean-la Redonne). L'Aptien du Rove peut dès lors correspondre à une partie de l'ancienne couverture de l'Urgonien du flanc nord de la Nerthe préservée par suite d'un affaissement (fig. 2, b). Il a même position par rapport au flanc nord que celui d'Ensuès et du Romaron, encore en continuité avec l'Urgonien.

Mais au Rove, une complication supplémentaire apparaît. L'interruption des affleurements aptiens vers l'Est coïncide avec un développement de plus en plus important dans cette direction du chevauchement de l'Étoile : la base jurassique et la semelle triasique de ce dernier viennent ainsi recouvrir et oblitérer l'Aptien à l'Est du Rove (fig. 2, a). Des accidents verticaux ayant recoupé les contacts tangentiels, des structures indépendantes semblent ainsi présenter une continuité latérale. On ne peut donc voir dans l'Aptien la « clé de voûte effondrée » d'un anticlinal dont le Jurassique moyen et inférieur et le Trias, dès lors « extrusif », représenteraient le noyau (cf. 1ère édition). L'affaissement relatif serait alors nécessairement de l'ordre de 2 500 m en moins de 2 km !

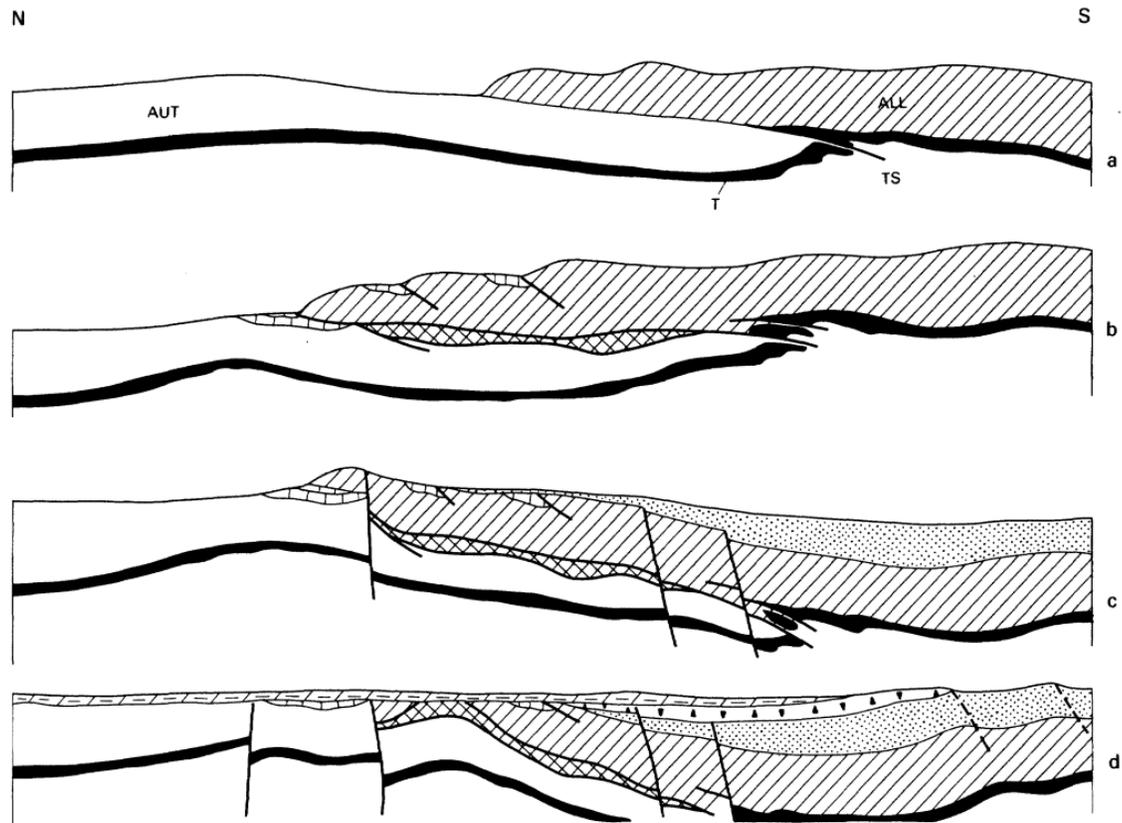
Un forage implanté dans le Gargasien au Sud du Rove a été en effet arrêté dans ce même terrain après avoir traversé sur 600 m des couches subverticales ou à très fort plongement (sud ?) (fig. 2, d). L'Aptien du Rove est donc affaissé contre le Crétacé et le Jurassique supérieur du flanc nord de la Nerthe. Mais du côté sud, il est chevauché, avec phénomènes de serrage et dysharmonies, par le Jurassique de l'Étoile, disposition visible à l'Héritage, au Sud-Est du Rove, là où des failles verticales n'ont pas repris des contacts tangentiels. Le tunnel maritime du Rove a montré qu'au droit du Logis-Neuf l'Urgonien et le Bédoulien sont déversés en éventail vers le Nord sur le Gargasien, subhorizontal près du contact.

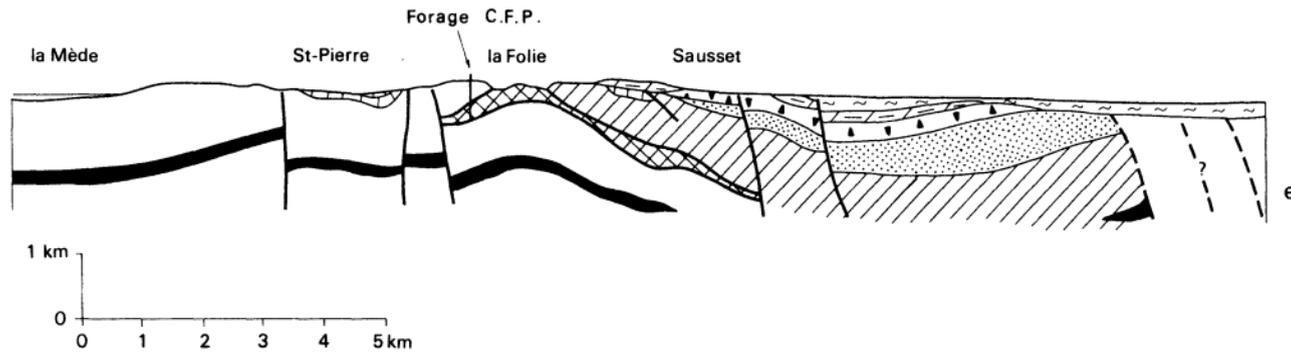
Il faut enfin noter que, sur les cinq souterrains qui traversent la Nerthe et l'Étoile à des cotes comprises entre 0 et + 150 m, quatre n'ont pas recoupé le Trias, aucun renseignement n'ayant été fourni par le cinquième à ce sujet (canal de Marseille).

- **Le bassin de Marseille.** Seule apparaît une partie de la bordure nord occidentale de ce bassin dans l'angle sud-est de la feuille. La structure de ce secteur est commandée par l'existence de failles N 45° à N 70°E, mettant en relief, dans les panneaux qu'elles découpent, les contrastes lithologiques liés à la juxtaposition des calcaires et des dolomies jurassiques. Certaines failles, non apparentes dans les dépôts oligocènes, traversent probablement le seuil oligocène de Saint-Antoine. Le contact cartographique majeur avec l'Oligocène s'effectue le long de la faille de l'Estaque se prolongeant dans l'Étoile par la faille du Pilon du Roi (feuille Aix).

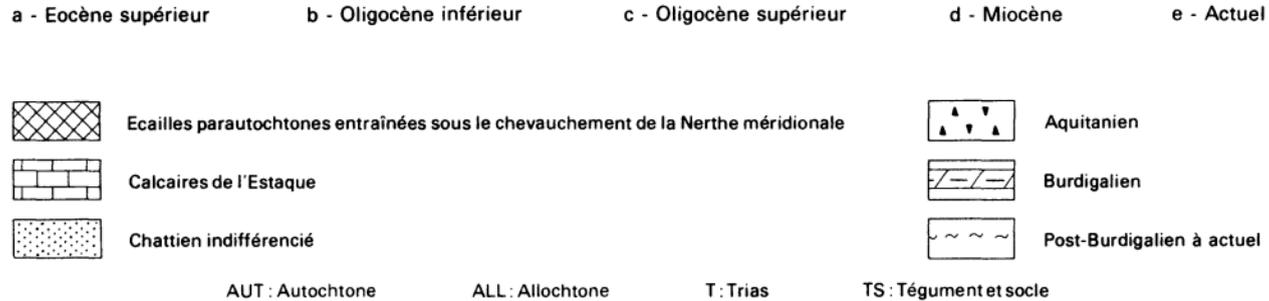
Dans ce secteur, l'Oligocène se présente sous un faciès lacustre (calcaire de l'Estaque) impliqué dans les déformations, et sous des faciès de brèches à éléments locaux provenant de la dislocation syn- et post-tectonique des arrières du chevauchement de l'Étoile ; aériennes ou sous-aquatiques, ces formations, localement infiltrées par des dépôts lacustres, peuvent emballer des olistolithes hectométriques.

Le bassin de Marseille se prolongeait loin à l'Ouest, ainsi qu'en atteste la présence de divers témoins oligocènes en bordure du littoral jusqu'à la limite ouest du territoire de la feuille. Les dépôts oligocènes ont vraisemblablement recouvert une partie de la Nerthe (problème de la liaison bassin de Marseille-bassin de Saint-Pierre et Saint-Julien) et de l'Étoile, et leur limite actuelle n'est qu'une limite d'érosion due en particulier à un intense décapage anté-miocène.





**Fig. 3 - Evolution tectonique de la chaîne de la Nerthe**



Signalons encore que dans le prolongement occidental de la faille de l'Estaque existe en bordure du littoral un « anticlinal côtier » très resserré, orienté N 45° E s'allongeant parallèlement à la côte entre le cap Ragnon et la pointe de la Corbière (fig. 2, b). Cet anticlinal est localement déversé au Sud et l'Oligocène est impliqué dans la déformation (pointe de la Corbière).

## DESCRIPTION DES TERRAINS

### TRIAS

13-6. **Muschelkalk.** Ensemble calcaire et dolomitique disloqué, parfois broyé, affleurant uniquement dans la partie sud-est de la feuille : calcaire vermiculé gris sombre, intercalé de cargneules et lits dolomitiques gris ou bruns. Aucun gisement fossilifère n'est à signaler ; seules des similitudes de faciès avec les régions voisines permettent de rapporter ces assises au Trias moyen.

17-9. **Keuper.** Niveaux argileux rouges avec veines verdâtres entremêlés d'eff ilochures de gypse et emballant des blocs épars de cargneules, dolomie, voire calcaire du Trias moyen. Il s'agit en fait d'un mélange tectonique que l'on a pu, assez conventionnellement, rapporter au Keuper. Puissance indéterminable. Aucun des affleurements cités dans la première édition de la feuille, au Rove et au moulin de la Cride n'a pu être retrouvé.

**Rhétien.** Les conditions d'affleurement d'une part, les difficultés de dessin d'autre part, ont conduit à grouper sur la carte le *Rhétien*, soit avec le Keuper, soit avec l'Hettangien (affleurements triasiques et liasiques très écrasés au Nord et à l'Ouest de Septèmes). Calcaires en petits bancs à patine rousse et cassure gris sombre, miroitante, avec lits de lumachelle à *Avicula conforta* et traces de terriers. Font ici souvent défaut, par suite d'étiements, les lits d'argile verte et les intercalations noduleuses jaunes ailleurs classiques.

Puissance : 25 à 30 mètres.

### JURASSIQUE

11-2. **Hettangien.** Dolomies blanchâtres ou gris cendré rendues souvent pulvérulentes par écrasement tectonique. La conjugaison de deux directions de diaclases subperpendiculaires donne à la partie de cette formation comportant de petits bancs un débit parallélépipédique. Des argiles vertes sont visibles à la base dans les zones où les étiements tectoniques n'ont pas été trop importants.

Puissance : 30 à 40 mètres.

15-8. **Lias moyen et supérieur indifférenciés.** On n'a pu, dans la Nerthe, différencier les étages du Lias calcaire affleurant sous la forme d'une lanière étroite et discontinue entre l'Est du Rove et le Nord de Septèmes. Le faciès le plus répandu est un calcaire bicolore (patine rousse, cassure gris-bleu) à chailles, avec Brachiopodes assez abondants (*Terebratula punctata*, *Spiriferma tumida*) et débris de Gryphées (*G. cymbium*) pouvant représenter le Carixien supérieur et le Domérien. Puissance: 15 à 25 mètres.

11-2. **Bajocien et Bathonien non différenciés.** Au sommet de la formation (alternance de calcaire argileux gris-bleu en bancs métriques, parfois en miches, et de lits marneux), des représentants de la zone à *Retrocostatum* : *Procerites* sp., *Gracilisphinctes* sp., *Homeoplanulites* (*Homeoplanulites*) *bugesiacus*, *H. (Homeoplanulites) mangoldi* (Dorninjoin), et plusieurs formes de la sous-zone à *Histicroides* (nombreux *nuclei* de Périssphinctidés) permettent de situer le Bathonien supérieur.

Le Bathonien inférieur (mêmes faciès) est caractérisé par *Nannolytoceras tripartitum* de la zone à Zigzag. Puissance totale du Bathonien : 300 m environ.

A la base de la série calcaire marneuse du Dogger, le Bajocien n'a pas encore été nettement caractérisé.

Tous les étages subordonnés sont toujours très endommagés par la tectonique ; le sens des séries, fréquemment écaillées, n'y est pas déterminé avec certitude.

**j3-6. Callovien et Oxfordien non différenciés.** Seul, vers le haut, a pu être caractérisé le Callovien moyen avec deux formes de la zone à Coronatum : *Reineckites douvillei*, *R. waageni*.

A la base, calcaires gris-beige moins argileux que le Bathonien, qui ont livré plusieurs formes de la zone à Patina : *Grossouvria* sp., *Indosphinctes (Elatmites)* cf. *revilli*, *Reineckites paronai* et quelques débris de *Macrocephalites* sp.

Puissance : 10 mètres.

**j7. Kimméridgien inférieur.** Au sommet, calcaire finement détritique à cassure claire comportant souvent, cas général dans la région de Marseille, de grosses chailles et de minces intercalations à radiales d'Oursins et valves de petits Brachiopodes. La partie moyenne, plus sensible à l'érosion (calcaire en petits bancs, à pâte fine et cassure argileuse) peut former une vire ébouleuse.

A la base, calcaire régulièrement lité en bancs pluridécimétriques à patine très blanche et cassure beige foncé. Par augmentation de la fraction argileuse vers le bas, on passe insensiblement au niveau subordonné.

La formation calcaire notée J7, puissante de 150 m environ, dessine dans les paysages une corniche se détachant nettement entre les dolomies supérieures et les calcaires argileux du Callovien. Le Kimméridgien inférieur peut être entièrement dolomitisé (j7D).

Le Séquanien, le Rauracien, l'Argovien et l'Oxfordien cités dans la précédente édition n'ont pu être différenciés soit parce qu'ils s'intègrent, au sommet, dans le puissant complexe calcaréo-dolomitique sans Ammonites du Malm, soit parce qu'ils s'identifient, à la base, avec le Callovien.

**j8D. Kimméridgien supérieur dolomitique.** Dolomies gris sale, à modelé ruiniforme surtout vers le sommet. Une altération liée à un écrasement d'origine tectonique donne une éluvion sableuse et leur communie un aspect pulvérulent. A la base, niveaux sombres à cassure fétide. Des brèches intraformationnelles, moins nettes que dans l'Étoile (cf. feuille Aubagne—Marseille), leur sont parfois associées. Puissance difficilement appréciable : 50 m environ.

**j9aD. Portlandien inférieur dolomitique.** Dolomies massives grises à amas calcitiques bruns et cassure miroitante (ancienne calcarenite ou calcirudite), à stratification peu visible. Dans une carrière en tête sud du tunnel ferroviaire de la Nerthe, gros amas singuliers de la taille d'une tête, hérissés de rhomboèdres centimétriques, et pouvant représenter, sous toutes réserves, des Madrépores dolomitisés.

**j9b. Portlandien supérieur calcaire.** Les faciès diffèrent selon les secteurs :

— *flanc nord de la Nerthe* (vallon de la Cloche, par exemple) : calcaire blanc zoogène à *Heterodicerias luci*, débris de *Cidaris* sp., *Terebratula* sp., Polypiers, et abondante microfaune et microflore du milieu subcréal. Puissance : 125 m au moins ;

— *terminaison occidentale de l'Étoile* : calcaires contaminés par une dolomitisation souvent liée aux failles. On observe une alternance peu nette de bancs à pâte fine et de calcarénites à Foraminifères. La patine est blanche ou grisâtre, la cassure beige clair. Puissance reconnue : 70 à 90 mètres.

**j7-9. Kimméridgien et Portlandien calcaires non différenciés.** Dans la Nerthe méridionale (compartiment des Chapats), des niveaux datés du Valanginien sur la première édition, entre le Nord de la Couronne et le Nord de la Folie, ont été attribués en 1966 au Portlandien (attribution confirmée en 1968 à l'occasion du forage de la C.F.P.) : gros bancs de calcaire blanc-beige, légèrement dolomitique, parfois graveleux et intercalés vers le sommet de petits niveaux noduleux jaune clair (N) à texture très fine. Puissance : 300 m environ.

Les niveaux notés J7-9, reconnus dans la Nerthe méridionale, ne semblent pas présenter d'équivalent lithologique dans la région marseillaise, sauf, peut-être, dans la série du mont Roze (feuille Aubagne—Marseille, extrémité sud-ouest).

Les différences de lithologie et de puissance du Portlandien sont liées à une paléogéographie beaucoup plus nuancée que dans les périodes antérieures. Les faciès de l'Étoile appartiennent à une zone isopique intermédiaire entre celle qui englobe le flanc nord de la Nerthe, d'une part, et celle qui englobe la Nerthe méridionale, d'autre part.

J9D. **Portlandien.** Cet étage peut être entièrement dolomitisé. Il se présente alors sous des faciès massifs, quoique localement ruiniformes au sommet, et sous des faciès pulvérulents à la base. Le passage du Kimméridgien dolomitique au Portlandien n'est pas net.

## CRÉTACÉ

### Valanginien et Berriasien

Cet ensemble comprend deux divisions principales :

n1 -2a. **Valanginien inférieur et Berriasien non différenciés. Calcaires.** Unité inférieure des « calcaires argileux et marnes verdâtres » d'âge essentiellement berriasien supérieur et valanginien basal. Il s'agit surtout de biomicrites à Dasycladacées (*Macropore/la embergeri*, *M. praturloni*, *Salpingoporella johnsoni* et *Kopetdagaria iailensis*), Foraminifères (*Trocholina elongata*, *T. alpina*), qui ont livré localement *Leviathania leviathan* (vallon des Chapats, au Nord-Est de la Couronne).

n2b. **Valanginien. Calcaires.** Unité supérieure du « calcaire blanc supérieur » qui, par comparaison avec les séries datées de la feuille Aubagne—Marseille, peut être attribuée au Valanginien inférieur *p.p.* Cette unité est constituée par des biosparites à Foraminifères (*Pseudocyclammia lituus*, *Valdanchella miliani*, *Pfenderina neocomiensis*, *Trocholina alpina*, *T. elongata*), des biomicrites à pellesitoïdes comportant localement des petits bancs ou de petits massifs à Rudistes (*Requienidae* et *Monopieuridae*). Le sommet de la formation est marqué par un *hard ground* ferrugineux, perforé.

Dans les secteurs fortement tectonisés, les deux unités ci-dessus n'ont pas été séparées et sont désignées sous la notation n1-2.

### Hauterivien

Dans le chaînon de la Fare—Lançon l'étage est surtout représenté par ses termes les plus élevés. L'ensemble montre des caractères identiques à ceux observés sur le territoire de la feuille Salon, où ont été effectuées la plupart des datations.

On peut distinguer :

- une unité inférieure calcaréo-argileuse (150 m) à Echinides, Bivalves et Brachiopodes, d'âge valanginien supérieur *p.p.* et Hauterivien basal,

- une unité moyenne calcaire (150 m) souvent à *Ulex*, dont la base a livré une forme d'Ammonites de l'Hauterivien basal (*Neolissoceras grasianum* et *Olcostephanus cf. sayni*),

- une unité supérieure calcaréo-argileuse (50 à 60 m) riche en *Toxaster amplus* et représentant l'Hauterivien supérieur.

Dans la chaîne de la Nerthe la série hauterivienne se décompose ainsi :

n3M1. **Marnes inférieures** (40 à 50 m) à *Toxaster retusus*, *T. granosus*, *Exogyra couloni*, *Lamellaerynchia rostriformis*, *Selliithyris* sp. et Bryozoaires. Par comparaison avec les séries à Ammonites du mont Puget et du massif d'Allauch (feuille Aubagne—Marseille), cette formation peut être datée du Valanginien inférieur *p.p.* et de l'Hauterivien basal.

n3U1. **Calcaires bioclastiques** variés et calcaires fins à silex comportant quelques intercalations de calcaires argileux (90 à 100 m). Cette unité livre une microfaune assez riche (*Trocholina* sp., *Nautilocolina* sp., *Cuneolina camposaurii*, etc.) et une

microflore caractéristique : *Dissocladella hauteriviana*, *Cylindroporella* aff. *arabica* et *Montenegralla* gr. *verae-fustiformis*.

On y a recueilli un représentant d'*Olcostephanus* gr. *sayni* qui date l'Hauterivien inférieur. Les couches de transition avec l'unité superposée contiennent une riche macrofaune d'Hydrozoaires (*Actinostromaria orthoanalalis*, *Milleporidium cylindricum*), de Madrépores (*Microsolenidae*) et de *Chaetetidae* (*Varioparietes*).

n3U2. **Calcaires à Rudistes (à faciès urgonien)** (30 à 40 m). Cette formation est caractérisée par la présence de *Pachytraga* cf. *tubiconcha* qui est associé à divers *Requienidae*, des Nerinées et une microfaune variée (*Orbitolinopsis* gr. *flandrini*, *Praereticulinella cuvillieri*, *Trocholina* gr. *aptiensis*, etc.).

n3M2. **Marno-calcaires supérieurs à *Toxaster amplus*** (20 m).

Les unités n3U2 et n3M2 représentent l'Hauterivien supérieur.

## Barrémien

Dans le chaînon de la Fare—Lançon, l'étage peut être divisé en trois parties :

n4U1 a. **Calcaires fins** à minces passées bioclastiques et comprenant localement des silix (10 à 15 m).

n4U1b. **Calcaires bioclastiques** dans la masse ou au sommet desquels peuvent s'intercaler des constructions à Madrépores (épaisseur de l'ensemble environ 250 m). Cette unité contient de nombreux Foraminifères et Algues calcaires : « *Paracoskinolina* » *pertenuis*, *Palaeodictyoconus barremianus*, des formes du groupe *Valserina* — *Alpillina* — *Eygalierina*, *Urgonina protuberans*, *Salpingoporella genevensis* et *Heteroporella* (?) *paucicalcareae*, dans la partie inférieure ; la partie supérieure livre *Palaeodictyoconus actinostoma*, « *Paracoskinolina* » *alpillensis*, *Dictyoconus sunnilandensis*, *Palaeodictyoconus cuvillieri*, *Salpingoporella muehlbergii* associés à un cortège de formes à répartition stratigraphique plus large.

Les calcaires à Madrépores peuvent constituer des biostromes continus au sommet de la formation (secteur situé à l'Ouest de Calissane) ou des « récifs » isolés, lenticulaires (Est de Château-Virant). Ils contiennent une riche faune de coraux (*Microsolenidae*, *Calamophyllidae*, *Stylinidae*) accompagnés par divers Hydrozoaires, *Chaetetidae* et Spongiaires.

Les unités n4U1 a et n4U1 b sont essentiellement d'âge Barrémien inférieur.

n4U2. **Calcaires à Rudistes (faciès urgonien s.s.)** (20 à 30m). Cette formation crayeuse contient : *Requienia ammonia*, *Toucasia* sp., *Agriopleura* gr. *blumenbachi* — *marticensis* associés à une microfaune appauvrie (*Dictyoconus sunnilandensis*, *Palaeodictyoconus* gr. *cuvillieri* — *actinostoma*, *Dictyoconus maynci* et *D. reicheli*) qui date le Barrémien inférieur. Le terme n4U2 se termine par des biocalcarénites que couronne un *hard ground*.

Dans la chaîne de la Nerthe, la séquence générale du Barrémien est assez voisine de celle du chaînon de la Fare—Lançon et montre une formation inférieure bioclastique (peu épaisse), une formation moyenne à Madrépores et une formation supérieure à Rudistes qui prend ici un développement considérable (160 m). Les unités inférieure et moyenne peuvent être datées de la base du Barrémien inférieur ; l'unité supérieure à Rudistes appartient au Barrémien inférieur p.p. et au Barrémien supérieur.

La partie supérieure de la formation à Rudistes, d'aspect parfois crayeux (secteur de Martigues), livre : *Requienia ammonia*, *Toucasia carinata*, *T. transversa*, *Agriopleura blumenbachi*, *A. marticensis*, *Monopleura varians*, *M. affinis*, *M. depressa*, *M. gracilis*, *Matheronia munieri* et de rares *Retha dubiosa*.

Cette unité se termine par des calcaires à coprolites (*Favreina*), oncolites et structures de type stromatolitique.

## Bédoulien

Dans le chaînon de la Fare—Lançon, ce sous-étage comprend de bas en haut :

n5M. **Calcaires argileux** et calcaires à silex contenant : *Deshayesites* sp., *Exogyra aquila* associés à de nombreux Echinides : *Nucleopygus roberti*, *Toxaster collegnoi* et *Pygorhynchus cylindricus* (10 à 15m).

n5U. **Calcaires à Rudistes (calcaires urgoniens s.s.)** (50 à 60 m). On y récolte outre un certain nombre de *Requienidae* et *Monopleuridae* déjà présents dans le Barrémien, des espèces typiquement aptiennes telles que *Offneria interrupta*, *Præcaprina varians*, *P. gaudryi* et *Pachytraga* gr. *lapparenti-paradoxa*. La microfaune comprend des formes à large répartition stratigraphique associées à des espèces bédouliennes : *Orbitolinopsis buccifer* et *Dictyoconus* aff. *giganteus*.

Dans le chaînon de la Nerthe, l'étage présente une lithologie moins différenciée ; il est constitué presque exclusivement de calcaires argileux contenant (flanc nord surtout) d'abondants silex (40 à 50 m). Localement (Châteauneuf-les-Martigues) peuvent apparaître de fines passées bioclastiques à *Palorbitolina lenticularis* et *Heteraster oblongua*. Au Sud-Ouest de Martigues (feuille Istres), on a trouvé à la base un représentant de *Prodeshayesites* gr. *bodei* (forme boréale, index de la zone la plus inférieure du Bédoulien dont c'est la seule mention en France). En dehors de cette espèce rarissime, on trouve assez fréquemment, comme à la Couronne, par exemple, des *Deshayesites*, des *Chelonicerases* et des *Ancyloceras* associés à *Exogyra aquila*.

n6a. **Aptien supérieur Gargasien. Marnes grises.** Le sous-étage présente ici le faciès classique des marnes grises à Céphalopodes. Affleurant mal, ou impliqué dans des déformations tectoniques, son épaisseur est difficile à évaluer et pourrait se situer entre 80 et 100 mètres. On y a reconnu un certain nombre de biozones à Foraminifères pélagiques du Gargasien vocontien (notamment les zones 11 à *Globigerinelloides ferreolensis* et IV à *Hedbergella trochoidea*). Les Ammonites sont assez communes : *Aconoceras nissus*, *Dufrenoya dufrenoyi*, etc. Au sommet, peuvent apparaître des calcaires argileux glauconieux (la Mède—Gueule d'Enfer) qui livrent des Céphalopodes de la zone à *Subnodosocostatum* (Gargasien terminal), en particulier *Zurcherella zurcheri*, et dont une partie est peut-être à ranger dans le Clansayésien.

Dans le vallon de Graffiane, alternance de bancs grés-glauconieux, à spicules de Spongiaires, et de lits marno-gréseux. La microfaune est représentée par : *Hedbergella infracretacea*, *Globigerinelloides ferreolensis*, *Biglobigerinella sigali*, *Globorotalites aptiensis*.

n6b. **Clansayésien. Calcaire gréseux ou à spicules.** Ce sont les calcaires gréseux, glauconieux, désignés classiquement sous l'appellation de Faciès de Fontdoulle auxquels on peut adjoindre les marno-calcaires glauconieux situés au-dessus (épaisseur totale : 15 à 20 m). Ces formations ont livré une riche faune d'Ammonites caractéristiques, en particulier : *Nolaniceras nolani*, *Acanthohoplites* gr. *bigoureti* (Gignac) ainsi que *Hypacanthoplites jacobi* (déblais du tunnel de la Nerthe).

## Albien

n7. **Albien. Marnes noires.** La faune d'Ammonites montre que la division inférieure est constituée soit de calcaires grés-glauconieux ou siliceux (à spicules de Spongiaires) soit de marnes sableuses, qui ont livré : *Douvilleiceras mammilatum* (sondage de Gignac, Rebuty), *Phylloceras velleidae*, *Desmoceras latidorsatum* (Rebuty) et *Hypacanthoplites* cf. *trivialis* (la Mède—Gueule d'Enfer). L'Albien moyen est connu à l'Est de la Couronne (faciès glauconieux à *Hoplites dentatus*) et dans le secteur de Rebuty (marnes noires à *Oxytropidoceras roissyanum*, *Anisoceras armatum*, *Beutandiceras beutandi*). A la Folie, bien que non représentable sur la carte, l'Albien a pu être caractérisé par une Floridée calcaire, *Agardhielopsis cretacea*. La puissance, très variable, atteint 50 m au maximum.

n7-C2. **Albien et cénonanien non différenciés.** Sur la bordure orientale du vallon de Graffiane affleurent, d'Est en Ouest, dans une écaille renversée, des calcaires blancs disloqués et recristallisés à *Orbitolina conica* et fragments de *Caprinidae*, et des grès à Orbitolines, à *Hedbergella* cf. *planispira* et *Rotalipora* cf. *ticinensis*.

Puissance totale : 100 à 120 mètres.

## Crétacé supérieur

C1-2. **Cénomarien. Sables, grès et calcaires à Rudistes.** Dans la région de Martigues, seul le Cénomarien supérieur est représenté avec, de bas en haut, des sables et grès à *Praealveolina cretacea* et des calcaires à Capri idés (*Caprina adversa*, *Caprinula doublieri*), Radiolitidés (*Sauvagesia sharpei*, *S. nicaisei*) et Chondrodontes. L'ensemble atteint une vingtaine de mètres. Entre la Mède et Martigues, on observe une discordance de 7° environ entre le Cénomarien et l'Urgonien. Au lieu-dit le Pati, un sondage a recoupé le Cénomarien entre 210 et 242 m (1020-5-6).

C3. **Turonien.** Dans la région de Martigues, le Turonien présente à la base une vingtaine de mètres de grès et de sables jaunes (C3b), dans lesquels s'intercalent des horizons ligniteux (Bel-Air). Les sables riches en quartz contiennent les minéraux lourds suivants : disthène, tourmaline, staurotide, sillimanite et andalousite. Au sommet s'individualise parfois (Bel-Air) une barre à Rudistes (C3c) d'une dizaine de mètres ayant livré *Durania cornupastoris* et *Vaccinites petrocoriensis*. A la gare de Lavéra (1 km à l'Ouest de la bordure de la feuille), cette barre passe à des calcaires à Madréporaires puis à des marnes à Echinides. L'ensemble peut être rapporté au Turonien supérieur (*Angoumien*) ; l'absence du Turonien inférieur (*Ligérien*) est due à une lacune.

Dans le synclinal de Méjean—la Redonne, le Turonien est complet. Le *Ligérien* (C3a) est représenté à l'Erevine par une dizaine de mètres de marnes sableuses à *Periaster verneulli*. Le Turonien supérieur montre des grès et sables jaunes (C3b) à la partie inférieure, puis des calcaires à Rudistes (C3c) épais d'une centaine de mètres.

A la Folie, le Turonien a été caractérisé par une Mélobésiée, *Archaeolithothamnium gosaviense*.

C3. **Turonien. Sables du Verdon.** Dans le chaînon de la Fare on peut attribuer au Turonien supérieur les sables dits du Verdon, développés à l'Est de Saint-Chamas. Ces sables ont livré, en effet, des restes de Rudistes et des Foraminifères. Ils passent vers l'Ouest à des calcaires *angoumiens*. Leur épaisseur n'excède pas une dizaine de mètres. Ils contiennent la même association minéralogique que sur la bordure sud de l'étang de Berre, l'andalousite exceptée.

C4. **Coniacien. Grès, calcaires à entroques.** Dans le chaînon de la Fare, le Coniacien, très réduit, est représenté à la base par des calcaires à Rudistes (horizon à *Vaccinites giganteus* du vallon du Verdon). Dans la région de Martigues, le Coniacien présente le faciès des calcaires à Rudistes et passe en continuité au Santonien ; près de la Mède (Bel-Air), la partie inférieure de l'étage est constituée de grès et de calcaires à entroques. Dans le synclinal de Méjean—la Redonne, le Coniacien est représenté par des grès coquilliers et des calcaires à entroques connus sous le nom de Grès de Méjean (200 m).

C5. **Santonien. Marnes avec intercalations de calcaire à Rudistes ou Calcaires à Rudistes.** Dans le chaînon de la Fare, le Santonien est représenté par des calcaires à Rudistes (*Vaccinites dentatus*, *V. beaussetensis*, *Radiolites squamosus*, *R. galloprovincialis*) et Lacazines, épais d'une dizaine de mètres dans la région de Saint-Chamas et de quelques mètres à Coudoux. On note au sommet de la série quelques passées gréseuses lenticulaires (Coudoux, vallon du Petit Toni), des marnes sableuses à Ostréidés (Bastide-Neuve) ou des calcaires ferrugineux à entroques (Saint-Chamas).

Dans la région située au Sud de Martigues (ainsi qu'au Sud-Ouest de cette localité, feuille Istres), le Santonien est également représenté par des calcaires à Rudistes et Foraminifères, dont l'épaisseur peut atteindre 100 mètres. Il se termine par les marnes à *Ostrea acutirostra* et *Exogyra matheroni* (70 m). Dans le synclinal de Méjean—la Redonne, le Santonien montre une cinquantaine de mètres de marnes sableuses avec intercalations de bancs à Rudistes et Polypiers (Figuières).

Le Santonien de la Nerthe est riche en Algues Mélobésiées du genre *Archaeolithothamnium* dont plusieurs espèces ont été décrites dans la région de Martigues : *A. turonicum*, *A. provinciale*, *A. dehornae*, *A. anastomosans*, *A. cretaceum* ; cette dernière espèce a été également caractérisée à la Folie.

**C3-5. Turonien-Conlaciien-Santonien non différenciés.** Dans les dépressions du Sud de la Nerthe (la Couronne, les Rouges, la Folie, Valapaux), l'étirement des couches et localement leur écaillage, voire leur renversement, n'ont pas permis de différencier les trois étages.

**C4-5. Coniacien-Santonien non différenciés.** Sur la bordure nord de la Nerthe (Ouest de la Mède), calcaires noduleux et calcaires mameux, localement sableux, blancs à gris clair, à intercalations de filons ligniteux, nombreuses traces de remaniements et *slumps*, assez pauvres en Rudistes, mais à abondante microfaune (*Lacazina* sp. prédominante). A la base, calcaire spathique roux. Ces formations, traversées par forage au Pati sur 75 m de puissance, s'intriquent à l'Ouest dans les niveaux notés C4 et C5.

**C6a. Valdonnien. Argiles, grès calcaires.** Des horizons fluviatiles argilo-gréseux, associés à quelques calcaires argileux, sont visibles sur la bordure nord du bassin de l'Arc, à l'Est de Coudoux vers les Gourgoulons. Le sondage du moulin du Pont a traversé 80 m de calcaires argileux gris et de marnes grises localement ligniteuses.

Aux Martigues sont considérés comme valdonniens des calcaires argileux et des marnes, avec quelques bancs gréseux et une couche principale de lignite de 3,65 m d'ouverture pour 2,05 de charbon. Cet ensemble a été reconnu par sondages vers Caronte, l'un d'eux près du viaduc ferroviaire (1 km à l'Ouest de la limite de la feuille) a recoupé à 100 m de profondeur le contact avec le Santonien (inclinaison des couches de 45° vers le Nord. Vers Port-de-Bouc(feuille Istres), la puissance dépasserait 100 mètres.

La faune du Valdonnien comprend *Unio toulouzani*, *Corbicula concinna*, *C. globosa*, *Pyrgulifera lyra* et surtout *Campylostylus galloprovincialis*.

**C6b. Fuvélien. Calcaires argileux et marnes.** Sur le flanc septentrional du bassin synclinal de l'Arc, l'épaisseur du Fuvélien (équivalent possible du Campanien supérieur) est de l'ordre de 250 mètres. Une intercalation de 40 m d'argiles marmorisées (à smectite) et de grès sableux donne une dépression cultivée, au milieu des affleurements de calcaires et marnes grises, à l'Est de Coudoux. Ce niveau fluviatile argilo-gréseux a été retrouvé par sondages en 1976 à l'Ouest de Ventabren et près du moulin du Pont. La principale des couches de lignite est située dans le Fuvélien inférieur ; épaisse de 2,3 m (dont 1,5 m de lignite et le reste en calcaires argileux et marnes), elle fut exploitée à diverses époques et jusqu'en 1948 à Coudoux, puis à la Fare.

La faune du Fuvélien comprend diverses espèces d'*Unio* (*U. galloprovincialis*, *U. toulouzani*, etc.), de *Corbicula* (*C. concinna*, *C. gardanensis*, etc.) et surtout Gastéropodes : *Viviparus bosqui*, *Melania praelonga*, *Hadrascron acicula*, etc.

Au Sud-Est de Martigues, le calcul des épaisseurs déduites de forages indique une puissance de 150 m pour le Valdo-Fuvélien.

**C6. Valdo-Fuvélien.** Au Sud-Ouest des Pennes-Mirabeau, sur le flanc nord de la Nerthe, ont été notées C6 des assises argileuses et gréseuses à passées ligniteuses, correspondant à un mélange tectonique de Valdonnien et de Fuvélien.

**C7a. Bégudien (partie occidentale de la feuille).** Cet étage, synchrone du Maestrichtien, affleure en rive ouest de l'étang de Berre, à Martigues, ainsi qu'au Nord-Est, entre Berre et les hauteurs du Mauribas. Au Sud-Est, on le rencontre entre le Pas-des-Lanciers et la Malle. Il a été recoupé en sondage aux environs de la cote — 15, dans l'étang de Bolmon.

**C7aCg. Conglomérats et marnes.** — **C7aG. Grès et marnes.** Au Nord de Martigues, les terrains, épais d'au moins 400 m, montrent des marnes et argiles grises, rouges ou bariolées qui alternent avec des barres lenticulaires de poudingues (C7aCg) ou de grès (C7aG). Des microconglomérats à encroûtements pisolithiques forment localement transition. Sur la rive ouest de l'étang de Berre (le Pont, Figuerolles) apparaissent des niveaux à petits concrétionnements algaires.

Dans les conglomérats, les figures de sédimentation, l'orientation des chenaux, la disposition des galets montrent que les apports fluviatiles sont issus du secteur sud à sud-est. L'éventail pétrographique des éléments traduit par sa complexité la diversité

d'origine des apports. Les calcaires jurassiques et crétacés, de faciès connus dans la Nerthe, abondent ; s'y ajoutent des grès-quartzites (Permo-Trias) parfois dominants et des calcaires noirs et gris à faciès urgonien (Barrémien et Aptien inférieur). Ces calcaires seraient comparables à des faciès synchrones nord-pyrénéens (Corbières).

Dans les grès, on note une forte proportion d'altérites et d'opaques. Les espèces très résistantes (zircon, tourmaline, rutile, épidote) dominant, alliés à de faibles proportions de grenats, apatite, disthène, staurotide, chlorite et exemplaires relativement « frais » d'andalousite.

Les dépôts bégudiens de Martigues correspondent à des cônes de déjection et des épandages fluviaux emboîtés édifiant une structure deltaïque en milieu lacustre. Les matériaux déposés sont, en grande partie, issus du massif pyrénéo-provençal aujourd'hui disparu.

#### C7a. **Bégudien (partie orientale de la feuille) :**

C7aBr. *Brèche des Cadeneaux*. Cette brèche polygénique à éléments calcaires triasiques, jurassiques et crétacés, à ciment rouge de calcaire argileux ou de mame, apparaît sous forme de grosses lentilles ou d'écaillés, en particulier sur le front des chevauchements de la Nerthe et de l'Étoile. Elle résulte de la phase tectonique fini-crétacée. Elle contient près des Cadeneaux quelques bancs de calcaires lacustres à Gastéropodes bégudo-rognaciens et à Cyanophycées. L'épaisseur est très variable du fait de l'origine de la formation : compte non tenu des phénomènes d'écaillages, cette brèche peut atteindre 100 m de puissance.

C7aP. *Poudingues et marnes*. Sur la bordure méridionale du synclinal de l'Arc des poudingues à ciment marneux blanchâtre (smectite et localement attapulgit) contiennent des galets d'origine variée : calcarénites et calcaires gréseux, souvent glauconieux, du Crétacé supérieur, calcaires blancs, grès permien, quartz, etc. Ils affleurent vers le Plan de Campagne et se retrouvent, au Sud-Ouest des Pennes-Mirabeau, jusqu'àuprès de l'étang de Berre, accompagnés localement d'argiles calcaires rouges. Au Sud de la Malle, près de la bordure orientale de la feuille, ils apparaissent localement discordants sur la Brèche des Cadeneaux. Dans la tranchée de la voie ferrée entre le Pas des Lanciers et Rebuty, ils contiennent des blocs de cette brèche. D'après Matheron, le tunnel ferroviaire de la Nerthe aurait traversé, au Sud de Rebuty, entre deux masses d'Aptien et sous des formations du Quaternaire, des marnes à lentilles de conglomérats et grès à ossements de Reptiles, d'âge bégudo-rognacien, formant un synclinal de 500 m de largeur. Cette disposition n'a pu être confirmée par les levés de surface.

C7aC. *Calcaires et marnes*. Dans les argiles notées C7aA s'intercale un ensemble de niveaux calcaires à *Chara* et *Septorella*. Le plus épais (15 m) forme la crête recoupée par l'Arc au moulin du Pont. Entre les bancs calcaires, les marnes ou argiles calcaires sont grises, ou rouges avec parfois des cristaux de gypse centimétriques entrecroisés. La faune, à côté d'*Unio cuvieri*, est constituée de nombreux Gastéropodes dont la plupart se retrouvent dans le Rognacien, mais avec, en outre, *Melania koehleri*, *Physa michaudi*, *Lychnus marioni*, etc. Dans le sondage de Rognac (3—40) le Bégudien est presque exclusivement argileux et marneux ; son épaisseur jusqu'aux calcaires bégudiens les plus récents serait d'au moins 500 m, et de plus de 600 m jusqu'au calcaire de la gare de Rognac.

C7aA. *Argiles et grès*. Ces argiles, généralement peu calcaires, rouges ou marmorisées, presque exclusivement à smectite, renferment quelques lentilles de grès et affleurent surtout entre Rognac et Ventabren. Leur partie supérieure, sans fossiles caractéristiques, pourrait aussi être rangée dans la base du Rognacien.

#### **Rognacien :**

C7b1. *Calcaire de la gare de Rognac*. Ce calcaire lacustre, considéré par Denizot comme à la limite du Rognacien et du Bégudien, est épais de quelques mètres, avec intercalations de marnes, à cristaux de gypse centimétriques. Il forme au Nord de

Rognac une *cuesta* se prolongeant en contrebas des villages de Velaux et de Ventabren. La faune de Gastéropodes rappelle celle du calcaire de Rognac. Au même niveau stratigraphique, sur la bordure méridionale du bassin, peuvent sans doute être rattachés les calcaires plissés d'un anticlinal à l'Ouest du Plan de Campagne (la Claudia) ainsi qu'au Sud des Pennes—Mirabeau (Saint-Roch, Richaud), où apparaissent, de plus, des niveaux à pisolithes.

C7b2. *Argiles et grès, dits à Reptiles*. Épaisses d'une centaine de mètres, ces argiles calcaires et ces marnes rouges ou marmorisées, à smectite, avec quelques lentilles gréseuses, renferment des débris d'oeufs de Dinosauriens.

C7b3. *Calcaire de Rognac*. Les bancs de calcaires lacustres, à *Chara*, *Septorella* et Cyanophycées, ont une épaisseur totale d'une trentaine de mètres, avec minces intercalations marneuses ou ligniteuses. Sur la bordure méridionale du bassin de l'Arc, près des Pennes—Mirabeau, la puissance dépasse 50 m au niveau du tunnel autoroutier, avec une grande abondance des Cyanophycées dans certains niveaux. Plus à l'Est, en direction du Plan-de-Campagne l'épaisseur totale se réduit à quelques mètres. Sur le flanc septentrional du bassin, les calcaires s'amincissent à l'Est de Ventabren et passent à des faciès noduleux et marmorisés de bordure de lac.

La faune du Calcaire de Rognac est constituée, à côté d'*Unio cuvieri*, seul Lamellibranche, de Gastéropodes dulçaquicoles ou terrestres, parmi lesquels *Bauxia disjuncta*, *Pyrgulifera armata*, *Viviparus beaumonti*, *Cyclophorus heliciformis*, *Lychnus matheroni*, *L. bourguignati*, etc.

C7b4. *Argiles, grès et lentilles calcaires*. Épaisses d'une cinquantaine de mètres, des argiles calcaires et marnes rouges ou marmorisées à smectites dominantes renferment quelques lentilles de grès et de poudingues fluviales (le Griffon) et localement en abondance de grosses pisolithes construites par des Cyanophycées. Des bancs calcaires discontinus, à Gastéropodes crétacés, affleurent près de Vitrolles et des Pennes, dans ce Rognacien supérieur.

#### PALÉOCÈNE

e1a. **Montien. Calcaire de Vitrolles**. Il est noduleux à la base et généralement marmorisé. Très polychrome (rose, jaune, rouge, gris, blanchâtre), il fut utilisé pour la décoration. Dans les environs de Vitrolles il est épais d'une dizaine de mètres et surmonte des calcaires argileux rouge-brique de même puissance, à traces de racines. On y trouve des *Microcodium* ainsi que localement des Characées. *Physa* cf. *montensis* y a été découverte par Vasseur.

e1b. **Montien. Argiles**. La partie supérieure du Montien est constitué par des argiles calcaires, des marnes, des calcaires argileux, rouges et marmorisés, souvent noduleux ou pseudo-bréchiques, à illite et smectite, très riches en *Microcodium*, épais de plus de 50 m au Sud-Est de Vitrolles. Le Montien et le Thanétien présentent des faciès convergents et leur limite est imprécise du fait de la rareté des faunes de Gastéropodes dans la partie inférieure de cet ensemble. Seul Vasseur y a signalé aux Pinchinades, à quelques mètres seulement au-dessus du Calcaire de Vitrolles, *Physa montensis*. Dans cette hypothèse le Montien supérieur serait très réduit.

e2M. **Thanétien. Calcaire de Meyreuil**. Sur la bordure orientale du territoire de la feuille, comme sur celui de la feuille Aix-en-Provence, le Calcaire de Meyreuil à *Physa prisca*, Characées et *Microcodium*, localement silicifié, est épais de quelques mètres ; il surmonte des marnes à smectite et attapulgite avec lentilles de poudingue fluviale. Du côté de l'étang de Berre, on peut attribuer au même niveau stratigraphique des calcaires lacustres lenticulaires ; à Sainte-Propice, au Sud-Ouest de Ventabren, ils sont silicifiés et associés comme à Meyreuil à des marnes à smectite et attapulgite.

e2a. **Thanétien argileux.** Des calcaires argileux, des marnes, des argiles calcaires, rouges ou bariolées, marmorisées, alternent, sur une cinquantaine de mètres, souvent en séquences négatives, au-dessus des Calcaires de Meyreuil. On y trouve *Physa prisca*, des Characées, des *Microcodium*, des traces de racines. La smectite y est en général dominante, l'illite plus rarement. A l'E.SE de Ventabren, vers la bordure septentrionale du bassin de l'Arc, apparaissent, dans des marnes rouges, quelques minces lentilles de brèches.

e2b. **Thanétien calcaire du Réaltor.** La partie supérieure de l'étage comprend les calcaires et les marnes du Réaltor et du Grand Arbois, à *Physa prisca*, à Characées et *Microcodium*. L'épaisseur des calcaires est inférieure à dix mètres sur le bord du plateau qui domine l'étang de Berre, mais elle est beaucoup plus forte dans les gorges de l'Arc à Roquefavour. De même la puissance des autres calcaires, rognaciens et éocènes, croît sans doute nettement vers le centre du bassin, alors qu'au contraire, vers la périphérie, l'érosion de calcaires effilés en biseau au sein de formations marnées a conduit à la formation des falaises visibles, par exemple, au-dessus de l'étang de Berre.

#### EOCENE

e3. **Sparnacien. Calcaires et marnes.** Ce sont des calcaires et des marnes qui forment le plateau du Petit Arbois, à l'Est du bassin de décantation de Réaltor, et les collines au Sud de Calas. Épais de plus de 50 m, ils renferment *Physa columnaris*, *Physa draparnaudi*, *Planorbis sparnacensis*, *Limnaea longissima*, etc. Vers l'Est les calcaires lacustres peuvent se raccorder à ceux de Saint-Marc et du Cengle, qui paraissent sur la feuille Aix-en-Provence et contiennent *Physa columnaris* (sauf leur base où existe encore *Physa prisca* du Thanétien).

e5. **Lutéien. Calcaires du Montaiguët.** Les calcaires lacustres du Montaiguët, blancs ou gris, contiennent des Characées, *Bulimus hopei*, *Planorbis pseudo-ammonius* ; épais d'une cinquantaine de mètres, ils affleurent au Sud-Ouest des Milles vers la bordure orientale de la feuille.

#### OLIGOCÈNE

g1Br. **Brèches de l'Oligocène inférieur.** En bordure nord-ouest du bassin de Marseille, formations calcaires et dolomitiques d'épaisseur très variable (0 à 100 m ?), intensément disloquées, passant graduellement au Jurassique supérieur ou au Crétacé inférieur du flanc méridional de l'Étoile, et en contact vers le bassin de Marseille, soit avec les calcaires de l'Estaque g1, soit avec les conglomérats, grès et argiles g3M.

Cet ensemble d'aspect chaotique montre les traces d'une karstification ancienne ayant entraîné une infiltration en profondeur de dépôts oligocènes postérieurs qui tiennent ainsi lieu d'un ciment.

La genèse des brèches a pu se faire en plusieurs stades :

- . dislocation par décompression des arrières fragilisés du chevauchement de l'Étoile, mis en place à partir du Bartonien,
- . écroulements aériens et formations de chaos,
- . glissements synsédimentaires et évolution de certains panneaux en olistolithes (ce dernier stade ayant pu en fait se prolonger à l'Oligocène moyen et supérieur).

Ces brèches semblent s'être essentiellement constituées pendant une période où la future dépression oligocène marseillaise a connu une période de relative vacuité.

g1. **Calcaires de Saint-Pons, de l'Estaque, de Saint-Pierre. Le Calcaire de Saint-Pons** (10 m) repose en discordance à l'Ouest sur les calcaires éocènes du plateau d'Arbois. C'est un calcaire blanc, d'aspect crayeux, qui a livré une riche faune de Gastéropodes continentaux avec notamment *Galba longiscata*, *Radix fabula*, *R. subovata*, *Planorbis cornu*, *P. crassus*, *Giraulus spretus*, *Tarachlorea cadurcensis*, *Pseudolepraxis*

*corduensis*. Cette association et l'absence d'individus caractéristiques de l'horizon à Striatelles suggère un âge un peu plus récent que celui des calcaires de l'Estaque et de Saint-Pierre.

**Calcaire de l'Estaque.** Affleurant dans des zones intensément déformées (bordure méridionale de l'Étoile) ou gisant à trop grande profondeur, ce niveau n'a pas pour l'instant fourni de coupe complète. Le faciès classique (petits bancs de quelques centimètres d'épaisseur, parfois très compact, à cassure lithographique, ou se débitant en minces feuillets, à fréquentes intercalations d'argile verte et de grès) est bien représenté dans la tranchée de l'autoroute A 7 au Nord de la Gavotte. A l'Estaque même, bancs pluridécimétriques de calcaire d'aspect crayeux, à intercalations de poudingues à éléments locaux enrobés d'une peau calcaireuse blanchâtre.

Le calcaire de l'Estaque contient, mais de façon non systématique, la faune de l'horizon à Striatelles : *Nystia chasteli*, *Melania luynesi*, *Bithynia epiedsensis*, *Tympanotonos labyrinthum*, *Potamides lauræ*.

Les marnes et calcaires de Saint-Pierre (100 m) affleurent le long de la bordure sud et dans l'extrémité ouest du bassin de Saint-Pierre, dans la Nerthe. Ce sont des calcaires clairs, très purs, en bancs épais (20 cm), des calcaires en plaquettes plus ou moins feuilletés, des calcaires marneux, des marnes roses et vertes. Ces calcaires ont livré une riche faune de Gastéropodes typiques de l'horizon à Striatelles avec principalement *Melanoides luynesi*, *Pseudamnicola angulifera*, *Nystia chasteli*. Des dents de Rongeurs, des Ostracodes et des Charophytes ont confirmé cet âge. A Saint-Pierre, une mine exploite le gypse contenu dans la partie supérieure de la série (pendage général vers l'Ouest). Ce gypse saccharoïde très fin, brun, gît en bancs épais (1 m et plus) intercalés de marnes calcaires roses ou vertes feuilletées, dont la faune témoigne d'influences marines (Hydrobies et Ostracodes).

L'abondance de rognons de silex et amas siliceux parfois énormes (1 m) est remarquable (les Audiberts).

Les lambeaux de calcaires en plaquettes pincés dans certains accidents, à l'Est du bassin de Saint-Pierre, sont à rapporter à ce niveau (même faune de Gastéropodes).

**g1C. Conglomérats de la Bardeline** (5 à 10 m). Localisée dans la colline de la Bardeline au Nord-Ouest des Milles et dans les buttes voisines, cette formation est constituée de galets roulés peu émoussés, de taille variable (jusqu'à 1 m), issus des niveaux calcaires crétacés, éocènes et oligocènes limitrophes situés à l'Ouest. Elle ne contient aucun galet permo-triasique. L'ensemble, de teinte très claire, contraste avec la formation rutilante des Milles (g2a) qui le recouvre en discordance.

**g2a. Formation des Milles : alternance de conglomérats et d'argiles** (puissance 100 m). Cet ensemble de couleur jaune et rouge recouvre en discordance les formations oligocènes de base du Bassin d'Aix et les calcaires éocènes (Ouest de la feuille). Il a livré une faune continentale de Gastéropodes (*Ischurostoma filholi*, *Helix corduensis*, Limnées, Planorbes) et de Mammifères (*Coenotherium* et *Acerotherium*) et des Charophytes. Il recèle cinq niveaux d'argiles (g2aA1 à g2aA5) plus ou moins sableuses contenant des passées microconglomératiques alternant avec cinq niveaux de conglomérats à ciment argilo-sableux (g2aC1 à g2aC5).

Le niveau g2aA1 comporte un faciès de base particulier (station de Cabriès), de teinte ocre, contenant des chenaux de conglomérats (divagation torrentielle). Le sommet (les Milles) est exploité comme argile à tuile et à brique.

Plusieurs faits sont à signaler :

- les couches se relèvent vers le Sud et l'Ouest du bassin ;
- les chenaux conglomératiques sont plus abondants vers le Sud et l'Ouest, alors que les nappes d'épandage se développent vers le centre et le Nord du bassin ;
- l'étude statistique des orientations de galets montre que les apports se sont effectués suivant une direction moyenne N 205° E depuis le S.SE ;
- de la base au sommet, la fraction calcaire d'origine régionale locale des conglomérats diminue sensiblement (de 60 % à 36 %) tandis que la fraction cristalline (grès, quartzites permo-triasiques) s'enrichit d'éléments d'origine métamorphique (quartz

filoniens, cipolins blancs, schistes quartzeux, lydiennes noires) ;

- la fraction argileuse montre un enrichissement en illite (traces à 6/10) aux dépens de la montmorillonite de la base au sommet ainsi que l'apparition de la chlorite (1 à 2/10) ;

- le cortège des minéraux lourds, en association résiduelle à la base, s'enrichit vers le sommet d'espèces moins résistantes. La présence d'andalousite permet de rapprocher minéralogiquement cette série de celles du Rouet (g3R2 et g3R1), du Turonien et du Bégudien conglomératique de Martigues.

Les horizons de la formation des Milles proviennent probablement d'une reprise des niveaux attribués au Bégudien qui devaient recouvrir les terres émergées au Sud du littoral actuel, puis du décapage direct des terrains métamorphiques, minéralogiquement semblables aux zones cristallines pyrénéennes et cévenoles.

**g2b. Calcaires et marnes à gypse** (80 m environ). Alternance de calcaires en plaquettes et de marnes grises. Les calcaires constituent soit des petits bancs « 20 cm), soit des niveaux finement lités et souvent même feuilletés. Les marnes montrent des intercalations de gypse saccharoïde. Les formations superficielles ou d'anciens sols cultivés cachent cette formation presque partout. De bonnes coupes sont visibles dans les tranchées des routes d'Aix aux Figons et d'Aix aux Platrières (feuille Aix). Le gypse d'Aix (g2b, g2cF, g2c) est discordant sur la formation des Milles (g2a) avec une inclinaison générale de 4° à 5° Ouest. De part et d'autre de l'assise sableuse azoïque, on trouve la même faune de Gastéropodes (*Hydrobia elongata*, *Potamides lamarcki*, *P. laurae*, *Pirenella plicata*, *Tympanotonos margaritaceus*, *T. labyrinthus*, *Helix raulini*, *H. corduensis*). Le niveau g2b renferme en outre une riche flore, de nombreux Poissons et Insectes, remarquablement conservés.

**g2cF. Sable des Figons** (5 à 10 m). Niveau de sable fin, siliceux, argileux, micacé, brun-jaune ou gris bleuté. On y trouve des lentilles, des boules ou des bancs de grès dont la granulométrie est parfois plus grossière. Des zones à stratification entrecroisée alternent avec des zones finement litées ou massives. L'association des minéraux lourds contenant notamment épidote, glaucophane, hornblende verte, disthène témoigne d'une origine alpine.

**g2c. Calcaire d'Eguilles** (puissance 30 m). Cette série calcaire formant corniche au sommet des reliefs du Nord-Est de la feuille présente des faciès très variés : calcaires crayeux beige clair, calcaires sublithographiques gris, parfois silicifiés, calcaires sublithographiques blancs, calcaires jaune-roux creusés de tubulures (racines ?). Les bancs sont généralement peu épais «50 cm), bien lités, intercalés de marnes ou calcaires marneux blancs, jaunes ou roses.

**g3M. Grès, conglomérats, marnes et argiles du bassin de Marseille.** Dans la partie nord-ouest du bassin de Marseille, et en continuité avec le calcaire de l'Estaque g1, séquence argileuse activement exploitée en carrières.

A Saint-Henri, argiles grises à niveaux ligniteux et paléosols (souches en place, appareils végétatifs de Taxiodacées ou Cupressacées, et végétation associée de Lauracées, Oléacées et *Palmicas*).

A Saint-André, argiles rouges, à passées silteuses et ligniteuses, dans laquelle la répartition des pollens indique une végétation de climat frais et humide (Conifères, Juglandacées et essences tempérées).

La série argileuse a livré un grand nombre de restes de gros Mammifères : *Acrotherium filholi*, *A. albigena*, *Brachiodus borbonicus*, *Anthracotherium hippoideum*, *Hyaenodon gerveusi*, *Pseudocyon gerandianum*. Les Rongeurs sont également représentés avec notamment *Blainvillimys germinatus*. Citons une faune de Gastéropodes avec *Ischurostoma gallicum*, *Radix subovata*, *Caseolus (Helix) ramondi*, *Leptaxis ralbaine*, *Pseudoleptaxis corduensis* et *Pseudamnicola helicella*.

Vers Marseille, ces formations passent latéralement et verticalement à des sables mameux, marnes sableuses, grès à galets épars et conglomérats, faciès qui se généralisent vers le Sud et le Sud-Est. Les très nombreux forages, réalisés dans le sous-sol

marseillais (pour la reconnaissance du trajet des souterrains du métropolitain par exemple), n'ont fourni des renseignements que sur la partie très superficielle du remplissage détritique de puissance totale inconnue, mais très certainement supérieure à mille mètres.

**g3R1. Formation du Rouet : grès, conglomérats et marnes.** Cette formation, dont seule la partie supérieure est visible, montre une alternance de poudingues ravinant des bancs de grès et psammites. Ces niveaux à faible pendage sud-est (5°) présentent une fracturation subverticale qui s'intensifie vers l'Ouest et dont les rejets n'excèdent pas 1 mètre.

La composition pétrographique de ces conglomérats est comparable à celle du niveau g3R2 mais les pourcentages différents (25 % à 60 % pour les galets permotriasiques) tandis que les galets calcaires sont plus émoussés.

Les brèches de Sainte-Croix ayant livré récemment une faune d'Hélicidés comparable à celle du niveau g3R2 sont de même âge.

**g3R2. Formation du Rouet : conglomérats et marnes.** C'est une séquence formée de lentilles conglomératiques (chenaux de divagation torrentiels anastomosés) réparties dans des séries mamo-sableuses rubéfiées. Les éléments des conglomérats sont, d'une part, des galets roses ou verts de grès-quartzites permotriasiques auxquels s'ajoutent quelques éléments de roches siliceuses (radiolarites) et des quartz filoniens (15 à 20%). S'y ajoutent d'autre part des galets peu émoussés de calcaires d'origine régionale locale (80 à 85%).

Cette formation, riche en amas de *Microcodium*, recèle de très nombreux gisements où abondent *Caseolus ramondi* de grande taille, *Canariella lapicidella*, *Parachlorea oxystoma*. Cette série repose en discordance sur g3R1 par l'intermédiaire d'une surface d'érosion à fort plongement sud-ouest.

**g. Oligocène indéterminé. Calcaire lacustre de Sausset (et des Rouges).** Calcaires en plaquettes, de teinte rosée, discordants sur l'Urgonien au Nord de Sausset et n'ayant livré aucune faune ou flore. Ils présentent cependant une nette similitude de faciès avec le calcaire de l'Estaque.

#### TERTIAIRE INDÉTERMINÉ

**m-gJ. Tertiaire indéterminé. Conglomérats de Saint-Julien-les-Martigues.** Cette formation conglomératique se développe largement sur le versant nord du bassin de Saint-Pierre et de Saint-Julien-les-Martigues. Sa puissance, de 80 m environ au Nord de Saint-Julien, diminue rapidement vers l'Ouest par érosion.

On trouve à la base une brèche à ciment beige (les Ventrons, Beaumanière). Puis se développent des niveaux de galets de plus en plus roulés « 20 cm) de calcaires locaux blancs principalement, souvent peu consolidés ; ils sont intercalés d'horizons d'argiles grises et vertes mal visibles. Cinq ruptures de pente apparaissant dans la topographie correspondent vraisemblablement à cinq bancs principaux de conglomérats inclinés au Sud.

Les conglomérats, discordants sur les niveaux oligocènes g1, sont eux-mêmes transgressés par la molasse du Burdigalien supérieur. Les brèches d'écroulement qui se développent au Nord de Camp-Fleuri (extrémité est du bassin) sont vraisemblablement du même âge. Leur position stratigraphique et leur localisation au Sud d'une faille bordant un compartiment affaissé incitent à les rapprocher des formations du Rouet et des brèches de Sainte-Croix (g3R2, g3R1). Mais l'absence de fossiles et les différences de faciès empêchent de leur donner un âge précis.

**m-gBr. Tertiaire indéterminé. Brèches du cap de la Vierge.** Cette brèche à ciment argilo-sableux rouge, forme l'entablement du cap de la Vierge. La taille des éléments constitués de dolomie néojurassique ou de calcarénites crétacées peut atteindre plusieurs mètres. Cette brèche ravine profondément la formation g3R1 du Rouet. Cependant elle est bien différente par sa composition pétrographique et sa granulométrie du niveau g3R2. L'épaisseur visible est de 20 mètres.

MIOCÈNE

**Aquitaniens :**

m1a1. **Aquitaniens inférieurs, formation du cap de Nautes. Marnes et calcaires** (22 m). Dépôts récifaux et péricifaux avec variations rapides de faciès entraînant une multiplicité des termes lithologiques.

*A la base* : marnes jaunes et grises et sables à tests fins de Lamellibranches (*Ostrea frinbriata*), et sables argileux, gris-vert à brun noirâtre, recouverts par des marnes grises à débris ligniteux et Lucines, puis par des calcaires gréseux fossilifères (*Amussium subpleuronectes*). A l'Est de l'anse des Sources-Salées, les dépôts aquitaniens, moins variés, appartiennent à cette formation.

*Dans la partie moyenne*, on observe des niveaux lenticulaires à Polypiers intercalés dans des marnes sableuses, localement indurées. Présence à la base de *Teredo*, *Amussium subpleuronectes* et de Lépidocyclines.

*Au sommet* : dépôts d'arrière-récif ou de lagon : calcaires fins à Foraminifères (*Archaias*, Amphistégines, Lépidocyclines, *Sorties*, *Miogypsinoïdes*), Polypiers en place, *Parasalenia*, Mélobésiées. Cet ensemble est raviné par un niveau de conglomérat à éléments calcaires marquant le toit de la formation du cap de Nautes.

m1a2. **Aquitaniens moyens, formation saumâtre du Rousset. Marnes et sables** (10 m). *A la base*, faciès d'estran : sables fluviatiles, marnes sableuses grises (*Neritina picta*). Entre ces deux lithotypes s'intercale un niveau à Stromatolites. La formation passe à l'Ouest (Petit Nid) à des faciès péricifaux ; découverte récente d'un *Alitherium*. *Au sommet*, faciès à caractères lagunaires : calcaire fin à *Nonionidae* et Ostracodes, avec colonies de Porelles et d'Huîtres.

m1a3. **Aquitaniens supérieurs, formation de Carry. Marnes et calcaires.** (10 m). *A la base* : calcarénite à Bryozoaires (Porelles) et calcaire roux à Turritelles, Pirules, Cônes, Natices, *Chlamys* et *Spondylus*.

*Dans la partie moyenne* : masse récifale à Polypiers, organisme perforants, encroûtements d'Annélides, et calcarénites à Lépidocyclines, Operculines, débris de Stromatolites, Mélobésiées, Brachiopodes, *Thecidde*, *Chlamys*, Spondyles, Gastéropodes.

*Au sommet* : calcarénite rose grossière à Lucines spathiques (*Miltha incrassata subcopulorum*) et grès calcaire bien classé. Le toit de la formation bioclastique de Carry est marqué par un *hard ground* bien développé.

m1a4. **Aquitaniens supérieurs, formation de Sausset. Sables, marnes et calcaires** (25 m). *A la base* : lumachelle rose à Lucines et Turritelles, calcarénite fine à bioturbation reposant sur des marnes bleues et grises (anciennement appelées Argiles à tuiles). Ces dernières contiennent des Foraminifères, des Lamellibranches (Arches, Corbules, Lucines),...

*Au sommet* : calcarénite à débris d'Echinodermes (Amphioques), de Spongiaires, avec des passées microconglomératiques, recouvrant des marnes bleues et des sables à *slump balls*.

**Burdigalien :**

Subdivisé de bas en haut en trois ensembles bien représentés sur le littoral de la Nerthe. Dans le secteur nord de Martigues (Caderou), seuls les deux termes supérieurs sont visibles ; il est absent dans le Nord de la feuille (chaînon de la Fare).

m1b1. **Burdigalien inférieur. Calcaires du plan de Sausset** (5 m). Formation complexe localement gréseuse et même conglomératique (galets décimétriques de calcaires, de grès et de quartzites verdâtres permien, graviers de quartz verdis). Le conglomérat de base a livré récemment une dent de *Dicerorhinus tagicus*. Des niveaux de calcaire gréseux coquilliers et de grès microconglomératiques (anciennement appelés Molasse de Sausset) s'intercalent dans la formation. Ils renferment *Panopea menardi*, *Mytilus michelini* ; à leur sommet, on observe un banc à *Crassostrea gryphoides* et un horizon à Scutelles.

m1b2. **Burdigalien moyen. Argile calcaire grise.** Cette formation, dite des Tamaris, (10 à 15m d'épaisseur) est à dominante argileuse ; elle présente, à la base et au sommet, des intercalations de petits bancs de calcaires argileux. Dans la partie médiane, s'observe un niveau de calcaire à débris, avec *Pecten jossingli*, *Ostrea*, *Schizaster*.

m1b3. **Burdigalien supérieur. Calcarénite blanche à *Chlamys praescabriuscula*.** C'est l'équivalent de la formation bioclastique de la Couronne. De 10 à 12 m d'épaisseur, elle constitue un bon repère en donnant des reliefs de falaise abrupte. En certains points (la Couronne, Saint-Pierre), elle repose en discordance sur le Crétacé ; la base de la formation est alors conglomératique.

La formation est constituée par des calcaires bioclastiques localement riches en Lithothamniées, Bryozoaires (*Celloporidae*), Ostréidés (*Ostrea squarrosa*), *F labellipecten galloprovincialis*, Balanes et débris d'Échinodermes.

Dans les environs de la Couronne le ciment est de teinte rosée (Pierre de la Couronne).

#### **Vindobonien :**

Les affleurements s'étendent au Nord et à l'Ouest de l'étang de Berre ; ils sont à l'état de vestiges dans le bassin de l'Arc et sur la Nerthe. Seul le Vindobonien de base (Helvétien) semble présent, le sommet de l'étage (Tortonien), difficile à caractériser par la faune, semble manquer.

m2a1. **Calcarénite rousse.** C'est un calcaire sableux (10 m) de teinte roussâtre à débris coquilliers et lits gravillonneux. Les bancs, à stratification oblique, alternent avec des niveaux de sables glauconieux, localement indurés.

m2a2. **Argile calcaire** (30 m). Cette argile calcaire de Saint-Chamas est micacée et de teinte bleue, avec, au sommet, des sables glauconieux isométriques à *ripple marks*. Une variation très nette de faciès s'observe en allant vers l'Est : la quasi-totalité de la formation est remplacée par des sables et molasses calcaires à stratification oblique avec intercalations de lentilles de calcarénites. A la chapelle Saint-Léger, présence, dans ces niveaux, de *Chlamys radians*, *Ostrea*, Turritelles, Balanes, *Psammechinus aff. dubius*, *P. aff. deydieri* et dents de Squales.

m2a3. **Calcarénite rousse** (7 m). Elle se présente en bancs composites à stratification oblique et lits de petits galets calcaires, avec *Chlamys radians*, *Ostrea crassissima*, Turritelles, Balanes et dents de Squales.

m2a4. **Sables à *Chlamys scabriuscula*** (10 m). Sables glauconieux, localement marneux, avec *Chlamys scabriuscula*, Ostréidés, Balanes, Échinides. Ils ont pour équivalents, sur la feuille Istres, les Sables de la Madeleine.

m2b. **Calcaire coquillier** (20 m). Calcarénite de teinte roussâtre, vacuolaire, plus ou moins détritique, à stratification généralement oblique, avec *Chlamys scabriuscula*, Huîtres, Bryozoaires, Polypiers isolés, Balanes, Échinides.

Cette formation constitue, au Nord-Est de Saint-Chamas, l'entablement supérieur des collines miocènes. Elle passe latéralement à des niveaux de calcaire sableux (m2bC) qui sont l'homologue des Calcaires de Sulauze (feuille Istres).

#### QUATERNAIRE

R. **Terra-rossa karstique.** Les terres rouges dites *terra-rossa* se sont formées par évolution pédologique fersiallitante de matériaux silicatés présents sur les karsts. La néoformation de la kaolinite indique un climat plus chaud et plus humide que l'actuel et caractérisant un Pliocène relativement ancien plutôt que le Villafranchien ou le « Quaternaire ». Dans la région, les résidus des molasses marines miocènes (quartz, minéraux lourds) sont très fréquents. Ils indiquent que la plate-forme de la Nerthe comme celle de l'Arbois et du château de la Fare (cote voisine de 200 m) sont héritées de la pénélaine d'abrasion marine vindobonienne dont on connaît actuellement l'extension à toute la basse Provence. Actuellement, ces *terra-rossa* sont rassemblées dans des cavités du karst et des dolines.

Uv1 à Uv4. **Tufs villafranchiens.** Les tufs des Aygalades ont fourni, à leur base, *Elephas meridionalis*. Il s'agit bien de Villafranchien (Pliocène moyen et supérieur ; Pléistocène inférieur). Les *Elephas antiquus* découverts ne gisent que dans des cavités, postérieurement creusées au sein des tufs. La répartition en banquettes, entre le haut quartier et les falaises dominant la mer, a parfois été attribuée au jeu de la néotectonique. Il s'agit plutôt de l'emboîtement de dépôts faits successivement sur une topographie en voie de surcreusement par les ruisseaux des Aygalades. Ce dispositif est représenté sur la carte par distinction des nappes successives (1 à 4).

La genèse de ces tufs est liée à l'émergence, à un niveau de plus en plus bas, de sources karstiques provenant de l'Étoile et nourries par la nappe en réseau dont le rabattement est aujourd'hui assuré par la « galerie à la mer ». Les dalles de tuf sont creusées de cavités syn-sédimentaires, diagénétiques ou épi-génétiques (karstiques), dont la présence rend suspecte la résistance des massifs rocheux. Enfin, en bordure du massif secondaire, le tuf se charge en éléments empruntés à celui-ci et passe à des brèches consolidées.

Ex. **Éboulis rissiens.** Les mêmes remarques s'appliquent aux éboulis attribués au Riss.

Cx. **Colluvions rissiennes.** Sur arguments uniquement géomorphologiques, certains remplissages de vallons ou colluvions de pente sont attribués au Riss, car tronqués et recoupés par les formes liées à la dernière phase froide. Leur constitution est analogue à celle des colluvions wurmiennes, mais les sols qu'elles portent peuvent être plus évolués.

Fx. **Alluvions rissiennes. Sables et graviers.** Les caractéristiques données pour la terrasse wurmienne s'applique à celle du Riss, bien développée dans la région de la Fare. Cependant, le lessivage des éléments fins n'exclut pas le développement d'un sol fersiallitique (Riss-Würm) superficiel qui porte les cultures.

Ey. **Éboulis wurmiens** Les éboulis wurmiens sont d'origine cryoclastique, et liés à la microgélifraction des calcaires formant les corniches. Tout autour de l'étang de Berre et dans la vallée inférieure de l'Arc, domaines d'action du mistral, on note le grand développement des grèzes litées, exploitées pour gravier et ballast. Par places, on retrouve des paléosols au sein de la formation. Autre trait du climat wurmien : des polygones de sols cryoturbés sur la côte de la Merveille.

Jy. **Cônes de déjection wurmiens.** Les périodes les plus froides et sèches du Würm ont nourri de petits cônes de déjection dans lesquels on reconnaît la structure chenalisée classique. La granulométrie, variable, est souvent proche des graviers.

Cy. **Colluvions wurmiennes.** Dépôts de fond de vallons, d'origine latérale. Il s'agit surtout de limons soliflués, voire géliflués, accompagnés d'éléments gélivés.

Fy. **Alluvions wurmiennes. Sables, graviers.** Une partie des alluvions de l'Arc peut être rapportée au Würm. Il faut noter le grand développement en aval de la gorge de Coudoux et, surtout, à partir de la Pomme-de-Pin. Ces alluvions s'épanouissent en un grand paléodelta dans la région de Berre et sont placées plusieurs mètres au-dessous des alluvions attribuées au Riss. La différence d'altitude diminue en aval. Les éléments sont très variés : galets remaniés de l'Oligocène d'Aix ou du Bégudo-Rognacien, galets néoformés à partir des éboulis des cuestas proches, ou de Sainte-Victoire, voire de l'Aurélien (feuille Aix), graviers, sables, limons argileux de nature diverse. Ces derniers sédiments, plus fins, se développent en fin de cycle, favorisant l'agriculture maraîchère.

My. **Terrasse marine wurmienne. Sables.** Signalée par Matheron, puis successivement décrite par Marion, Collet (1882), Denizot (1939), cette terrasse affleure sur plus de 500 m au lieu-dit Bourrely, à l'Est de Martigues, en rive sud de l'étang. G. Denizot et Bonifay (1962) rattachent la partie alors visible de ces faciès littoraux à un niveau transgressif marin de l'interglaciaire Riss-Würm (Eutyrrhénien). Les travaux de construction de l'autoroute A 55, en détruisant partiellement la formation, ont révélé de nouveaux affleurements dont une description géométrique exacte a été donnée par

Ambert (1973). Une coupe synthétique montre, reposant sur le Crétacé supérieur à + 4 NGF, des niveaux de sables gris fins (localement indurés en dalle gréseuse et plus marneux vers le sommet), puis un cordon littoral sablo-graveleux à petits galets peu évolués surmonté de sables dunaires roux. Des marnes sableuses verdâtres susjacentes supportent un second cordon de galets qui, vers +12 m, termine la série marine recouverte par divers colluvions et niveaux dunaires. Latéralement les cordons de galets se dédoublent et des colluvions s'intercalent. Selon P. Ambert, « l'âge interglaciaire (Riss-Würm) du cordon inférieur est vraisemblable » alors que l'âge du « cordon supérieur azoïque,... sans qu'on puisse être très précis » serait néotyrhénien (interstade Würm I-II).

**Uz. Tufs récents.** Des concrétionnements intéressent certains vallons, dont celui des Ayyalades. Leur corrélation avec les tufs de Roquevaire, dans la haute vallée de l'Huveaune (feuille Aubagne—Marseille ; âge du Bronze) est douteuse.

**Ez. Éboulis récents.** Il y a lieu d'hésiter quant au caractère vraiment actif des éboulis sans couverture. La destruction de la végétation par l'Homme (depuis le Néolithique) peut conduire à leur remise en mouvement, mais le nourrissage par le gel est nul.

**Lz. Limons palustres récents.** Ces limons et vases organiques se déposent actuellement encore à l'abri des rides de tête de plage, dans les parties les plus calmes des bords de l'étang de Berre. Ils constituent un barrage efficace, à l'amont duquel les nappes alluviales doivent fréquemment se déverser ; c'est le cas pour la Durançole, nourrie par le piedmont cryoclastique de la Fare et par le karst de ce chaînon calcaire.

**Cz. Colluvions récentes.** Certains colmatages de fond de vallons sont attribuables à l'Holocène et même à la période historique. Une certaine reptation sur versants nourrit ces formations en cailloux gélivés hérités du Würm, en argiles et limons.

**Fz. Alluvions fluviales récentes. Sables, limons, graviers, galets.** Les dépôts longitudinaux intéressent actuellement l'étroite saignée de l'Arc dans ses terrasses quaternaires, ainsi que les vallons de la Touloubre et des ruisseaux affluents de l'étang de Bolmon. Les rares galets sont repris de dépôts plus anciens. La répartition granulométrique va essentiellement des argiles aux sablons. Dans la zone alluviale de l'Arc, la partie en aval de la terrasse wurmienne est recouverte par ces formations récentes par suite des phénomènes de glacio-eustatisme (Fz/Fy).

**Mz. Dépôts marins actuels ou récents. Sables.** Ces sables de plage caractérisent la bordure de l'étang de Berre (Jai, la Merveille,...) plutôt que celle de la rade de Marseille dont les plages de fond de Calanques sont caillouteuses. La partie émergée est toujours peu étendue et la plage, séparée de l'arrière-pays par une rupture de pente nette. Çà et là, des témoins de l'avancée flandrienne vers la cote + 5 sont reconnaissables.

**Glissements en masse.** Des mouvements de solifluxion ont intéressé à diverses reprises les versants marneux et les corniches calcaires qui les couronnent. Les terrains ainsi remaniés présentent une faible cohésion et un risque maximum de reprise des mouvements en cas de fouilles inconsidérées.

Bloc glissé : il s'agit de blocs de calcaire, isolés par des réseaux de fractures, détachés et ayant glissé par écrasement ou affouillement des marnes sous-jacentes.

**Terrils, remblais.** Ces dépôts anthropiques tiennent une grande place dans le complexe industriel de l'étang de Berre et de Marseille. Il s'agit de morts-terrains (lignite de la Fare, carrières diverses,...) ou de remblais à usage de génie civil (autoroutes, piste d'envol de Marignane...).

**Marais salants.** Sédiments de vasière halophile déposés dans le milieu évaporitique artificiel des marais salants. Il s'agit de vases riches en matière organique, de granulométrie très fine.

## GEOLOGIE MARINE

### Littoral

#### Bathymétrie — Cadre général

*Le précontinent* correspondant à la totalité de la zone marine de la feuille présente une pente faible, jusqu'à des fonds de — 130 m, en relation avec un gradient d'envasement, lié aux apports rhodaniens et très prononcé dès — 40 m, en-deçà de la limite inférieure de la zone d'action des vagues. A plus faible profondeur, le degré d'agitation des eaux assure un lessivage efficace et autorise, notamment en milieu infralittoral photophile, une plus grande diversité de peuplements et, partant, de types de fonds.

*Le tracé des côtes*, rigoureusement est—ouest, puis N.NE—S.SW, est en relation avec le prolongement des structures septentrionales du bassin de Marseille, à remplissage essentiellement oligocène et le fait a été confirmé par les recherches géophysiques de O. Leenhardt en milieu sous-marin. De l'Erevine—Niolon à la pointe de la Corbière, les structures écaillées concernant les calcaires et dolomies du Jurassique supérieur et les calcarénites du Barrémien, riches en fractures, sont affectées par une karstification très ancienne se prolongeant en milieu marin (grottes). Ces remplissages karstiques font actuellement l'objet de recherches montrant, depuis l'Oligocène, le rejeu d'accidents littoraux jusqu'au Quaternaire ancien et moyen (J. Blanc et R. Monteau). La grotte du cap Ragnon montre en outre des remplissages marins peut-être comparables au Tyrrhénien ou plus anciens, secondairement concrétionnés par des planchers stalagmitiques. D'autres spéléothèmes plus anciens ont été recoupés par des accidents ou fracturés par le rejeu de petites failles liées à un canevas littoral compliqué de ruptures résultant de la décompression du versant marin.

*Les masses d'eau montrent les déplacements suivants* : l'action du courant géostrophique permanent, orienté de l'Est vers l'Ouest, est pratiquement nulle pour le secteur considéré.

En revanche, il faut souligner l'intervention d'un contre-courant géostrophique permanent, orienté de l'Ouest vers l'Est et longeant le littoral. Ce mouvement lent (0,5 nœud), nommé « contre-courant de la Nerthe », déporte les troubles et les pollutions d'origine rhodanienne, ou issus du golfe de Fos, vers la zone nord de la baie de Marseille (envasement rapide en baie de l'Estaque).

Les courants de dérive, liés aux vents dominants (régime d'Est, Sud-Est, Est-Sud-Est, Ouest, Ouest-Sud-Ouest) sont beaucoup plus rapides et concernent la tranche superficielle des eaux, la frange littorale. Ils s'orientent de l'Est vers l'Ouest dans le premier cas et, réciproquement, de l'Ouest vers l'Est, pour le second cas. Alors, l'indentation du cap Couronne fonctionne comme une « zone d'ombre » protégeant le littoral de Carry et Sausset. Par mistral (N.NW) et tramontane (N), ce rivage est naturellement protégé par les reliefs de la chaîne de la Nerthe et une « zone neutre » très calme se dessine parallèlement au rivage, utilisée comme mouillage d'abri et comme *route de mistral*.

La compensation des flux à la côte est réalisée par un système de courants de décharge étalant le sédiment contre le fond et dégradant les herbiers à *Posidonies* à des profondeurs dépassant parfois 20 mètres. Il s'agit de lobes d'accrétion et de sables lessivés mobiles.

#### Nature des fonds

*Herbiers à Posidonies* (zone infralittorale photophile). Le développement de la « prairie » sous-marine à *Posidonia oceanica* amène la rétention d'un sédiment bioclastique très hétérométrique formant alors des accumulations s'accroissant verticalement, nommées « mattes ».

Cet herbier montre une frange continue tout au long du rivage. Il se trouve dégradé fortement par les actions hydrodynamiques précitées, les envasements et les pollutions et tend à disparaître au niveau du cap Ragnon (envasement accéléré de la zone septentrionale de la baie de Marseille).

**Substrat rocheux.** Des dalles sous-marines, formées de molasse miocène, s'observent au large de Carry, l'Aragnon, Sausset, de quelques mètres à — 40 mètres. Elles sont souvent entièrement recouvertes de concrétionnements coralligènes ou précoraligènes, Algues ou formations du « détritique côtier ».

**Eboutis, blocs, galets et granules.** Ils bordent les falaises en voie d'écroulement de Méjean—la Redonne, molasse de Carro, etc.

**Sables mobiles lessivés,** généralement fins ou moyens, assez bien classés et exempts de pélites. Ce sont des talus détritiques évolués, remaniés par les vagues, ou des lobes d'accrétion mis en place par le mécanisme des courants de décharge lors des tempêtes. Ces derniers ont été étudiés au large de Sainte-Croix, Boumandariel, Carry et le Rouet. Leur situation peut évoluer rapidement au cours du temps.

**Sables grossiers** et graviers du « détritique côtier concrétionné ». Ce faciès s'observe au niveau des roches miocènes immergées (dalles et « plateaux » sous-marins, roches de Sausset et « plaine » de Carry). Leur prospection a été réalisée en vue d'une éventuelle exploitation d'agrégats ; cette dernière demeure cependant fortement déconseillée du fait de graves altérations des milieux biologiques et littoraux (J.J. Blanc, 1975). Ils s'observent de — 25 à — 50 mètres.

**Sables polygéniques,** hétérométriques, de l'ensemble circa-littoral du « détritique côtier », succédant aux herbiers, de — 35, — 40 m à — 60 mètres. Ce sont des sables hétérogènes, d'origine autochtone ou allochtone, bioclastique ou minérale, avec un pourcentage en pélites assez variable augmentant brusquement hors de la « zone d'ombre » ou à une profondeur inférieure au niveau moyen d'action des vagues. Des paléobiocoenoses remontant à la fin du Würm ou au Dryas y forment des « sédiments-reliques » ou des mélanges complexes. Leur teneur en pélites oscille entre 40 et 75 %.

**Sédiments envasés du « détritique côtier ».** Ils bordent la frange externe des types précités. L'augmentation brutale de la fraction pélitique est liée aux apports terrigènes issus du courant de la Nerthe et à l'affaiblissement des mouvements hydrodynamiques. Ce faciès de transition se situe entre — 35 et — 50 mètres. Il se développe à la zone envasée de l'Estaque. Les teneurs en pélites y atteignent 70 % à 90 %.

**Vases terrigènes côtières.** Ce sont des vases assez fluides, d'origine fluviale, issues de l'épandage rhodanien. Elles comportent une fraction importante en phyllites mêlées à quelques éléments thalassogènes. De ce fait, les taux en carbonates s'abaissent et les caractères granulométriques traduisent des actions de décantation. Une lutite carbonatée d'origine littorale et pélagique s'y mêle en proportions irrégulières. Les teneurs en pélites y sont fréquemment supérieures à 90 %.

**Vases portuaires polluées,** au terme du transfert du courant de la Nerthe et au contact des ports nord de la baie de Marseille (plus de 90 % de pélites, matières organiques, phyllites). Ces formations sont « piégées » dans l'angle nord-est de la baie et s'étendent en fonction du temps et de la progression des activités industrielles et portuaires.

### **Disposition des zones sédimentaires**

La répartition de ces faciès appelle les remarques suivantes :

—du rivage vers le large, on observe généralement un *mode régulier* se traduisant par la séquence latérale des faciès : talus et « prisme » littoral (ou éboulis), « mattes » de l'herbier à Posidonies, « détritique côtier » avec ses deux faciès collatéraux : faciès concrétionné et faciès envasé, vases terrigènes côtières (faciès marneux en formation). Cette disposition traduit fréquemment un équilibre stable des fonds ;

- les altérations hydrodynamiques, les envasements et les pollutions amènent la formation d'un *mode imbriqué* où les déséquilibres des biotopes et des sédiments amènent soit des érosions et le développement des lobes d'accrétion, soit des « transgressions » et des recouvrements liés aux envasements (développement du faciès des vases terrigènes côtières et des vases portuaires).

## Étang de Berre

### Cadre géographique

Connu dès l'antiquité sous le nom de *Stagnum mastromela*, l'étang de Berre occupe l'extrémité occidentale du bassin synclinal d'Aix-en-Provence. Le golfe de Saint-Chamas

et les étangs de Vaine et de Bolmon s'ajoutent au grand étang pour former un plan d'eau de 15 500 ha. Sa profondeur n'excède pas dix mètres. Il communique avec le golfe de Fos grâce à l'étang naturel de Caronte qui, en l'absence du canal artificiel des Martigues, ne serait qu'une lagune. La flèche sableuse de Berre limite l'étang de Vaine ; le cordon littoral du Jai isole l'étang de Bolmon. Ces corps sédimentaires sont respectivement parallèle et perpendiculaire à la résultante annuelle NW—SE des vents.

L'étang reçoit deux affluents principaux : l'Arc (débit annuel moyen  $160.10^6 \text{ m}^3$ ) et la Touloubre ( $31.10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ ), ainsi que le surplus ( $5.10^6 \text{ m}^3/\text{an} ?$ ) des eaux d'irrigation de la Crau grâce aux canaux de Craponne (1554) et des Alpilles (1784). Le volume des alluvions amenées par ces affluents serait voisin, certaines années, de  $3.10^5 \text{ m}^3/\text{an}$  (Chevallier, 1916). Depuis 1966, les eaux alimentant le complexe hydro-électrique de la basse Durance sont rejetées par la centrale de Saint-Chamas :  $3.6.10^9 \text{ m}^3/\text{an}$ , soit quatre fois la capacité de l'étang. Selon EDF, les apports limoneux annuels restent inférieurs à  $5.10^5 \text{ m}^3$ , grâce à un artifice d'exploitation : dès que la charge solide atteint 5 g/l, l'usine de Saint-Chamas est déconnectée et les eaux turbides sont restituées à la Durance par la centrale de Mallemort.

### Évolution récente des fonds et nature des dépôts

• **Antérieurement à la mise en service de la centrale EDF de Saint-Chamas**, l'étang de Berre était un étang à salinité variable. Les apports d'eau douce confinés dans la moitié nord du plan d'eau, et les venues d'eau marine liées aux marées remontant le canal de Martigues, bien que miscibles, donnaient naissance à un gradient géographique de salinité, auquel s'ajoutaient des variations saisonnières. Diverses biocœnoses marines plus ou moins tolérantes ou saumâtres, adaptées à ces conditions, se développaient dans l'étang (Mars, 1960). Les formes benthiques montraient une dualité de peuplement particulièrement nette. De vastes zones à densité coquillière faible et uniforme jouxtaient des *aires riches en grosses coquilles d'individus vivants ou morts développés in situ sous forme de bancs d'Huîtres ou de Moules*. Localement on observait des *concentrations de tests brisés en fragments centimétriques ou millimétriques*. On trouve dans les travaux anciens (Delesse, Marion, Gourret) ou plus récents (Chevallier, Korringa, Mars) des précisions sur les extensions et migrations de ces aires singulières. Ainsi, les éléments biogènes, enfouis sur place ou remaniés vers d'autres zones, contribuaient puissamment par leur production continue à la genèse de sédiments mixtes, tributaires par ailleurs des apports terrigènes traditionnels.

La nature des fonds, représentés sur cette feuille en leur état de 1964, est schématiquement définie selon la richesse en lutites de la fraction inférieure à 7,3 mm des dépôts, incluant ainsi une partie des fragments organogènes. Les autres classes granulométriques utilisées sont celles préconisées par le B.R.G.M.

**Les vases pures** renferment plus de 90 % de particules inférieures à 0,063 mm. Elles se développent principalement dans la moitié septentrionale de l'étang, au large des deltas de l'Arc et de la Touloubre, où les proportions de lutites dépassent 95 % ; elles se prolongent dans la moitié sud en longeant le mont Calaraou et s'étalent jusqu'au Nord-Ouest de la Mède. Ces faciès, de couleur gris sombre, présentent des teneurs en carbonate de 40 %.

**Les vases bioclastiques** contiennent 90 à 75 % de lutites ; les éléments biogènes représentent plus de 60 % de la fraction grossière. Ces vases se développent en deux aires de la moitié orientale de l'étang, formant ainsi transition, au Nord et au Sud, entre les vases pures et les faciès mixtes plus littoraux. On les observe dans l'étang de Vaine et le golfe de Saint-Chamas. Les teneurs en carbonate n'excèdent pas 45%.

**La ségrégation des faciès les plus vaseux** dans la moitié nord de l'étang résulte de la concentration des apports limoneux sur une aire relativement protégée des vents de Nord-Ouest et ceinturée par de vastes herbiers de Zostères filtrant sables et sablons. Une association à smectite largement dominante, illite, traces de chlorite et kaolinite (héritée des paysages sédimentaires des bassins versants de l'Arc et de la Touloubre), caractérisait la phase précolloïdale des dépôts de ce domaine d'hypersédimentation.

Les vases sableuses et bioclastiques recèlent encore 75 à 50 % de lutites et se développent surtout à l'approche des rivages méridionaux, où elles sont liées aux aires à forte densité de coquilles brisées. Les taches isolées de la moitié nord sont inféodées à d'anciens bancs d'Huîtres et de Moules ; ces faciès font défaut le long du delta de l'Arc. La fraction grossière est essentiellement biogène ; sauf dans l'étang de Vaïne et au niveau des embouchures où les éléments détritiques arrivent en parité. Les teneurs en carbonates sont voisines de 45 %.

Les sables vaseux à 50-25 % de lutites apparaissent dans les petits fonds de l'étang. Cantonnés dans d'étroites bandes le long du delta de l'Arc et du cordon du Jai, ils s'étalent à la pointe de Berre, dans l'étang de Vaïne et au Nord des Martigues.

L'éloignement des sources d'apports limoneux, l'intensité des remaniements et des classements de matériaux sous l'influence des vagues forcées de mistral (*Fetch* maximum) sont responsables de la nette zonation et de la ségrégation des divers faciès mixtes dans les auréoles du domaine méridional. Là, en raison de l'homogénéisation de la phase précolloïdale, les proportions de smectite et d'illite s'équilibrent, sauf dans les sédiments très sableux où l'illite domine.

Les sables et graviers sont bien représentés dans les prismes littoraux soumis aux actions hydrodynamiques intenses : delta de l'Arc, pointe de Berre, cordon du Jai. Généralement biogènes, hétérométriques et fortement calcaires, ces faciès sont détritiques et plus siliceux en certains secteurs du delta de l'Arc, remarquablement fins et isométriques au niveau du Jai. Les galets de ce cordon proviennent des éléments crétacés du cailloutis cryoclastique qui tapisse le flanc nord de la Nerthe. On observe de nombreux gravillons de variolites, roches vertes et quartzites, issus de la nappe à menus galets duranciens (*cf.* feuille Istres), ainsi qu'un très vaste éventail de minéraux lourds.

• **La mise en service progressive à partir de 1965 de la centrale EDF de Saint-Chamas** a bouleversé, par le volume considérable d'eau déversée, l'hydrologie et l'écologie de l'étang de Berre, actuellement comparable à un estuaire de type fortement stratifié. Dans les conditions moyennes pérennes, les eaux douces turbinées par l'usine s'écoulent en surface vers le Sud et longent la côte ouest de l'étang. Ces eaux turbides glissent sans se mélanger, en raison de leur faible densité, au-dessus d'une lentille d'eau salée (30 à 20 ‰) liée aux marées (Minas, 1973). Le « coin salé » est limité par l'isobathe — 8 m ; il occupe en quasi-permanence les aires centrales et sud de l'étang. La stratification des eaux empêche tout renouvellement d'oxygène dissous dans le coin salé : les biocénoses benthiques sont détruites en raison de l'anoxie et les sédiments présentent un faciès euxinique noir à très noir (5Y 2/1 à 2,5Y 2/0 Munsell).

Ainsi, aucune forme marine ou saumâtre ne peut vivre sur l'ensemble des fonds de l'étang, exception faite pour certaines aires limitées : débouché du canal des Martigues, petits fonds sableux littoraux à *Cardium* (Bellam et Stora, 1976). Par contre, on observe depuis quelques années une extension rapide de l'espèce *Mercierella enigmatica*. Ces Annélides Polychètes secrètent des tubes calcaires protecteurs et construisent dans l'étang soit de véritables tapis d'épaisseur décimétrique plus ou moins continus, soit des masses ovoïdes métriques qui s'élèvent au-dessus des fonds (biolithosores monostéiques au sens G. Lucas, 1959, 1970). Ces animaux prolifèrent au débouché d'affluents riches en matières organiques vecteurs de pollutions. Ils s'étendent sur plusieurs hectares à une certaine distance des embouchures de l'Arc et de la Touloubre, au débouché des égouts de Saint-Chamas, Istres, Martigues et son canal, la Mède, ainsi qu'au niveau des effluents urbains ou industriels de l'étang de Vaïne.

Une récente étude de la couche superficielle des sédiments (1976) met en évidence des modifications dans la répartition et la composition des faciès caractéristiques des deux domaines majeurs distingués en 1964.

*Dans le domaine septentrional*, l'aire d'hypersédimentation se singularise grâce à une couche de quelques centimètres de vases pures très fines (taille moyenne 5 à 10  $\mu$ ) d'où les débris coquilliers sont absents. En outre, l'extension des faciès à plus de 95 % de lutites, la présence dans ces dépôts d'une nouvelle association de minéraux argileux à illite et chlorite largement dominantes et caractéristiques des limons duranciens, la disparition des herbiers de Zostères, montrent l'influence des apports du canal EDF.

*Dans le domaine méridional*, aux vases bioclastiques de 1964, se sont substituées diverses concentrations de tests où voisinent espèces jadis autochtones et formes remaniées. Ces dépôts résulteraient d'un lessivage *in situ* des faciès initiaux : la fraction pélitique des sédiments, mise en suspension par les « coups de mistral », pouvant s'échapper vers le golfe de Fos lors des jusants journaliers. Une diminution des taux de sédimentation résultant de la présence du ménisque salé sur lequel s'écoulaient les eaux douces vectrices de fractions limoneuses, semble également intervenir.

### Géomorphologie de l'étang

Le tréfonds de l'étang offre une topographie variée mise en évidence par sondage sismique continu (Leenhardt et Roux, 1967). Un manteau vaseux dissimule deux dépressions creusées au Nord et au Sud dans un substratum bégudien ou miocène et séparées par une zone médiane peu profonde. Les épaisseurs des divers niveaux quaternaires décelés, dont l'âge ne remonte pas au-delà du Würm supérieur, varient ainsi de 1 à 20 m en fonction du modelé sous-jacent.

*Le substratum bégudien de la zone médiane*, irrégulièrement érodé entre les isobathes — 10 et — 12, avec localement des cotes extrêmes à — 9, — 13, barre la cuvette de Berre par le travers. Les points hauts du relief affleurent presque ; ailleurs, le comblement vaseux n'excède pas 5 mètres. À l'Est, sous les rivages des salins, divers sondages rencontrent les terrains crétacés à des cotes voisines.

*Dans la dépression nord*, le tréfonds bégudien s'abaisse progressivement jusqu'à la cote — 40 m, puis demeure horizontal en dessinant une aire semi-elliptique dont l'extension vers l'Est, sous le delta de l'Arc, n'a pu être précisée. La cuvette est partiellement comblée jusqu'à la cote — 17 ou — 18 m par une couche sédimentaire discordante, probablement homologue des marnes noires sableuses micacées rencontrées en sondage sous la bordure occidentale du delta de l'Arc et attribuées par Denizot (1960) à l'Helvétien. Dix à douze mètres de dépôts présumés holocènes achèvent de colmater la dépression. Vers l'Ouest, le tréfonds bégudien se raccorde selon une pente faible et régulière aux rives de l'étang. Sur le parallèle d'Istres, ce substratum est transgressé par les horizons du Burdigalien supérieur à pendage nord-ouest. Les niveaux miocènes occupent l'entrée du golfe de Saint-Chamas où l'on note l'absence de thalweg surcreusé et disparaissent à l'embouchure de la Touloubre.

*Dans la dépression sud*, la topographie du *bed-rock* bégudien s'abaisse progressivement jusqu'à la cote — 24 m, puis remonte sous l'étang de Bolmon où les forages rencontrent des faciès conglomératiques. Au maximum du creux, le tréfonds décrit une aire elliptique à grand axe ouest—est qui s'infléchit sous l'étang de Vaïne vers le Nord-Est. Deux dépôts colmatent la dépression. La base des formations actuelles et holocènes, située généralement à — 14 m, atteint la cote — 18 m dans un thalweg qui entaille des sédiments plus compacts, subhorizontaux et discordants sur le substratum crétaqué.

*Le tracé de ce paléothalweg a pu être reconstitué.* Largement étalé au Nord de la Mède, le chenal de ravinement se dirige à l'Ouest vers Martigues. Il se rétrécit à l'approche de cette ville, où il s'encaisse pour passer à — 18 m sous l'îlot de Ferrières. Reconnu dans l'étang de Caronte par de nombreux Sondages, il rejoint le golfe de Fos, non pas par la passe de Port-de-Bouc, où le Miocène gisait à — 12 m avant le creusement du canal, mais par l'ancienne passe de Canal-Vieil (feuille Istres) aux environs de la cote — 30 m (Denizot, 1960). À l'Est de la Mède, le thalweg décrit une large courbe et

s'infléchit au N.NE pour passer à la cote — 20 sous les réservoirs et entrepôts de la pointe de Berre ; il se dirige ensuite au Nord. On le retrouve sous le hameau des Baisses, où des sondages (Gouvernet, 1959) rencontrent, de +14,5 à — 19,6 NGF, un complexe sablo-argileux et graveleux, puis des marnes ou argiles noires et tourbeuses qui reposent à — 22,5 m sur les terrains fuvéliens. La datation  $^{14}\text{C}$  de fragments de troncs d'arbres prélevés à la base (—18 m) des dépôts accumulés sous Martigues, dans ce thalweg, donne  $31\,500 \pm 2\,700$  ans B.P.( ) et montre que la phase de ravinement est nécessairement antérieure.

Les sédiments colmatant ce paléothalweg ont été étudiés grâce à de récents sondages situés sous les réservoirs de la pointe de Berre. Une carotte-type (S<sub>1</sub>) montre quatre formations principales. A la base, 50 cm de sables et graviers vaseux ravinent à — 19 NGF (en S<sub>2</sub>) des marnes gypsifères bégudiennes ; la macrofaune benthique (J. Picard), outre des Limnées, renferme des espèces nettement marines et vasicoles : *Cardium paucicostatum*, *Abra nitida*. Au-dessus, de — 18,5 à — 16, des marnes et vases blanchâtres sont riches en formes d'eau douce stagnante (Limnées, Planorbes) ou courante (*Bithynia* sp.). La smectite très bien cristallisée est quatre à six fois plus abondante que l'illite. De — 16,5 à — 12,5, diverses passées de vases pures grises ou beiges présentent une malacofaune marine vasicole. La smectite bien cristallisée est deux fois plus abondante que l'illite. Enfin, de — 12,5 à — 2,5 m, un complexe de sables vaseux se caractérise à la base par des espèces euryhalines et eurythermes passant, vers le haut, à des formes de « Sables Vaseux de Mode Calme » tolérantes, puis aux biocoenoses de « Sables Fins Bien Calibrés » ou de « Haut Niveau ». Divers petits Gastéropodes indiquent la présence d'herbiers de Cymodocées ou de Zostères. Les proportions de smectite et d'illite s'équilibrent.

La microfaune met en évidence l'intervention de divers facteurs édaphiques. Dans les trois niveaux inférieurs, les associations de Foraminifères (L. Blanc-Vernet) montrent en parité des formes vasicoles tolérantes et des formes euryhalines (*Ammonia* groupe *becarii*). Ces dernières sont particulièrement abondantes à la base des faciès sableux (90 % à — 12,5), puis les proportions décroissent vers le haut du profil (40 % à —8,5). Les Miliolidés, liés aux influences marines, sont absents des marnes blanches et ne représentent que 20 à 30 % des espèces du niveau inférieur et des vases pures intermédiaires. Rares à la base des faciès sableux, les Miliolidés augmentent progressivement pour atteindre 50 % à la cote — 10,5, alliés à d'autres formes marines et littorales qui constituent 20 % des faunes. Ces associations franchement marines s'atténuent vers le haut du profil où une tendance légèrement saumâtre apparaît. Ainsi, exception faite pour les marnes blanches de milieu très dessalé, les associations dénotent une relative dessalure des milieux de dépôt des niveaux 1 et 3, où persistent toutefois des influences marines assez nettes.

Les Ostracodes (J.-F. Babinot) montrent, dans les niveaux transgressifs inférieurs, des espèces médiolittorales caractéristiques des variations de salinité observées de nos jours en domaine atlantique dans les vasières ou hauts de slikkes liés aux marées. Des influences oligohalines sous contrôle d'eau douce apparaissent. Dans les marnes blanches susjacentes, on observe une monospécificité à *Cyprideis torosa* de milieu médiolittoral paraphytaal probablement fortement dessalé (cf. Foraminifères). Les niveaux de vases pures se caractérisent par un petit nombre d'espèces où *Cytherois fischeri* est présent. Cette association est caractéristique d'un étage phytal euryhalin de milieu abrité médio- ou supralittoral. Enfin, dans les faciès sableux, un milieu phytal plus ou moins sténohalin s'individualise par étapes grâce aux influences marines d'un niveau infralittoral interne à médiolittoral.

Dans l'ensemble, et exception faite pour les marnes blanches, les influences marines augmentent vers le haut des prélèvements. Ce phénomène semble résulter des variations de la hauteur du plan d'eau par rapport à la topographie des fonds.

(\*) B.P. : expression anglaise : *before present* signifiant littéralement « avant le présent ».

Les associations faunistiques, toujours actuelles, ne permettent pas d'établir l'âge de ces dépôts. Les datations  $^{14}\text{C}$ , effectuées sur un matériel peu favorable ou contaminé, fournissent des résultats dispersés dont certains « sont aberrants sans que nous ayons motif de douter de la mesure elle-même » (J. Thommeret). On ne retiendra que les ordres de grandeur de deux résultats :  $6650 \pm 110$  ans B.P. à la base des faciès sableux (- 12,5) et  $2100 \pm 80$  ans B.P. à - 8,5 mètres.

Les analyses polliniques (H. Triat) lèvent partiellement cette indétermination. En effet, ces sondages relatent, quoiqu'imparfaitement à cause de leurs caractéristiques techniques (échantillonnage irrégulier avec lacunes importantes et possibilité de contamination), les grands moments de l'Histoire de la végétation régionale à partir de la fin du Tardiglaciaire. Dans les deux niveaux inférieurs, à des spectres où dominent *Artemisia*, *Pinus*, accompagnés d'*Ephedra*, *Juniporus*, succède, au Préboréal, l'image d'une forêt de feuillus où domine *Betula*. Le Boréal se marque par un pic de *Corylus* vers - 16,5 NGF, qui précède de peu une phase avec Chêne à feuillage caduc, *Ulmus* et *Tilia*. *Abies* et *Fagus* apparaissent précocement. La déforestation néolithique favorise l'extension de la chênaie d'Yeuse et les signes évidents d'une agriculture fixée (pollens de céréales et de leurs commensales) s'observent avant  $2100 \pm 80$  B.P., seule date exploitable pour ces sondages.

En résumé, les résultats de l'ensemble des études permettent de reconstituer le tracé d'un paléothalweg surcreusé par l'Arc dans le substratum de l'étang de Berre lors de la dernière régression wurmienne et colmaté par des sédiments liés aux phases ultimes de la remontée versilienne du plan d'eau marin.

On peut penser que ce schéma simple ne traduit que les dernières étapes de l'évolution géomorphologique locale. Des différences anormales de cote du *bed-rock* apparaissent systématiquement et des sédiments indéterminés s'intercalent parfois. Ces variations peuvent résulter de causes évidentes : forages excentrés, vitesse des ondes sismiques en fonction du sédiment. Elles peuvent procéder d'une évolution polygénique : surcreusements successifs au Quaternaire supérieur, surimposition du cours de l'Arc à une morphologie complexe de dépressions closes comparables à celles observées entre Istres et Saint-Chamas (feuille Istres).

## ÉVOLUTION TECTONIQUE

Les conceptions actuelles de cette évolution ne retiennent pas le concept de « phase aptienne » présenté dans la première édition.

Les premiers mouvements datent de l'Albien inférieur. Les terrains de cet âge ne sont conservés qu'en certains points des bordures nord et sud de la Nerthe, et l'on peut imaginer que dès cette époque une partie des territoires (unité allochtone exceptée) participait à l'édification d'une ride, les dépôts albiens inférieurs ne subsistant que sur une partie de ses flancs.

On estime que ces mouvements n'ont eu qu'un caractère local et qu'ils n'ont pas abouti à des émergences régionales ; les lacunes observées auraient donc pour origine une érosion sous-marine. Mais c'est là une première ébauche d'une structuration provençale où apparaîtra comme composante majeure une direction est—ouest se superposant presque à angle droit sur la direction antérieure N—S ou NE—SW (cf. Données paléogéographiques et structurales).

Après l'Albien inférieur, l'évolution tectonique prendra des aspects différents selon que l'on considère les régions nord, ouest, est et centrale du territoire de la feuille d'une part, la région méridionale, d'autre part.

### Régions nord, ouest, est et centrale de la feuille

Dans le cadre local de la feuille, la tectogénèse du bassin de l'Arc et de l'étang de Berre et de la bordure nord ne soulève pas, au premier abord, de difficulté d'interprétation. La série affleurante y est pratiquement continue du Berriasien au Burdigalien, mais on note l'existence dans le chaînon de la Fare—Saint-Chamas d'une lacune de l'Aptien au Cénomaniens, et même au Turonien.

C'est la preuve d'une émergence du domaine sud-provençal qui se place dans l'intervalle Albien supérieur—Cénomaniens inférieur, émergence au cours de laquelle s'est modelée une surface d'érosion qui, en dehors des limites de la feuille, supporte presque toujours de la bauxite.

Dans la bordure sud du chaînon de la Fare—Saint-Chamas, l'intervalle couvert par la lacune montre que les mouvements se sont prolongés au-delà de l'Albien supérieur—Cénomaniens inférieur.

La part des déformations liées aux phases suivantes, fini-crétacée et fini-éocène, et aux mouvements oligocènes est difficilement décelable le long de la bordure nord de la feuille où l'on note seulement un redressement des assises valdo-fuvéliennes et bégudo-rognaciennes. Ce redressement est symétrique de celui que l'on observe en bordure sud de l'étang de Berre dont le ploiement en synclinal date probablement de la phase fini-crétacée. La superficie du bassin éocène s'est ainsi notablement réduite par rapport à celle du bassin crétacé.

Dans la partie est du territoire de la feuille, le Lutétien des plateaux d'Arbois repose en discordance sur le calcaire de Saint-Pons de l'Oligocène inférieur. La lacune du Bartonien (et d'une partie de l'Oligocène inférieur ?) est à rapporter à la phase fini-éocène, qui aboutit à une accentuation locale, par compression, du synclinal de l'étang de Berre. Mais, désormais, la subsidence va se déplacer en dehors des limites de la feuille, les dépôts oligocènes des Milles représentant la bordure d'un bassin qui se décalera toujours plus au Nord vers la Durance (feuilles Salon et Pertuis).

### Région sud de la feuille (fig. 3)

La situation de cette région à la terminaison sud-occidentale de la Basse-Provence calcaire en bordure du domaine marin, et au contact de la zone ennoyée du Bas-Rhône, rend son interprétation des plus difficiles.

Les plissements fini-crétacés et tertiaires ont été ici en très grande partie nivelés avant le Miocène. Certaines structures ne subsistent ainsi qu'à l'état de vestiges ; leur signification tectonique est longtemps restée indéfinie, comme en témoigne la fluctuation des idées depuis une trentaine d'années.

Les conceptions de L. Lutaud et de G. Denizot n'ayant donné lieu, dans la première édition, qu'à des raccords assez artificiels, des leviers entièrement nouveaux se sont avérés nécessaires pour la Nerthe et la terminaison ouest de l'Étoile. Ces leviers ont abouti à une nouvelle interprétation (C. Froget, G. Guieu et M. Roux, 1966 ; G. Guieu, 1968). Mais, confrontée aux résultats de forages profonds réalisés depuis une décennie ainsi qu'aux données issues de la révision de points particuliers (G. Guieu et J. Philip, 1972), il est apparu que cette interprétation devait elle-même subir d'importantes retouches (G. Guieu, 1973).

Les étapes les plus significatives de la tectogénèse montrent (fig. 3), comme partout ailleurs en Provence, une interaction constante des effets de l'érosion et des déformations successives. Les anticlinaux (il devait en fait s'agir de fortes flexures à regard nord), érigés pendant la phase fini-crétacée, furent profondément érodés pendant l'Éocène. Les mouvements en compression de la fin de l'Éocène s'appliquent ainsi sur d'anciens plis dont les flancs n'étaient plus depuis longtemps en connection. Cela explique le décollement de la couverture et son morcellement en grandes écailles épiglyptiques. Si des séries déversées ou renversées sont souvent prises sous ces écailles, il ne s'agit jamais du flanc renversé d'un pli couché, car la substance même d'un tel flanc était déjà transformée en vastes piedmonts bréchiques discordants au pied des anticlinaux profondément délabrés. Mais les brèches en s'écaillant ont, elles aussi, participé aux mouvements tangentiels, telle la brèche des Cadeneaux.

Ce schéma fondamental, inspiré des idées de L. Lutaud, rend bien compte de l'évolution de la Nerthe jusqu'à l'Oligocène. Mais à la différence d'autres secteurs de Basse-Provence, les mouvements tangentiels vont se prolonger dans la Nerthe pendant l'Oligocène, le style de ces nouvelles déformations y étant dicté par le morcellement antérieur de la couverture.

*Dans la Nerthe* (fig. 1, 2 et 3), l'originalité de l'unité méridionale chevauchante III (compartiments A et C) n'apparaît qu'à l'Oligocène. L'écaille de couverture mise en place à l'Éocène supérieur est d'abord partiellement érodée, puis affectée par des affaissements liés à l'ouverture du bassin de Marseille par distension. Le chevauchement est repris pendant l'Oligocène inférieur et poussé sur un avant-pays constitué à l'Est et au Sud par du matériel Étoile, au Nord par la Nerthe autochtone (fig. 3, b).

L'ensemble est de nouveau plissé avant la fin de l'Oligocène (fig 3, c). Le matériel Étoile surgit alors sous la Nerthe méridionale allochtone dans une série de petites fenêtres et au vallon de Graffiane : ainsi apparaît le compartiment B. Puis des failles à fort rejet découpent l'ensemble : la plus importante est celle des Laurons—Ensuès, aujourd'hui nivelée, qui affaisse de plusieurs centaines de mètres le côté sud du dispositif. L'érosion anté-miocène élimine au Nord de la faille la partie frontale du chevauchement en position haute. Au Burdigalien (fig. 3, d) la mer recouvre toute la Nerthe, scellant sous ses dépôts les structures antérieures.

Les déformations ponto-plio-quaternaires sont responsables du basculement en bloc de la Nerthe au Sud-Ouest ainsi que d'affaissements qui, avec la marge du pré-continent, ont englouti l'essentiel du chevauchement méridional. Pendant les étapes récentes du Quaternaire la surface sous-miocène est peu à peu exhumée, révélant des structures qui, en leur état actuel, nous apparaissent sous une très faible épaisseur et avec une trompeuse simplicité (fig. 3, e).

Il convient donc de distinguer dans la Nerthe (fig. 1,2,3), remarquable exemple de tectoniques superposées, le chevauchement d'une série normale (I) (il s'agit en fait de l'Étoile) sur une écaille renversée elle-même poussée sur le bassin de l'Arc et liée à la Nerthe autochtone (II). L'unité (III) représente les restes du chevauchement méridional : elle est superposée aux deux précédentes par un contact tangentiel à Graffiane, Ensuès, val de Ricard et Romaron, mais repris ailleurs par des failles verticales.

Le compartiment des Chapats est par suite affaissé de plusieurs centaines de mètres par rapport au bassin oligocène de Saint-Pierre. L'accident révélé par le forage de la C.F.P. doit ainsi buter au Nord vers mille mètres de profondeur contre la faille des Laurons—Ensuès. Les compartiments (A) et (C) constituent donc une même unité (III) superposée au compartiment (B).

*Dans l'Étoile.* Le chevauchement est antérieur au dépôt des calcaires de l'Estaque qui scelle les structures (angle sud-est de la feuille). Par rapport à la Nerthe d'orientation W.NW—E.SE, le chevauchement se traduit sur la carte par une déviation au Nord les deux structures s'articulant en un V très obtus dans le secteur de Graffiane—Ensuès. C'est à l'Est de cette articulation que disparaît progressivement la Nerthe autochtone sous l'Étoile allochtone, à l'arrière de laquelle s'ouvre la déchirure tectonique du bassin de Marseille (feuille Aubagne—Marseille). Avant les mouvements tangentiels, la Nerthe, l'Étoile et Marseilleveyre—Carpiagne devaient ainsi se trouver alignés.

La localisation de la torsion Nerthe—Étoile, l'augmentation très rapide de l'amplitude du chevauchement vers l'Est soulignée par des faisceaux de failles sénestres Nord 25 à N 40° E ne sont pas des phénomènes fortuits. On peut en effet penser que la direction nord-est prise par le chevauchement a été directement influencée par la paléostructure au niveau de laquelle s'opérait probablement d'Est en Ouest la transition entre la plate-forme provençale et la fosse rhodanienne. Or une zone tectonique sensible connue sous le nom de *faille d'Aix*, ou de la *Durance* ou encore des *Pinchinats*, et qui peut être suivie au Nord jusque dans la région de Sisteron, trouve son aboutissement au Sud, en rade de Marseille, à l'Estaque. La zone d'accident, probablement très complexe (avec flexures et panneaux diversement dénivelés) ne s'exprime plus aujourd'hui en surface par des ruptures franches. Mais on peut penser qu'avant l'Éocène

supérieur, le jeu de cet accident avait pu rejeter l'aire subsidente du côté ouest, tandis qu'à l'Est s'ouvrait au contraire une dépression dans le Crétacé supérieur fluvio-lacustre en voie d'érosion.

Cela peut rendre compte de la nette déviation vers le Nord-Est du chevauchement de l'Étoile. Sauf rejeu mineur, le paléoaccident est, dans la région marseillaise, masqué, soit par le Tertiaire, soit par le chevauchement de l'Étoile.

## GRANDS TRAVAUX

### Tunnel maritime du Rove

A l'époque de sa réalisation (1911 à 1926), cet ouvrage représentait une prouesse technique, surtout par son gabarit exceptionnel, 320 m<sup>2</sup>, six fois celui d'un tunnel ferroviaire à deux voies (22 m de largeur, 15,40 m de hauteur). Ce souterrain, long de 7,118 km permettait la circulation, dans les deux sens, de chalands de 8 m de large sur 75 m de long, capables de porter jusqu'à 1.500 tonnes.

Deux puits, l'un de 140 m, au Logis-Neuf, l'autre de 70 m, au Sud de Gignac, ont permis une reconnaissance partielle des terrains et l'aérage de la galerie. Les travaux ont rencontré des difficultés de tous ordres, liées au très mauvais état des terrains et à des venues d'eau karstique, dont les débits cumulés ont atteint près de 2 000 m<sup>3</sup>/h.

Au point de vue géologique, la coupe du souterrain (toujours partiellement observable au niveau de niches) met bien en évidence :

- la dislocation très accusée, au Sud du Logis-Neuf, des terrains déversés sur la série aptienne ;
- l'affaissement de l'Aptien du Logis-Neuf contre le flanc nord de la Nerthe ;
- l'absence de Trias à ce contact ;
- la relative homogénéité du flanc nord de la Nerthe qui a néanmoins subi d'importantes poussées et les a transmises au Gargasien.

Ce tunnel est resté en service jusqu'en 1963, année où se sont produits deux effondrements qui l'ont obturé sur 110 m de longueur. L'accident s'est produit à 600 m au Sud de Gignac, dans les marnes gargasiennes, dans une zone qui avait présenté de nombreuses difficultés lors du percement. Il s'est répercuté jusqu'en surface sous forme d'un entonnoir de 300 m de rayon.

La minceur du toit en ce point (moins de 40 m) et la mauvaise tenue des marnes gargasiennes n'expliquent qu'en partie cet effondrement. Aucune technique compatible avec une solution économique n'a pu être à ce jour mise au point en vue de la remise en service de l'ouvrage.

### Tunnel ferroviaire du Rove

La voie ferrée Paris—Marseille franchit par ce tunnel de 4,600 km de long la zone de contact Étoile—Nerthe à une distance se situant de 1,5 à 2 km à l'Est du tunnel maritime. La coupe géologique a révélé (d'après P. Matheron, 1864) une structure très voisine de celle observée en surface (l'ouvrage se situe à la cote + 50). On peut d'ailleurs toujours s'en assurer d'après les déblais remontés par les 24 puits d'aération matérialisant à l'extérieur l'axe du souterrain.

Le Trias n'a pas été recoupé ; la structure en écaille mise en évidence par le forage du Jas de Rhodes est ici annoncée par des failles et un anticlinal affectant l'Urgonien et l'Aptien de la tête nord. Cependant, l'écaille n'est pas encore manifeste ici, ce qui indique son rapide développement vers l'Est.

### Canal de Marseille

Entre le bassin de Réaltor et Saint-Antoine, le canal de Marseille traverse en souterrain sur près de 10 km la partie méridionale du bassin de l'Arc et le chevauchement de l'Étoile. On n'a que très peu de renseignements sur cet ouvrage réalisé entre 1838 et

1851. Mais le tunnel se maintenant en fait dans la partie épidermique des structures (à la cote +150 environ), on peut penser que sa coupe n'apporterait pas de renseignements fondamentaux.

### **Autoroutes**

Les autoroutes A7 et A55 ont permis de préciser la cartographie et la structure sur une transversale de l'Étoile et de la Nerthe, d'une part, et sur deux transversales dans le bassin de l'Arc et de l'étang de Berre, d'autre part.

Dans l'Étoile et la Nerthe, traversées en tranchées :

- discordance de l'Oligocène sur le Jurassique moyen, avec ravinement,
- contact de la base du chevauchement de l'Étoile (avec écailles de Lias et Trias) sur la Nerthe orientale renversée (écaillage multiple de la brèche bégudienne),
- contact de ravinement de cet brèche sur l'Aptien.

L'autoroute A 55 a également permis de préciser en de nombreux points le contact Nerthe—bassin de l'étang de Berre (surtout entre les Pennes-Mirabeau et Gignac) :

- replis frontaux et écailles de brèches liés au recouvrement de la Nerthe orientale,
- discordance de la brèche bégudienne sur le Gargasien,
- extension plus importante du Gargasien,
- mise en évidence du Bédoulien au Sud de Laure.

Le franchissement par cette autoroute de la passe de Caronte à Martigues a entraîné la construction d'un viaduc. De puissants moyens techniques ont dû être mis en œuvre, du fait d'une qualité médiocre des terrains de fondation, d'une part, et de la nécessité de respecter un gabarit de navigation de 45 m de haut, d'autre part.

Le viaduc, long de 874 m entre appuis, comprend un tablier central métallique s'élevant à 50 m au-dessus de la passe de Caronte et encadré par deux accès en béton précontraint. L'effort représenté par les 38.000 t de ce viaduc est supporté par 13 piles. Huit reposent par semelles superficielles sur le Bégudien lorsqu'il gît à faible profondeur (côté sud), cinq sur semelles et pieux, lorsque ce terrain s'enfonce sous des recouvrements récents pouvant atteindre 10 m d'épaisseur (côté nord). Le maximum de profondeur atteinte par les pieux est de — 18,50 NGF.

Le viaduc métallique est supporté par deux béquilles obliques reposant sur un massif d'ancrage de 22 m de long sur 3 à 10 m de large fondé à — 15 m NGF sur le Bégudien. Les accès en béton ont été mis en place par cintre autolanceur.

L'ouvrage est équipé de dispositifs anti-sismiques prévus pour des efforts latéraux et longitudinaux. Pour prévenir les efforts dus à un séisme longitudinal les tabliers en béton ont été rendus solidaires de leur culée de façon à ce qu'elle fixe les efforts lui faisant face. Pour éviter une transmission, sans dommage, de ces efforts au tablier métallique, 4 amortisseurs hydrauliques de 150t ont été disposés dans le joint à chacune de ses extrémités. (Renseignements sur le viaduc de Caronte, communiqués par le Ministère de l'Équipement)

## **RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS**

### ***HYDROGEOLOGIE***

Les dolomies et les calcaires jurassiques de la partie occidentale de la chaîne de l'Étoile et de la partie orientale de celle de la Nerthe constituent des appareils aquifères importants ; le premier est drainé en dehors des limites de la carte, vers la cote + 20 (eau douce), par la galerie d'exhaure vers la mer des venues d'eaux des mines de Gardanne, le second par le tunnel maritime du Rove à la cote 0 (eau chargée en Cl Na).

L'extrémité occidentale de la Nerthe (calcaires et dolomies de l'Hauterivien et de l'Urgonien) est caractérisée par un compartimentage hydraulique marqué, conséquence des complications tectoniques affectant la chaîne. Les sondages ayant rencontré les circulations existantes ont des niveaux hydrostatiques élevés et des débits médiocres et les quelques émergences existantes, de faible débit, sont voisines du niveau de la mer et sulfureuses (anse des Laurons près de la Couronne) ; l'une de ces émergences (anse d'Amette) est thermale (circulation sur les marnes aptiennes et réaction isothermique probable).

Au flanc sud du massif calcaire crétacé de la Fare existe l'importante source de Calissanne (600 l/s) mais la teneur élevée en Cl Na (plus de 600 mg/l) amène à penser que les eaux ont circulé au contact du Trias gypso-salin. D'autres émergences, dont certaines sont marines, existent à l'extrémité sud-ouest du massif au Sud de Saint-Chamas.

Au Nord de l'étang de Berre, les grès turoniens alimentent quelques sources de très faible débit (et de composition chimique voisine de celle de la Calissanne).

Les calcaires cénomaniens et santoniens de Martigues sont peu fissurés et les excavations effectuées sous le niveau de la mer pour le stockage du gaz ont été creusées sans que soient rencontrées de venues d'eau importantes à la traversée des brèches et poudingues bégudiens.

Les anciennes exploitations de lignite de Coudoux ont rencontré des venues d'eau dans l'alternance calcaires-marnes de Valdo-Fuvélien.

Sous son faciès de calcaires alternés de marnes, le Bégudien du massif de Berre ne nourrit que la petite source de Canourgue et le tunnel du Rove n'a rencontré que de faibles venues d'eau à la traversée des brèches et poudingues. Au Nord de Martigues dans l'alternance des poudingues et des marnes n'existe qu'une nappe superficielle suivant la topographie et qui est atteinte par quelques puits dans les vallons.

C'est le Bégudien à dominante marneuse qui constitue le substratum de l'étang de Berre. Le massif qui le domine à l'Est est constitué d'une alternance de calcaires et de marnes dans laquelle chaque ensemble calcaire constitue un système aquifère ayant ses exutoires. L'exutoire principal des calcaires de Rognac est la Font Marignane maintenant polluée par la zone industrielle : les calcaires de Vitrolles ne nourrissent que de petites émergences. Les calcaires du plateau d'Arbois, très karstifiés, sont drainés aux sources de l'Internet et de Sainte-Marthe ; le débit important (plus de 300 l/s pour la première) ne s'explique que par des pertes du canal de Marseille.

Les exploitations de gypse de Saint-Julien-les-Martigues ne rencontrent pratiquement aucune venue d'eau dans l'Oligocène. Les calcaires de l'Estaque sont aquifères, mais leurs surfaces d'affleurement sont faibles. Une nappe circule dans la zone d'altération des argiles des Milles, suivant la topographie ; elle est atteinte par de nombreux puits. Dans l'angle nord-est de la carte, de petites venues d'eau existent à la base des Sables des Figons. Les argiles du Stampien de Marseille sont pratiquement imperméables.

Les cailloutis de Crau et du delta de l'Arc constituent les appareils aquifères les plus importants. La nappe de Crau s'écroule du Nord vers les marais de Fos au Sud. Les perméabilités sont très élevées et les épaisseurs importantes (20 à 30 m) le long d'un sillon suivant la bordure orientale de la Crau. Des prélèvements importants s'effectuent dans ce secteur pour les régions de Fos et de Martigues.

Dans le delta de l'Arc, la nappe s'écoule suivant la pente topographique. Les épaisseurs peuvent dépasser 20 m, mais le matériel alluvial est plus hétérogène qu'en Crau. La nappe est sollicitée pour l'irrigation.

Dans les plaines de Marignane, circule également une nappe s'écoulant radialement vers l'étang mais l'épaisseur du matériel alluvial est faible (5 à 10 m) ; la nappe ne peut satisfaire les besoins de l'irrigation.

Finalement, malgré la grande extension des terrains perméables, alluvions et surtout calcaires, les ressources disponibles sont faibles (de l'ordre du m<sup>3</sup>/s) et le développement agricole et surtout industriel et urbain n'a pu se faire que par apports extérieurs (plus de 4000 m<sup>3</sup>/s) acheminés à partir de la Durance par le canal de Marseille.

## RESSOURCES MINÉRALES, MINES ET CARRIÈRES

Les substances utiles sont très variées sur l'étendue de la feuille et sont réparties en de nombreux secteurs.

cald. **Calcaires durs**. Les calcaires durs sont fournis par les formations jurassiques, crétacées et éocènes qui constituent des gisements de grande importance dans le chaînon de la Fare, le plateau de Vitrolles, les chaînons de la Nerthe et de l'Étoile.

Dans la Fare, à l'Est de Saint-Chamas et au Sud de Lançon ainsi qu'à l'Est vers Coudoux, ces calcaires sont très puissants et ont été exploités en de nombreuses carrières anciennement pour la pierre de taille et plus récemment pour les granulats, aux Pontails (à Coudoux).

Au Nord du vieux village de Vitrolles, les calcaires durs de l'Éocène ont fourni un calcaire marbrier (calm) dénommé rouge jaspé oriental ou rouge étrusque de Vitrolles qui fut recherché pour l'exportation vers l'Italie et le Japon. Cette exploitation sert actuellement à la préparation de granulats pour les carreaux de ciment dits granitos.

Les niveaux rognaciens de la Plantade, à Vitrolles également, ont produit des matériaux de remblai pour l'extension de l'aéroport de Marignane.

Dans la Nerthe, les formations calcaires constituent des gisements considérables depuis le Sud de Martigues jusqu'à Septèmes-les-Valons ; ils permettent la préparation de granulats à béton et entrent dans la fabrication des chaux industrielles et des ciments. Ces matériaux purs renferment de 98 à 99 % de carbonate de chaux et très peu d'impuretés (silice, alumine et fer à l'état de traces). Ils sont très durs : résistance : de 700 à 1 200 bars, coefficient Deval sec : 10 à 13 et humide : de 3 à 6. Coefficient Los Angelès : 18 à 24 ; densité : 2,5.

Plus à l'Ouest, à Septèmes-les-Vallons (chaînon de l'Étoile), ils sont également très étendus et puissants. Ils ont été employés en construction sous le nom de pierre de la Gorgue, à Marseille, pour le Palais Longchamp et la cathédrale (densité 2,7 et résistance de 1 300 kg/cm<sup>2</sup>).

Ces niveaux permettent également d'extraire des enrochements recherchés pour les travaux à la mer dans la carrière de la Nerthe, à l'Est de l'Estaque.

cal. **Calcaire**. Les calcaires tendres provenaient de nombreuses exploitations ouvertes dans les molasses miocènes de Saint-Chamas, d'Istres, de la Couronne et de Sausset. Leur densité est de 2 et leur résistance moyenne de 187 kg/cm<sup>2</sup> et ils furent employés comme pierre de taille à Marseille pour la construction de l'église des Réformés, du Palais de Justice et du Palais de la Bourse.

Les niveaux crayeux blancs du Crétacé inférieur de Calissanne (Est de Saint-Chamas) fournirent également des pierres sciées (densité : 2,2 ; résistance moyenne : 215 kg/cm<sup>2</sup>).

Des calcaires argileux pour ciment sont extraits du Jurassique moyen de la dépression de la Nerthe (usine nord de l'Estaque) et de Fabregoules, au Nord-Est de Septèmes (usine de la Malle) (teneur en CO<sub>3</sub>Ca : 65 à 78 %). Ils sont employés en mélange avec des argiles, des calcaires purs riches en CO<sub>3</sub>Ca, des pyrites et des spongolites pour la fabrication de liants hydrauliques de bonne qualité (ciments à la mer, etc.).

calm. **Calcaire marbrier**. Les brèches calcaires de l'extrémité est de la Nerthe, au Sud des Pennes-Mirabeau, fournirent des matériaux d'ornementation dénommés marbres des Cadeneaux ou de la Gavotte.

dol. **Dolomie**. Les dolomies de la chaîne de la Nerthe et de l'Étoile ont été extraites depuis des temps anciens pour la verrerie, la céramique et l'industrie réfractaire ; elles ne sont plus exploitées aujourd'hui qu'au Jas de Rhodes, à l'Ouest des Cadeneaux pour la verrerie (teneur en MgO : 20,8 à 21,5 et en CaO : 30 à 31 %).

sgr, grv. **Sables et graviers**. Les alluvions calcaréo-siliceuses de la plaine de l'Arc sont activement exploitées dans les secteurs de Berre l'Étang, de la Fare-les-Oliviers et de Coudoux. Elles constituent un gisement important par son extension et par son épaisseur qui atteint 3 à 4 m et parfois davantage vers l'Ouest (35 m). Elles sont constituées

de calcaire, de grès et de quartzite et leur granulométrie est très variable (0/30 mm) ; leur teneur en argile est parfois importante surtout vers Berre (équivalent de sable : 15 ; coefficient Deval sec : 14,6 ; humide : 7,1 et Los Angelès : 14 à 15). Ces alluvions sont utilisées soit comme tout-venant soit sous forme de granulats après lavage et criblage.

Dans la région de Rognac et de Velaux, les alluvions anciennes ont été considérablement exploitées comme tout-venant pour les travaux routiers et ceux de l'aéroport de Marignane, et le gisement est épuisé aujourd'hui.

Les éboulis et alluvions de Gignac-la-Nerthe, d'Ensuès-la-Redonne et de Châteauneuf-Martigues—la Mède, constitués de cailloutis, de graviers et de sable (calcaréo-siliceux) souvent mélangés à de fortes proportions d'argile, ont été exploités pour les tout-venants et les granulats et les gisements sont quasiment épuisés.

arg. Argile. Les argiles existent dans de nombreuses formations figurant sur la feuille Martigues. Elles ne sont plus actuellement exploitées qu'aux Milles (commune d'Aix-en-Provence) et à Saint-André, à Marseille, pour approvisionner des briqueteries-tuileries.

Aux Milles, elles renferment 16 à 21 % d'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 12 à 20 % de CaO et 3 à 9 % de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Les niveaux argileux inférieurs permettent de fabriquer des tuiles provençales de qualité très recherchée, tandis que les niveaux supérieurs mélangés à des argiles provenant de la carrière de Puylobier (feuille Aix-en-Provence) permettent de fabriquer des produits creux (briques, hourdis, planchers, etc.) de bonne résistance.

A Saint-André, où le gisement est important, les niveaux argileux sont très nombreux (violets, gris, rouges) mais séparés par des couches importantes de morts-terrains qui constituent une puissante découverte. Ces argiles renferment de 16 à 20 % de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et 12 à 20 % de CaO. Elles permettent la fabrication de tuiles romanes, de briques, de carreaux, etc. Ces argiles étaient exploitées autrefois dans un grand nombre de carrières de la périphérie nord de Marseille et les gisements en sont actuellement plus ou moins épuisés.

gyp. **Gypse.** Le gypse d'âge oligocène est exploité souterrainement dans le bassin de Saint-Pierre, au Sud de Martigues. Il s'agit là d'un gisement relativement important par son extension et sa puissance (60 m). Le gypse est blanc, saccharoïde, dur, avec, parfois, des parties cristallisées et sert à la fabrication du plâtre et du ciment.

sabs. **Sable siliceux.** Du sable fin blanc, siliceux, a été extrait en petites quantités, au Sud-Est de Saint-Chamas. Il a été employé essentiellement en fonderie pour le moulage et le noyautage.

**Lignite.** En ce qui concerne les substances minérales, il faut signaler que la présence de lignite dans la plaine de l'Arc a donné lieu à des travaux d'exploitation dans les concessions de Coudoux et de la Fare, la seule couche exploitable atteignant 1,20 à 1,50m en plusieurs niveaux séparés par des lits calcaires; le combustible était de médiocre qualité et très cendreuse.

Il est à signaler également que les concessions de Gardanne, exploitées plus à l'Est (feuille Aix), se terminent vers les Chabauds, au Nord-Est de Septèmes-les-Vallons, sur le territoire de la feuille Martigues.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

COUPES RÉSUMÉES DES PRINCIPAUX FORAGES

Numéro d'archive S.G.N.	Désignation	Coordonnées Lambert		Altitude	Profondeur totale	Formations traversées	Profondeur du sommet des formations
		X	Y				
1020-1-1	Saint-Chamas (S.11)	825,27	141,45	28,09	50,00	Colluvions Santonien—Coniacien	9,00
1020-1-2	Saint-Chamas (S.12)	824,27	141,02	34,90	51,20	Formations superficielles Santonien—Coniacien Turonien	0,80
1020-1-35	Le Bouscatier	820,43	142,90	34,00	60,00	Hauterivien	0
1020-2-10	Baumetanne (S.10)	827,80	142,55	26,41	58,00	Colluvions et alluvions Valdo-Fuvélien Santonien	12,60 42,80
1020-2-11	Lançon (S.13)	827,77	142,90	43,24	52,20	Colluvions Santonien—Coniacien Turonien Barrémien	1,00 37,70 43,25
1020-2-12	Lançon (S. 14)	828,85	143,05	50,00	67,50	Colluvions Valdo-Fuvélien Santonien—Coniacien Barrémien	5,80 15,50 55,00
1020-2-73	Jas d'Alisson	827,86	143,35	80,00	110,00	Barrémien	
1020-3-40	Rognac	833,85	136,20	15,00	569,20	Colluvions Bégudien	2,30
1020-3-74	Moulin du Pont	835,90	142,50	62,00	496,20	Alluvions de l'Arc Bégudien Fuvélien Valdonnien Santonien	8,50 85,50 380,00 466,00
1020-3-75	Ventabren	837,28	141,84	70,00	621,00	Alluvions de l'Arc Bégudien Fuvélien Valdonnien	9,00 345,00 585,00
1020-5-6	Le Pati	822,43	125,73	15,00	300,00	Quaternaire Coniacien Turonien Cénomannien Albien Gargasien	75,00 209,80 242,00 273,00
1020-5-12	Martigues (S.5)	819,23	125,98	-0,20	51,60	Quaternaire (vase et sables) Bégudien Santonien	11,30 51,10
1020-6-1	Marignane (S.2)	831,45	126,1	5,00	62,00	Colluvions Bégudien Albien	0,60 39,50
1020-7-2	Puits Sainte-Maxime	835,36	125,22	67,80	67,50	Clansayésien	
1020-7-3	Gignac-Est	835,26	125,36	65,00	73,50	Clansayésien	
1020-7-21	Z.I. Vitrolles	835,08	130,45	64,00	65,00	Rognacien supérieur	
1020-7-27	Pennes—Mirabeau	838,56	127,86	110,00	75,70	Rognacien supérieur	
1020-7-40	Lami	839,36	124,71	195,00	337,40	Bathonien—Bajocien	
1020-7-42	Font-Marignane 2	835,92	128,85	39,57	67,25	Rognacien inférieur	
1020-7-47	Tunnel des Pennes- Mirabeau	838,68	127,70	95,00	67,50	Rognacien inférieur	

Numéro d'archivage S.G.N.	Désignation	Coordonnées Lambert		Altitude	Profondeur totale	Formations traversées	Profondeur du sommet des formations
		X	Y				
1020-7-48	Jas de Rhodes	840,50	125,21	235,00	995,00	Dogger-Lias-Trias Jurassique supérieur Crétacé inférieur Crétacé supérieur	500 650 965
1020-7-114	Vitrolles	836,19	129,45	42,80	56,80	Rognacien supérieur	
1020-8-26	Les Bastidonnnes (SC1)	847,56	128,56	302,00	50,00	Valanginien	
1020-8-27	Perroquet (S.12)	847,28	127,77	274,00	280,50	Brèche des Cadenaux (Bégudien)	
1020-8-28	Les Bastidonnnes (S.15)	847,78	128,31	264,00	121,90 (inclinaison 35° Nord)	Dogger	
1020-8-30	Barnouin	841,14	128,23	168,00	67,00	Thanétien Montien	52,00
1020-8-32	Les Pennes-Mirabeau	842,06	129,42	225,00	208,00	Montien Rognacien	62,00
1043-1- 1	Patrières (S.12)	819,32	122,52	22,00	244,70	Colluvions Oligocène inférieur	1,05
1043-1- 5	Patrières (S.15bis)	819,32	122,56	31,00	229,00	Oligocène inférieur	
1043-1-11	Martigues (S.A2)	820,91	122,26	49,00	75,00	Oligocène inférieur	
1043-1-17	Sausset (S.S1)	823,43	119,36	7,50	50,00	Hauteurivien	
1043-1-18	La Couronne 1	820,61	119,82	30,28	66,66		
1043-1-19	La Couronne 2	819,88	119,34	13,55	54,00		
1043-1-22	Quartier de Lavaux-S 8	821,23	122,17	50,00	101,00	Oligocène inférieur	
1043-1-25	Quartier de Tabouret S 10	822,50	122,02	65,00	70,00	Oligocène inférieur	
1043-1-27	La Folie-C.F.P.	824,07	120,45	21,70	975,50	Portlandien-Kimmérid. Albo-Aptien Turonien Albo-Aptien	633 696 713
1043-2- 2	Cay 1	828,57	119,50	24,25	60,85	Barrémien-Albien	
1043-3-22	Le Cellier - RO 101	835,83	122,71	154,00	547,80	Aptien	
1043-3-23	Ciments Lafarge	839,70	124,00	230,00	175,40	Kimméridgien	
1043-4-10	Saint-Mauron	846,28	117,78	12,00	871,85	Oligocène	
1043-3-15	Usine à gaz d'Arenc-S1	846,49	118,17	13,42	150,00	Oligocène	
1043-4-63	Puits des Pins à Saint-Joseph	846,40	120,90	84,36	82,25	Oligocène	
1043-4-70	Brasserie Zénith	846,90	120,64	78,00	102,00	Oligocène	
1043-4-376	Tante Rose S 2	842,70	123,67	235,00	245,00	Portlandien inférieur Kimméridgien dolomitiques	

BIBLIOGRAPHIE

**Géologie continentale**

- ANGLADA R. (1972) - Interprétation paléogéologique (de l'Aquitainien de Carry-le-Rouet). Vème congrès int. Néogène médit. *Bull. B.R.G.M.*, 2ème sér., p. 125-127.
- ANGLADA R., ARNAUD M., CATZIGRAS F., COLOMB A., DELCOURT A. et FERRANDINI M. (1974) — Étude stratigraphique et sédimentologique de l'Aquitainien de la calanque du Petit Nid (Sausset, B.-D.-R., France). Découverte d'un squelette d'*Halitherium* Kaup. *Géologie méditerranéenne*, Marseille, t. I, n° 1, p. 1-8.
- ARLHAC P. et NURY D. (1973) - Données nouvelles sur l'origine et la mise en place de l'Argile des Milles, dans la région d'Aix-en-Provence (B.-D.-R.). *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 276, p. 2143-2146.
- AUBOUIN J. (1974) - La Provence. *In* Géologie de la France, vol. 2, p. 346-386, Doin, Paris.
- AUBOUIN J. et MENNESSIER G. (1963) - Essai sur la structure de la Provence. *In* Livre à la mémoire du Pr. P. FALLLOT, t. II, p. 45—98, *Mém. Hors série Soc. géol. Fr.*
- BARBOT D. (1961) — Étude stratigraphique et sédimentologique de la colline de Ventabren (B.-du-R.). D.E.S., Marseille.
- BERTRAND M. (1899) — La grande nappe de recouvrement de la Basse-Provence. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. X, n° 68, p. 397-462.
- BLANC C. et JULLIEN R. (1976) - Découverte d'un volumineux tronc d'arbre dans le Stampien du bassin de Marseille. *Bull. Mus. Hist. nat.*, Marseille, t. 36, p. 47-50.
- BLANC J.-J., FROGET C. et GUIEU G. (1967) - Géologie littorale et sous-marine dans la région de Marseille. Relations avec les structures de basse Provence. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), IX, p. 561-571.
- BLANC J.-J. (1953) — La sédimentation de lac oligocène de Saint-André (Marseille). *Bull. Mus. Hist. nat.*, Marseille, t. 13, p. 1—19.
- BONIFAY E. (1962) — Recherches sur les terrains quaternaires dans le Sud-Est de la France. Ed. Inst. Préhistoire Univ. Bordeaux, 244 p.
- CATZIGRAS F. (1943) - L'Aquitainien marin de Carry-le-Rouet. Thèse, Marseille, *Ann. Fac. Sci. Marseille*, t. XVII.
- CATZIGRAS F. (1953) - Le bassin d'effondrement de Saint-Julien et de Saint-Pierres-Martigues dans la chaîne de la Nerthe. *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Marseille*, t. IV, p. 43-59.
- CATZIGRAS F. (1972) - Contribution à l'étude de l'Aquitainien. La coupe de Carry-le-Rouet (Bouches-du-Rhône). V° Cong. int. Néogène médit., *Bull. B.R.G.M.*, 2° série, p. 1-11 et 19-27.

- CHAMLEY H., COLOMB E. et ROUX M. R. (1969) - Les minéraux argileux du bassin versant de la Touloubre (B.-D.-R.). *Bull. Mus. Hist. nat*, Marseille, t. 29, p. 117-127.
- CHAMLEY H., DURAND J.P. et ROUX M.R. (1971) - Les minéraux argileux du bassin de l'Arc (B.-D.-R.). *Bull. Mus. Hist. nat*, Marseille, t. 31, p. 105-113.
- CHÂTEAUNEUF J.-J. (1977) - Étude palynologique de l'Oligocène du bassin de Marseille. *Géologie méditerranéenne*, Marseille, t. IV, n° 1, p. 37—46.
- COLLOT L. (1882) — Histoire quaternaire et moderne de l'étang de Berre. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3 série, t. X, p. 333-340.
- CORNET C. (1961) — Histoire géologique de la chaîne de la Nerthe depuis l'Oligocène. *Rev. Géogr. phys. Géol. dynam.*, vol. 4, fasc. 2, p. 115—120.
- CORNET C. (1965) — Évolution tectonique et morphologique de la Provence depuis l'Oligocène. *Mém. Soc. géol. Fr.*, n.s. t. XLIV.
- DENIZOT G. (1934) - Sur la tectonique de la Nerthe et de l'Étoile. *C.R. Acad. Sci.*, t. 200, p. 1961-1963.
- DUBAR M. et ROUSSET C. (1976) - Formations de pentes et limons, en Provence. *Préhistoire française*, C.N.R.S. édit., t. I.
- DURAND J.P. (1977) — Les lignites fuvéliens de Provence. *Rev. Industrie minérale*, suppl. Mine, n° 2, p. 101-110.
- DURAND J.P., ACQUAVIVA M. et GIROUD D'ARGOUD G. (1974) - Sur les minéraux argileux du Paléocène du synclinal de l'Arc (région d'Aix-en-Provence). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 279, p. 1849-1852.
- FERRANDINI J. (1976) - Géologie et géotechnique du chaînon de la Fare (B.-D.-R.), France). Thèse doct. spécialité, univ. de Provence, Marseille.
- FROGET C, GUIEU G. et ROUX M. (1966) - Étude tectonique de la région sud de la Nerthe. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), 8, p. 264-267.
- GOUVERNET C, GUIEU G. et ROUSSET C. (1971) - Provence. Coll. Guides géol. régionaux, Masson édit. (2ème éd. à par. 1978).
- GUIEU G. (1959) — Le Crétacé inférieur de la région de la Mède à l'extrémité occidentale du chaînon de la Nerthe. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 100—101.
- GUIEU G. (1964) — La structure de l'extrémité occidentale de la chaîne de l'Étoile, au Nord de Marseille. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7<sup>es</sup>, t. VI, p. 412-418.
- GUIEU G. (1968) — Étude tectonique de la région de Marseille. Thèse doct. Sci. nat., Aix—Marseille, Arch. Centre Document. C.N.R.S., n° 2583.
- GUIEU G. (1973) - L'évolution tectonique de la chaîne de la Nerthe, au Nord-Ouest de Marseille. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 276, p. 13-16.

- GUIEU G. (1977) — La tectonique du bassin de Marseille à l'Oligocène. *Géologie méditerranéenne*, Marseille, t. IV, n° 1, p. 9—24.
- GUIEU G. et PHILIP J. (1972) — Sur les relations tectoniques entre les massifs de la Nerthe et de l'Étoile dans le secteur du vallon de Graffianne, au NW de Marseille. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 274, p. 999-1002.
- GUITTON C. (1964) — Étude stratigraphique et tectonique du secteur de Sènières, entre le chaînon de la Nerthe et le chaînon de l'Étoile. D.E.S., Marseille.
- HUMBERT S. (1962) - La dépression d'Ensuès (Bouches-du-Rhône) et ses environs. Détails de structure. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7<sup>o</sup>s., t. IV, p. 559-564.
- LEMOINE M. (1968) — Les Algues Floridées calcaires du Crétacé du Sud de la France. *Arch. Mus. nation. Hist. nat.*, 7<sup>ème</sup> sér., t. X, 240 p., 15 pl., 4t.
- LUCAS G. (1970) — Formations construites. Essai de classification et d'interprétation. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 270, série D, p. 1317-1420.
- LUTAUD L. (1957) — La tectogénèse et l'évolution structurale de la Provence. *Rev. Géogr. phys. Géol. dynam.*, n.s., t. I, p. 102—103.
- MASSE J.P. (1976) — Les calcaires urgoniens de Provence—Valanginien—Aptien inférieur. Thèse État, université Aix—Marseille II, 3 vol.
- MASSE J.P. et PHILIP J. (1976) - Paléogéographie et tectonique du Crétacé moyen en Provence. Révision du concept d'Isthme durancien. *Rev. Géogr. phys. Géol. dynam.*, vol. XVIII, fasc. 1, p. 49-66.
- NIVIÈRE (1959) — Étude stratigraphique et sédimentologique du calcaire de Rognac. D.E.S., Marseille.
- NURY D. (1970) — Données nouvelles sur le bassin de Saint-Pierre-les-Martigues. Paléobiologie continentale, Montpellier.
- NURY D. (1972) - Sur l'évolution tertiaire de la chaîne de la Nerthe (Bouches-du-Rhône). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 267, p. 1489-1491.
- NURY D. (1977) — Le bassin oligocène de Marseille ; stratigraphie, évolution paléogéographique. *Géologie méditerranéenne*, Marseille, t.IV, n° 1.
- NURY D., REY R. et ROUX M.M. (1971) - Le problème de la limite Oligocène-Miocène dans les séries détritiques du Rouet (B.-D.-R.). Verne congrès int. Néogène Médit., *Mém. B.R.G.M.*, t. 2, n° 78.
- PERINET G. (1977) — Sur la minéralogie des argiles de Saint-André, Marseille. *Géologie méditerranéenne*, Marseille, t. IV, n° 1, p. 47—54.
- ROUSSET C. (1968) - Contribution à l'étude des karsts du Sud-Est de la France ; altérations morphologiques et minérales. Thèse, Marseille, 533 p.
- ROUSSET C. (1978) - La faille d'Aix-en-Provence et son importance régionale. *C.R. Acad. Sc.*, Paris.

- SITTLER C. (1968) — Le Paléogène des fossés rhénan et rhodanien. Études sédimentologiques et paléoclimatiques. Thèse, Strasbourg, *Mém. Serv. Carte géol. A/s. Lorr.*, X. 24, 392 p.
- VASSEUR G. (1894) — Compte-rendu d'excursions géologiques aux Martigues et à l'Estaque (Bouches-du-Rhône). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3<sup>e</sup>s., t. XXII, p. 413-444.
- Vème congrès du Néogène méditerranéen (1972) — Vol. III : Contribution à l'étude de l'Aquitainien. La coupe de Carry-le-Rouet (B.-D.-R., France). *Bull. B.R.G.M.* 2ème série, n° 4, 135 p., 17 pl. et dépl. h.t.

### Géologie marine

- AMBERT P. (1973) — Recherches sur le Quaternaire « marin » de l'étang de Berre. *Bull. A.E.F.Q.*, 4, P. 255-266.
- BELLAM G. et STORA G. (1976) - Effets et conséquences d'un apport artificiel d'eau douce sur les peuplements benthiques d'un étang marin. 3èmes journées Études Pollutions Split, C.I.E.S.M., p. 147-152.
- BLANC J.J. (1975) — Recherches de sédimentologie appliquée au littoral rocheux de la Provence, aménagement et protection. Centre nat. exploit. océans, 164 p.
- BLANC J.J. (1975) — Recherches sur les gîtes de sables et d'agrégats sur la marge continentale de la Provence. *Bull. Soc. géol.*, 7ème série, 27 (4), p. 521—528.
- BLANC J.J. et JEUDY de GRISSAC A. (1978) - Recherches de géologie sédimentaire sur les herbiers à Posidonies du littoral de la Provence. Centre nat. exploit. océans, 185 p.
- BONIIFAY E. (1962) — Recherches sur les terrains quaternaires dans le Sud-Est de la France. Thèse, Publ. Inst. Préhist. univ. Bordeaux, mém. n° 2, 194 p.
- CHAMLEY H., COLOMB E. et ROUX R.M. (1969) - Les minéraux argileux du bassin versant de la Touloubre. *Bull. Mus. Hist. nat.*, Marseille, 39, p. 117—127.
- CHAMLEY H., DURAND J.P. et ROUX R.M. (1971) - Les minéraux argileux du bassin versant de l'Arc. *Bull. Mus. Hist. nat.*, Marseille, t. 31 ou XXXI, p. 105-113.
- CHEVALIER A. (1916) - L'étang de Berre. *Ann. Inst. Océanogr.*, t. VII (4), 90 p.
- COLOMB E., GERVAIS J. et ROUX R.M. (1970) - Géomorphologie du cours aval de la Touloubre. *Ann. fac. sciences. Marseille.*, t. XLIII B, p. 259—269.
- COUPRIE P. et ESCUDIER P. (1964) - Le nouveau pont de Martigues. Travaux (organe de technique fr. travaux publics et ciment armé), n° 350, p. 33—42.
- DELESSE M. (1871) — Lithologie des mers de France. I vol., Lib. scientifique, Paris, 479 p., 104 p., tableaux.
- DENIZOT G. (1936) — Note sur les sondages de Port-de-Bouc et sur la géologie de l'étang de Caronte. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (5), VI, p. 459-472.

- DENIZOT G. (1939) - La Crau, la Camargue et l'étang de Berre, étude géologique, 1ère part. *Trav. Lab. géol. fac. sc. Marseille*, t. 2, p. 5—161.
- DENIZOT G. (1942) - Bassin de Fuveau et de l'Arc. Feuilles d'Aix et Martigues au 50 000e. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. XLIII, n° 211, p. 137-145.
- DENIZOT G. (1951) — Les anciens rivages de la Méditerranée française. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, n° 992, 56 p.
- DENIZOT G. (1960) - Feuille de Martigues au 50 000e. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t. LVII, n° 264, p. 225-232.
- GABERT P. (1965) — Les phénomènes périglaciaires et néotectoniques dans la région de l'étang de Berre. C.R. 9ème Congrès Soc. sav., (2), p. 75—88.
- GOURRET P. (1907) — Topographie zoologique des étangs de Garoute, de Labillon, de Berre, de Bolmon. *Ann. Mus. Hist. nat.*, Marseille, XI.
- GOVERNET C. (1959) — Étude des ressources en eau de la basse vallée de l'Arc. Rapport B.R.G.M., 13 p., (non publié).
- GOVERNET C. (1960) - Évolution géologique des relations Bas-Rhône-Basse-Durance pendant les temps pliocènes et quaternaires. *Ann. fac. sc. Marseille*, XXIX, p. 273-279.
- KORRINGA P. et LAMBERT L. (1951) - Quelques observations sur la fréquence de *Mytilicola intestinalis* dans les moules du littoral méditerranéen français. *Rev. trav. Off. sci. techn. pêches mar.*, XVII (2), p. 15-29.
- LEENHARDT O. et ROUX R.M. (1967) - Morphologie du substratum de l'étang de Berre. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 9 (7), p. 88-92.
- MARS P. (1948) — Note sur les sédiments quaternaires de l'étang de Berre et leur faune malacologique. *Bull. Mus. Hist. nat.*, Marseille, VIII (2/3), p. 94-100.
- MARS P. (1966) — Recherches sur quelques étangs du littoral méditerranéen français. Thèse suppl. n° 20 à « *Vie et Milieu* », Laborat. Arago, Banyul-sur-Mer, Masson et cie, 1 vol., 369 p.
- MINAS M. (1973) — Sur la synthèse et la dégradation de la matière organique dans l'écosystème de l'étang de Berre, dynamique et bilans. Rapports avec le régime hydrologique. Thèse Etat université Aix—Marseille III, 339 p.
- PICARD J. (1965) — Recherches qualitatives sur les biocoenoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. Thèse, Marseille, 160 p.
- ROUX R.M. (1964) — Les sédiments de l'étang de Berre. *Rec. trav. stat. mar. Endoume*, bull. 35, fasc. 51, p. 275-285.
- ROUX R.M. (1965) — Les minéraux argileux de l'étang de Berre. *Ann. fac. sc. Marseille*, t. XXXVII, p. 211-219.

## Cartes géologiques

### Carte géologique à 1/50 000

Feuille Martigues : 1ère édition (1963), par L. Lutaud et G. Denizot.

### Cartes géologiques à 1/80 000

Feuille Arles—Cap Couronne :

—1ère édition (1889), par F. Fontannes et L. Carez ;

—2ème édition (1940), par L. Lutaud, C. Combaluzier, G. Denizot, J. Goguel et de Brun ;

—3ème édition (1969), coordination par A. Bonnet et J. Rouire.

Feuille Aix :

—1ère édition (1889), par Collot et Jacquot ;

—2ème édition (1950), par C. Combaluzier, G. Corroy, G. Denizot, J. Goguel, A. Lanquine, A.-F. de Lapparent et L. Lutaud ;

—3ème édition (1967), par C. Gouvernet et *al.*, coordination par J. Rouire.

Feuille Marseille :

—1ère édition (1890), par M. Bertrand et Ch. Depéret ;

—2ème édition (1935), par E. Haug, L. Lutaud, A. Lanquine, J. Pfender, E. Maury et G. Denizot ;

—3ème édition (1967) par C. Gouvernet et *al.*, coordination par J. Rouire.

## SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES

On trouvera des renseignements géologiques et des itinéraires concernant la région dans le *Guide géologique régional* : Provence, par C. Gouvernet, G. Guieu et C. Rousset (1ère édition, 1971 ; 2ème édition, 1978), Masson et cie, éditeurs :

—*itinéraire I* : Tour de l'étang de Berre ;

—*itinéraire III* : De Marseille à Salon par la Nerthe et la basse Crau.

## DOCUMENTS CONSUL TABLES

La Banque des données du sous-sol du B.R.G.M. détient l'inventaire des sondages et autres travaux souterrains exécutés dans le périmètre de la feuille et archive régulièrement les nouveaux travaux. Les documents peuvent être consultés soit au S.G.R. Provence—Corse, Domaine de Luminy, route Léon Lachamp, 13009 Marseille, soit au B.R.G.M., 6-8 rue Chasseloup-Laubat, 75015 Paris.

## AUTEURS DE LA NOTICE

La notice de la feuille Martigues—Marseille a été rédigée

• **pour la partie terrestre**, par :

R. ANGLADA (terrains miocènes)

P. ARLHAC (terrains oligocènes)

F. CATZIGRAS (terrains miocènes)

E. COLOMB (terrains miocènes)

L. DAMIANI (ressources minérales, mines et carrières)

J.P. DURAND (terrains lacustres du Crétacé supérieur et de l'Éocène)

G. DUROZOY (hydrogéologie)

G. GUIEU (aperçu géographique, paléogéographie, évolution tectonique, terrains triasiques, jurassiques, crétacés et oligocènes, grands travaux, rédaction générale).

J.P. MASSE (terrains néocomiens, barrémiens et bédouliens)

D. NURY (terrains oligocènes)

J. PHILIP (terrains marins du Crétacé supérieur)  
J. ROUIRE (forages et rédaction générale)  
C. ROUSSET (terrains quaternaires)  
R.M. ROUX (terrains bégudiens et quaternaire marin)

• *pour la partie marine*, par :

J.J. BLANC (zone littorale)  
R.M. ROUX (étang de Berre)

**Travaux de laboratoire**

Centre scientifique de Monaco (datations  $^{14}\text{C}$ )  
Service des Ponts-et-Chaussées (communication de documents)  
L. BLANC-VERNET (Foraminifères)  
H. TRIAT (analyse pollinique)  
J. PICARD (macrofaunes marines).