

histoire et

N° 50 / FEVRIER 81 / 20 F

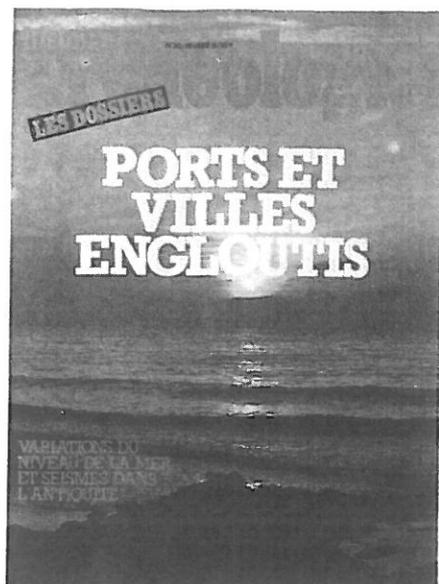
archeologie

LES DOSSIERS

PORTS ET VILLES ENGLOUTIS

VARIATIONS DU
NIVEAU DE LA MER
ET SEISMES DANS
L'ANTIQUITE

SOMMAIRE



La Méditerranée au Cap Couronne (Bouches-du-Rhône) Photo Henri Simoulin.

De l'archéologie antique et la tectonique des plaques 7

Les archéologues observent dans leurs fouilles côtières la trace de phénomènes liés à la dérive des continents ou tectonique des plaques : soulèvement ou effondrement des sols, montée ou descente du niveau de la mer.

J. Le Gall

Les variations du niveau de la mer depuis l'antiquité à Marseille et à la Couronne 8

Les recherches récentes révèlent une légère submersion par les eaux dans le port antique de Marseille et près du Cap Couronne.

R. Guéry, P. Pirazzoli, P. Troussset

En Italie, les viviers romains de la côte tyrrhénienne et la montée du niveau des eaux 28

L'étude archéologique des viviers romains fournit de précieuses indications pour déterminer le niveau exact de la mer tyrrhénienne dans l'antiquité.

G. Schmiedt

Les bouches du Tibre et le port de Rome 46

L'avant-port de Rome, Ostie, vit rapidement son trafic s'accroître dès la fin du III^e s. av. J.-C. Ce fut l'empereur Claude qui entreprit au milieu du I^{er} s. ap. J.-C. la construction d'un véritable port continuée par Néron et amplifiée par Trajan. Les fouilles archéologiques en cours semblent déceler des phases successives de montée et de descente des eaux bien visibles à Ostie.

J. Le Gall

Sur les côtes de Tunisie, la montée des eaux depuis 2 000 ans 52

De nombreux vestiges de constructions antiques sont aujourd'hui atteints ou partiellement submergés par la mer sur les côtes tunisiennes : les variations du niveau de la mer se compliquent ici de phénomènes de soulèvements de terrain.

R. Paskoff, P. Troussset, R. Dalongeville

Les côtes de Cyrénaïque à l'époque historique 60

Variations propres du niveau de la Méditerranée, mouvements tectoniques locaux, séismes, ont affecté de façons diverses le littoral de la Libye actuelle.

A. Laronde

Archéologie des côtes de la Crète 56

L'escarpement des côtes et l'importance des mouvements tectoniques qui ont soulevé certains ports de la Crète antique et en ont submergé d'autres, rendent difficile l'étude des nombreux abris côtiers qui firent la fortune de l'empire minoen.

N.-C. Flemming, P. Pirazzoli

L'engloutissement d'Héliké en Grèce 82

La vieille ville mycénienne d'Héliké disparut à tout jamais sous les flots en l'année 372 av. J.-C. Les archéologues n'ont pas perdu l'espoir de retrouver un jour les vestiges de sa puissante forteresse décrite par les auteurs anciens.

J. Dumont

HISTOIRE DE LA MEDITERRANEE

C'est autour de la Méditerranée que se développèrent et s'épanouirent les civilisations de l'Antiquité classique grecque et romaine. Les plus vieilles civilisations des rivages méditerranéens, les civilisations mésopotamienne et égyptienne, n'étaient pas tournées vers la mer. Ce n'est qu'à partir du III^e millénaire avant notre ère que les peuples marins de Phénicie et du monde égéen commencent à explorer la Méditerranée. Au I^{er} millénaire la Méditerranée est le centre du monde antique grâce aux Phéniciens, aux Carthaginois et surtout grâce aux Grecs.

● **A partir de 2700 av. notre ère : épanouissement de la civilisation minoenne en Crète**, puissant empire maritime qui atteint son apogée au milieu du II^e millénaire avec pour capitale Cnossos.

● **Au III^e millénaire, les cités phéniciennes**, Ougarit, Byblos, Tyr, Sidon, se livrent au commerce maritime et servent de courtiers aux grandes puissances, Egypte et Mésopotamie.

● **Vers 1400 av. notre ère, invasions achéennes en Méditerranée** : des envahisseurs indo-européens, les Achéens, venus de Mycènes brûlent Cnossos et prennent le relais de l'activité maritime crétoise en Méditerranée. On trouve des établissements achéens sur les côtes

de Crète, à Rhodes, à Chypre, sur les côtes d'Asie mineure et jusqu'en Sicile et en Italie du Sud.

● **Vers 1200 av. J.-C. invasions des Peuples de la Mer en Méditerranée**. On connaît mal l'origine de ces tribus nomades parties vraisemblablement des Balkans. Les Phéniciens reprennent cependant la suprématie en Méditerranée dès 1000 av. J.-C. et fondent Carthage.

● **A partir de 800 av. J.-C. expansion des colons et marins grecs en Méditerranée** : fondation de la première colonie grecque en Italie du Sud à Ischia vers 775 av. J.-C. sur la côte tyrrhénienne, aux limites du monde étrusque. A la même époque les Eubéens s'implantent en Syrie aux bouches de l'Oronte et au nord de l'Égée.

● **Du milieu du VII^e s. au V^e s. av. J.-C.** vaste implantation grecque en Méditerranée : fondation de comptoirs commerciaux en Mer Noire, fondation de Marseille par les Phocéens, contrôle de Naucratis en Egypte.

● **Du V^e au II^e s. av. J.-C. les Grecs maîtres de la Méditerranée** La Grèce triomphe en Méditerranée des puissances rivales, Perses, Carthaginois, Etrusques. Apogée de la puissance maritime d'Athènes qui domine la mer Égée, contrôle les détroits et la Mer Noire. Avec les conquêtes d'Alexandre le

Grand, la domination grecque en Méditerranée s'étend à l'Égypte et à toute l'Asie mineure au III^e siècle.

● **A partir du III^e s. av. J.-C. conquête romaine en Méditerranée**. Rome triomphe de Carthage en 146 av. J.-C. et prend le contrôle ensuite de la Macédoine, patrie d'Alexandre le Grand, et

supplante alors les Grecs en Méditerranée orientale. L'Égée devient un lac romain.

● **Du I^{er} s. av. J.-C. au IV^e s. ap. J.-C. hégémonie de Rome en Méditerranée**. Tout le trafic commercial méditerranéen est contrôlé par Rome jusqu'aux invasions barbares qui mettent fin à l'empire romain.

LA TECTONIQUE DES PLAQUES

La tectonique est la science des déformations de l'écorce terrestre, elle est parfois appelée **géologie structurale**. On distingue la **microtectonique** qui traite de déformations encore visibles à l'œil nu, la **microtectonique** qui exige l'utilisation du microscope, la **macrotectonique** qui étudie les déformations sur une échelle allant du kilomètre au millier de kilomètres et la **mégatectonique** qui concerne les rapports à très grande échelle, de continent à continent et de continent à océan, souvent appelée **géotectonique**.

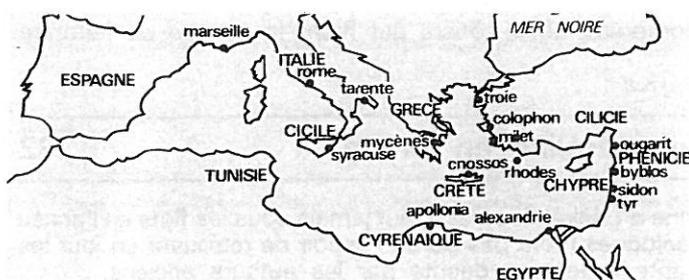
La mégatectonique traite donc de la mobilité continentale, rapprochant les continents pour donner naissance à des chaînes de montagnes ou les dispersant pour donner naissance à certains types d'océans. La théorie la plus récente, admise actuellement par la plupart des savants, pour expliquer ces phénomènes est la **théorie des plaques** ou **tectonique des plaques**. Selon cette théorie, les continents (la croûte continentale) sont comparables à des bateaux pris dans les glaces (la croûte océanique et le manteau supérieur de l'écorce terrestre) et dérivant avec elles.

Pour bien comprendre cette dérive des continents il faut savoir que la Terre est composée d'un noyau central fluide, entouré d'un manteau d'une épaisseur de

2 890 km allant du noyau à la base de l'écorce terrestre, lui-même entouré d'une écorce ou croûte terrestre de 10 à 40 km d'épaisseur qui est le siège des phénomènes géologiques.

L'écorce terrestre est formée d'une croûte continentale et d'une croûte océanique. La différence entre continents et océans vient du fait qu'au niveau des continents les deux croûtes sont superposées (environ 17 et 13 km d'épaisseur soit 30 km au total) tandis qu'au niveau des océans seule la croûte océanique amincie (5 km en moyenne) est représentée. Dans la théorie des plaques on fait appel aux notions de lithosphère et d'asthénosphère pour expliquer les transformations de l'écorce terrestre : la lithosphère est la partie supérieure solide de l'ensemble croûte terrestre-manteau ; l'asthénosphère est constituée par les parties profondes visqueuses du manteau supérieur.

La lithosphère ainsi définie est divisée en un certain nombre de « plaques » élémentaires s'éloignant les unes des autres au niveau des rifts médio-océaniques où se crée la croûte océanique, plongeant l'une sous l'autre au niveau des bordures océaniques de type pacifique où les plaques se consomment dans les parties visqueuses du manteau supérieur.



DE L'ARCHEOLOGIE ANTIQUE ET LA TECTONIQUE DES PLAQUES

Aux époques historiques, l'homme n'a jamais cessé d'acclimater de nouveaux végétaux et de nouveaux animaux, parfois aussi d'en faire disparaître dans les pays méditerranéens qui ont souvent aujourd'hui des aspects et des ressources bien différents de ceux d'autrefois, ce qui n'y diminue pas l'importance des permanences qui y sont tout aussi frappantes, mais qu'en est-il de la terre elle-même, du climat, de la mer ? Ont-ils changé sensiblement en un si petit nombre de siècles ? Il y a bien peu de temps encore, on eût généralement répondu par un scepticisme un peu narquois, tout au plus eût-on admis que la mer avait déposé des alluvions ou rongé un cap de-ci de-là, mais c'était bien à cause de la digue d'Alexandre que Tyr avait cessé d'être une ville insulaire ? Alors...

Depuis quelques années cette attitude négative est battue en brèche et tend à disparaître. Les climatologues ont constaté que les années ne se ressemblent pas toujours, les historiens des temps modernes et du moyen âge, qui disposent d'archives abondantes fournissant des données sur les rendements des récoltes, ont remonté de siècle en siècle en décelant des faits analogues, si bien qu'il est devenu courant de parler, par exemple, du « petit âge glaciaire de la fin du XVII^e s. » : l'antiquité ne dispose pas d'archives aussi riches, mais il est tout de même remarquable qu'Horace se soit moqué des dévotés de son temps qui croyaient accomplir un acte méritoire aux yeux des dieux en allant se baigner dans le Tibre en plein hiver et qui devaient pour cela briser la pellicule de glace qui frangeait les rives du fleuve à Rome !

Tout récemment des géographes ont ouvert des avenues plus larges en consacrant un colloque à « l'évolution des paysages sur la rive nord-méditerranéenne depuis les dernières glaciations ». Mieux encore, l'évolution récente du niveau de la mer fait l'objet d'une grande enquête sous l'égide de l'Unesco dans le cadre de son « Programme international de corrélation géologique » dont le « Projet 61 » concerne « Les niveaux de la mer au cours de l'Holocène », c'est-à-dire des 15 000 dernières années, et l'un des principaux moteurs de cette recherche est le groupe français « Nivmer » qui réunit des géographes et des géologues mais aussi des archéologues et des historiens.

Autrefois, ceux qui se souciaient tout de même de l'évolution du niveau de la mer se plaçaient dans le cadre de la chronologie préhistorique en raison de l'influence considérable qu'ont eue sur lui les grandes glaciations quaternaires, et cherchaient à établir une courbe de ses variations valable à la fois pour tous les points du globe, mais les courbes qu'ils proposaient étaient diverses, ce qui entraînait des polémiques sans fin et renforçait les sceptiques dans leurs convictions ; il y avait bien des faits qu'il était impossible de nier, mais on les expliquait par des phénomènes locaux, par exemple des « tassements alluviaux », qui se produisent effectivement mais qui ne peuvent pas jouer partout. Peu à peu on s'est rendu compte que les faits étaient infiniment plus complexes, leurs causes infiniment plus variées qu'on ne l'avait pensé et qu'avant d'en arriver aux grandes synthèses, il fallait commencer par des analyses minutieuses.

La Méditerranée offre à cet égard des conditions particulièrement favorables, parce qu'elle se trouve fort loin de la péninsule scandinave qui ressent encore les conséquences des grandes glaciations, parce qu'elle est également à l'écart de la zone de subsidence de l'Europe du nord-ouest, parce qu'elle a tantôt des côtes alluviales et tantôt des côtes rocheuses et surtout parce que les civilisations qui se sont succédé sur ses rivages y ont laissé des vestiges abondants dont beaucoup peuvent constituer des repères d'autant plus précieux qu'ils sont datés avec plus ou moins de précision.

Archéologia a déjà présenté quelques cas intéressants et il serait possible d'en citer bien d'autres, mais il est à craindre que beaucoup d'indices ne soient même pas remarqués parce que les archéologues qui travaillent sur les bords de la Méditerranée sont pour la plupart de formation littéraire ou purement archéologique, ils ne sont donc pas particulièrement sensibilisés aux phénomènes géographiques et géologiques ; de leur côté, les géographes spécialistes de la géographie physique et les géologues le sont assez peu aux conséquences qu'ont pu avoir pour la vie humaine les phénomènes qu'ils étudient. Ce numéro des *Dossiers de l'Archéologie* a pour but de favoriser le rapprochement de ces disciplines qui s'ignorent, dans l'intérêt des unes et des autres. Ce serait déjà beaucoup si les fouilleurs donnaient dans leurs publications des cotes nombreuses en les rattachant au niveau utilisé dans la région où ils travaillent pour les cartes géographiques à grande échelle, au lieu de choisir comme référence un « niveau au sol » ou un « pian di campagna » nécessairement imprécis, et ce serait beaucoup aussi si les spécialistes du niveau de la mer leur donnaient une idée des conséquences que des variations minimes de ce niveau ont pu avoir sur l'aspect des côtes, spécialement sur les développements des dépôts littoraux.

Les exemples que nous présentons ici soulignent l'importance qu'ont pour cette recherche les anciennes carrières de pierre et les tombes établies au bord de la mer que les eaux ont envahies ; ils font connaître la passion qu'ont eue à la fin de la République et pendant le Haut Empire les riches Romains pour l'élevage des poissons de mer - l'aquaculture -, ils essaient de mettre en rapport avec les variations du niveau de la mer l'évolution de certains ports, les derniers enfin sont consacrés à l'Égée et à la Méditerranée orientale, région agitée où les recherches des historiens et des archéologues rejoignent les recherches de pointe les plus récentes sur la structure de notre globe, celles sur les « plaques continentales » puisque c'est à la fin de l'été 1979 que les membres de l'expédition française, américaine et grecque Cyanheat ont photographié par 3 000 m de fond au sud de la Crète la « plaque africaine » en train de s'enfoncer dans le « magma » sous la pression de la « plaque égéenne », cependant que notre Service géologique national lance une enquête sur la « sismicité historique » de la France en faisant appel aux historiens !

J. LE GALL

*Professeur à la Sorbonne
(Université Paris I)*

LES VARIATIONS DU NIVEAU DE LA MER DEPUIS L'ANTIQUITE A MARSEILLE ET A LA COURONNE

Une tradition tenace veut que le niveau de la mer soit resté fixe, dans la région de Marseille, depuis l'Antiquité. Les prises de position de L. Cayeux (1907) sont à l'origine de cette opinion. L. Cayeux se montrait partisan de la fixité du niveau de la Méditerranée au point de nier l'évidence même de variations relatives de plusieurs mètres dans certaines régions (cf. par exemple, pour la Crète, l'article de N.-C. Flemming et P. Pirazzoli dans ces Dossiers).

Sur le plan local, l'interprétation proposée par L. Cayeux a été acceptée à Marseille par des archéologues (Benoît, 1947 et

Roger GUERY

*Documentaliste au C.N.R.S.
Equipe de Recherche n° 217
Archéologie Méditerranéenne*

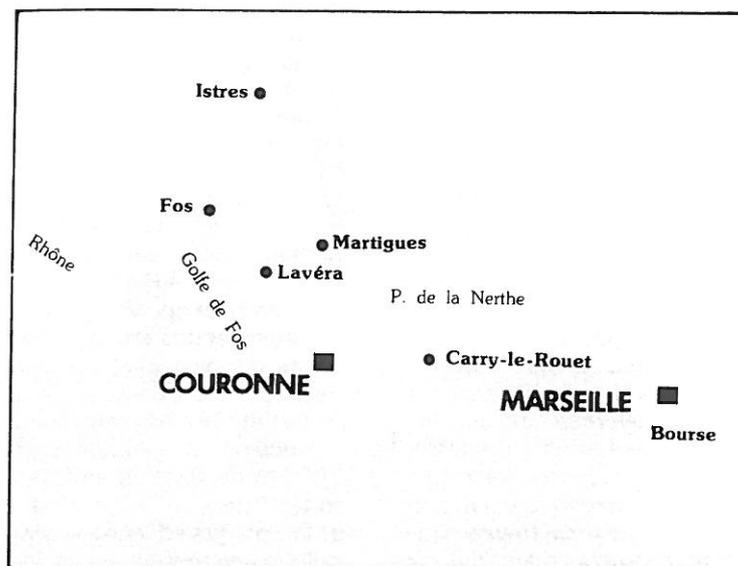
Paolo PIRAZZOLI

*Chargé de recherche au C.N.R.S.
(E.R.A. n° 867)
Laboratoire de Géomorphologie
Ecole pratique des Hautes Etudes*

Poï TROUSSET

*Chargé de recherche au C.N.R.S.
Equipe de Recherche n° 217
Archéologie Méditerranéenne*

1952), des géologues (Gouvernet, 1948 ; Denizot, 1957) et des préhistoriens (de Lumley, 1976). Pour G. Denizot cependant, la fixité n'exclut pas « des variations trop réduites pour que nos moyens d'observations les relèvent », c'est-à-dire « de plusieurs décimètres et jusqu'au mètre ». P. Pirazzoli et J. Thommeret (1973), apparemment les premiers, ont montré l'existence d'une légère submersion à Marseille depuis l'époque romaine. Les recherches archéologiques les plus récentes, dans le port antique de Marseille et près du Cap Couronne, viennent maintenant confirmer et préciser cette légère submersion.



Vue des fouilles du quartier de la Bourse à Marseille, menées depuis 1967. Elles ont dégagé des fortifications des III^e et II^e s. av. J.-C. et le port antique de la ville : le bassin du Lacydon dont l'étude a démontré que la technique d'aménagement des ports était déjà très avancée chez les Anciens. Photo Direction des Antiquités historiques de Provence.

Les recherches récentes au port antique de Marseille.

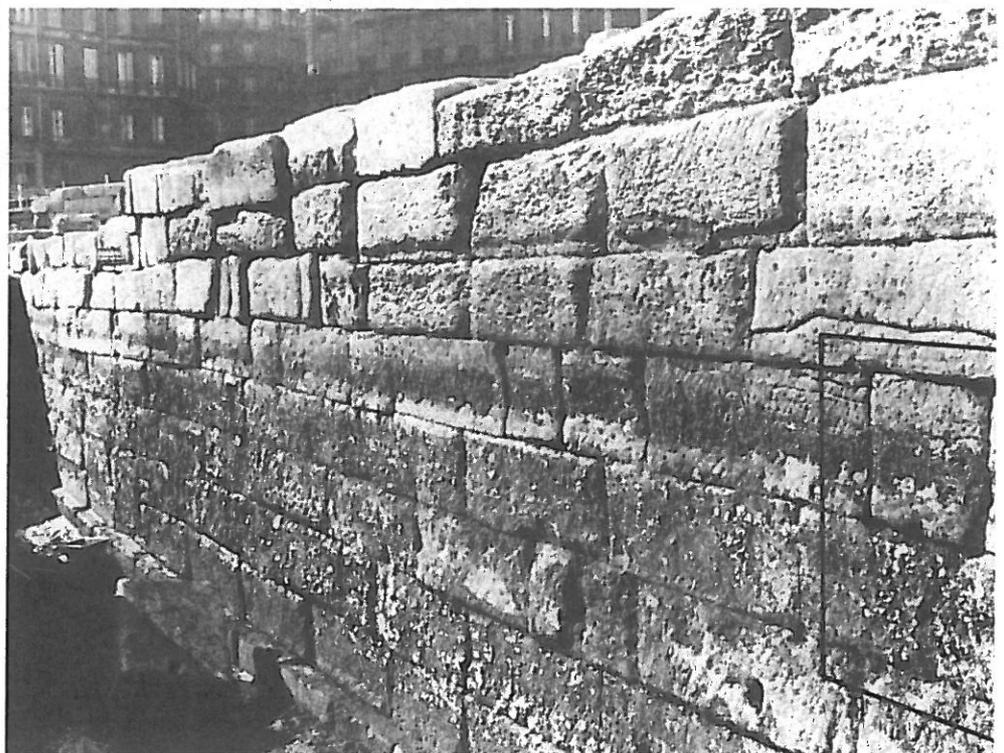
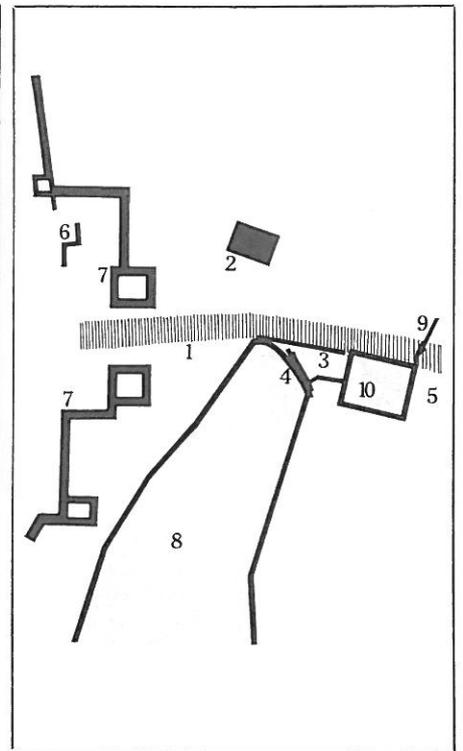
Les découvertes archéologiques du quartier de la Bourse à Marseille (M. Euzennat et F. Salviat, 1968 ; id., 1969 ; M. Euzennat, 1963 ; id., 1976 ; F. Salviat, 1972 ; id., 1977) ont été faites à l'occasion de terrassements préjudant, en 1967 à la construction du nouveau centre commercial actuel et de son parking souterrain. La présence en ce lieu de ruines très importantes pour la connaissance du passé de la ville était au demeurant prévisible depuis qu'en 1913 avait été retrouvée une première section du rempart qu'une tradition érudite, tenace mais fautive, a attribué à la générosité de Crinas, médecin marseillais de l'époque de Néron, bien que l'on pût savoir déjà qu'elle était hellénistique. L'existence, en avant de ce rempart, d'aménagements portuaires d'époque romaine dans un secteur autrefois partiellement atteint par la mer, fut en revanche une des grandes révélations des campagnes de fouilles. Ces recherches furent menées conjointement par la Direction des Antiquités Historiques de Provence et par l'Institut d'Archéologie Méditerranéenne jusqu'en 1974, puis par ce dernier laboratoire jusqu'en 1976. Postérieurement à cette date, la Direction des Antiquités a été amenée à intervenir épisodiquement à l'occasion des travaux d'aménagement du « jardin des vestiges » qui doit être annexé au nouveau Musée d'Histoire de Marseille. La superficie initiale sur laquelle se sont exercées les recherches couvrait environ deux hectares. Elle est aujourd'hui réduite à 9 500 mètres carrés, dans les limites d'une zone protégée classée monument historique.

Géologie du site et premiers aménagements

Le substratum géologique est constitué de marne stampienne à dominante d'argile jaune présentant un fort pendage en direction de la mer. Il est sillonné de dépressions à flancs très inclinés, tendant parfois vers la verticale, au fond desquelles s'est déposée une couche compacte mais faiblement cimentée de graviers d'alluvions würmiennes, le comblement étant complété par des vases plastiques versiliennes. L'argile stampienne culmine, dans la partie centrale du site, vers -0,50 m N.G.F. En cet endroit, les poches de vase ont été consolidées artificiellement vers le IV^e siècle avant notre ère par des dépôts d'amphores massaliotes ménageant une chaussée stable est-ouest utilisée dès son premier état par la voie d'Italie qui aboutit à la porte orientale de la ville antique. Au nord de cette voie, une zone marécageuse, très tôt stabilisée par des remblais, a été occupée par des enclos funéraires dont le « monument à triglyphes bas ». Au sud, la voie était bordée, le long du rivage, par un alignement de pierres en calcaire blanc. Les installations portuaires se résumaient, avant la construction du port romain, à un môle d'une vingtaine de mètres de longueur perpendiculaire à la voie et à une aire de galets en pente douce d'où l'on

tirait les navires au sec. Dès cette époque, une source toute proche, dont le nom de « Lacydon » est attesté par une monnaie frappée à Marseille aux environs du IV^e siècle avant notre ère (F. Salviat, 1978), avait été canalisée en direction de la ville et du rivage. Cette source abondante, s'ajoutant à d'autres conditions favorables, a pu contribuer au choix de l'emplacement de la colonie phocéenne. Devenue au Moyen Age la *Fons judaïcus*, elle s'est perpétuée jusqu'au XIX^e siècle dans le « Grand Puits ». Celui-ci était situé à une trentaine de mètres seulement au nord-est du bassin-réservoir, à proximité de l'ancienne rue de « La Pierre-qui-rage » (d'où l'eau jaillit).

Les vestiges mis au jour en 1967-1968 se situent à l'extrémité orientale de la ville antique. Ils sont limités au couchant par les traces diffuses et profondes de constructions pouvant appartenir à un état plus ancien de la fortification. Le rempart hellénistique proprement dit a obliéré, en les incorporant dans ses remblais, ces vestiges épars. Il présente encore sur 150 m de développement continu et parfois sur une élévation importante, son parement en grand appareil de calcaire rose extrait des carrières du Cap Couronne.



En haut. Plan d'ensemble des principaux monuments dégagés sur le chantier de la Bourse. 1. Voie d'Italie - 2. Monument à triglyphes - 3. Alignement des pierres - 4. Môle primitif - 5. Aire de mise au sec des navires - 6. Traces de fortifications helléniques ? - 7. Rempart hellénistique - 8. Port romain - 9. Aqueduc de la source du Lacydon - 10. Bassin-réservoir. (Mise au net J. Lenne, C.N.R.S.)

Ci-dessus. Le quai occidental. Les trois rangées supérieures ont été rajoutées au Bas-Empire. Sur la quatrième assise, un alignement formé par les balanes et des traces de corrosion marine témoignent de l'ancien niveau de la mer. (Ph. C.N.R.S., A. Chéné et G. Réveillac). Pour les détails de la partie encadrée, voir page 16.

Page de droite. Les couches superposées d'amphores massaliotes. Au premier plan, la face externe du mur nord du bassin d'eau douce. (Ph. Ant. nat., G. Bertucchi).

LE PORT ROMAIN DE MARSEILLE

Mis au jour dans la partie centrale du chantier, il en occupe à lui seul le sixième de l'étendue. Ses quais ont été reconnus sur un développement de 180 m environ. La darse qu'ils circonscrivent dessine en plan un angle de 20 degrés recoupé au nord par un arc de cercle de 20 m à la corde et dont le côté occidental accuse une légère courbure convexe. Elle s'ouvre plus largement au midi en direction du Vieux-Port. La corne du port a été creusée dans le banc d'argile stampienne et les murs de ses quais ont parfaitement conservé leur aplomb partout où il a été donné de les reconnaître. La qualité de cet ouvrage est tout à fait digne de l'évocation flatteuse qu'en a fait, au IV^e siècle de notre ère, le poète latin Avienus (*Ora maritima*, vers 695-699) :

« Ainsi la main de l'homme a fait entrer la mer profonde dans les terres, et le travail assidu des anciens fondateurs a triomphé par l'art de la forme des lieux et de la nature du sol ».

A l'appui de cet éloge tardif, on peut ajouter que les fouilles ont permis de restituer le procédé utilisé par les constructeurs pour la mise à sec de la darse nécessaire à l'érection des quais. On a en effet retrouvé, en un lieu aujourd'hui pro-

fondément excavé à l'emplacement du parking, les traces significatives d'un dispositif étanche et provisoire installé au travers de l'anse. Celui-ci était un assemblage de robustes pièces de bois à section carrée, époutées et munies de feuillures verticales ; ces pieux étaient plantés dans les formations géologiques à plus de 3,50 m sous le niveau marin actuel. De longues planches chanfreinées, s'engageant à l'horizontale dans des pieux identiques conservés ici à l'état d'empreintes sur deux rangées parallèles, ont été découvertes en relation avec des amas de glaise arrachés au sol naturel tapissant le fond de l'excavation. Cet ensemble constituait un barrage permettant de travailler à l'air libre selon un procédé préconisé par Vitruve (*De architectura*, livre V) pour les constructions en milieu marin :

« Des doubles coffrages (de pieux) liés entre eux par des planches et des (pièces de) chaînage doivent être placés à l'endroit qui aura été déterminé. Entre les (parois) fichées, on doit pilonner de l'argile (contenue) dans des paniers faits de roseaux des marais. Quand on aura ainsi bien pilonné et aussi serré que possible, alors, après avoir installé des limaçons (vis d'Archimède), des roues (élévatrices) et



des tambours (d'épuisement), l'espace qui aura été déterminé par cette enceinte doit être vidé et asséché ; et là, à l'intérieur des enceintes, des fondations doivent être creusées ». (trad. J.-L. Charlet).

Une grande partie des pièces de bois récupérées lors de la mise en eau du port artificiel, a été réemployée un peu plus tard pour la construction du bassin d'eau douce voisin.

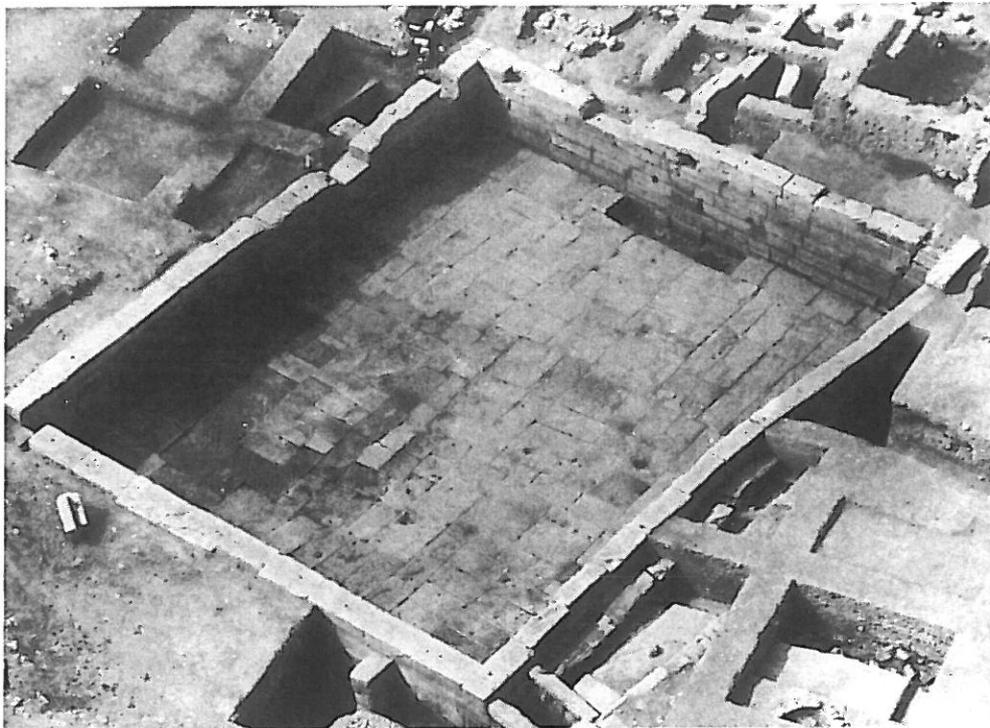
Les quais, intégralement conservés, ont une élévation moyenne de trois mètres. Ils présentent six assises de blocs en calcaire blanc sale taché d'auréoles ocre jaune clair, dont la provenance exacte n'est pas encore connue mais que l'on suppose avoir été empruntées elles aussi à des latomies proches de La Couronne (faciès de Ponteau d'après les résultats d'analyses très récentes effectuées par Mlle F. Catzigras et M.-E. Colomb du Département de Géologie Historique, Marseille - Saint-Charles). Les pierres des cinq rangées supérieures mesurent généralement entre 1,20 et 1,70 m de longueur pour 0,50 m de hauteur. Celles du rang inférieur ont des dimensions plus importantes et sont

disposées en boutisses, perpendiculairement à l'axe de construction qu'elles débordent de part et d'autre, lui assurant ainsi une grande stabilité. En effet, bien que fondé soit au contact du sol stampien retaillé, soit sur la couche de galets würmiens, l'appareil n'a absolument pas souffert et son entière cohésion prouve qu'il n'a subi aucune déformation latérale ou horizontale.

L'arase supérieure des quais n'a cependant pas partout la même altitude : celle-ci se situe entre -0,05 et +0,30 m N.G.F. selon les endroits. Elle était vraisemblablement couronnée d'un chaperon de bahut profilé en dos d'âne dont deux exemplaires ont été retrouvés, déplacés, sur le chantier ; la partie inférieure d'un troisième est encore en place, débordant à l'extérieur sur le quai oriental.

Chronologie du port

Un petit dépôt monétaire de fondation, inséré dans l'un des joints de l'assise inférieure des quais et scellé par un amas de déchets de taille provenant du ravalement, apporte un *terminus a quo* : il se compose



Ci-dessus.
Le bassin d'eau douce avec, dans l'angle inférieur, l'arrivée de l'aqueduc. Le trop-plein se trouve dans la partie supérieure du mur situé en haut de la photo.
(Ph. C.N.R.S., A. Chéné et G. Réveillac).

Page de droite.
Les pièces de bois réutilisées en palplanches dans la tranchée de fondation de l'angle sud-est du bassin dont on aperçoit, à droite, la face extérieure en grand appareil.
(Ph. C.N.R.S., A. Chéné et G. Réveillac).



de trois sesterces de Vespasien, deux sont datés de 71, le plus récent de 76. Des recherches menées dans la partie sud-est du port ont révélé que son ensablement naturel a été ici volontairement accéléré par le basculement de l'assise supérieure du quai dans la mer, accompagné d'un important rejet de décombres, et cela dès la fin du II^e siècle. On peut penser que ce remblaiement était généralisé car d'autres fouilles pratiquées le long du quai occidental ont démontré que la darse, alors entièrement engorgée, avait été partiellement remise en eau par creusement et réaménagement sous le Bas-Empire par l'adjonction de trois assises supplémentaires sur l'extrémité nord du quai ouest.



La précocité de ce comblement a d'ailleurs été confirmée par une analyse du carbone 14 résiduel contenu dans les coquillages accrochés aux quais : ceux-ci ont cessé de vivre aux environs de 100 ± 75 de notre ère (Pirazzoli et Thommeret, 1973).

Le bassin d'eau douce

Le captage de la source du Lacydon remonte, nous l'avons vu, à la période hellénique. Les Romains ont utilisé l'une des branches de son adduction qui, passant sous la voie d'Italie, allait desservir un grand réservoir construit en bordure de la rue, à proximité de la corne du port et

immédiatement à l'est de celle-ci. Ce vaste bassin en pierres de taille mesure 17,50 m d'est en ouest et 15 m du nord au sud. Il présente en élévation six assises de blocs et son fond est constitué de dalles de calcaire blanc provenant également, comme les matériaux de ses murs et ceux des quais, des carrières proches de celles de La Couronne. L'étanchéité des joints était assurée par un calfatage à la poix et le parement occidental, situé à proximité de la mer, était renforcé par un massif de maçonnerie coulé en arrière du mur. La profondeur du bassin est de 2,60 m en moyenne et sa margelle actuelle, à son point le plus élevé, est à + 0,74 m N.G.F. L'excavation creusée pour le recevoir a

entamé la marne stampienne, sauf dans l'angle sud-est où la vase se retrouve jusqu'à - 3,20 m N.G.F.. Dans cette zone, le sol instable a été contenu, en bordure de la tranchée de fondation, par un batardeau dont les éléments ont été récupérés sur le dispositif évoqué précédemment. Le trop-plein du réservoir se déversait dans la darse par l'intermédiaire d'un double exutoire. L'installation de celui-ci a nécessité une reprise localisée des trois rangées supérieures du quai. Le bassin servait et de réserve destinée au ravitaillement en eau des navires et de réceptacle aux alluvions charriées par la source. Cet apport d'eau douce abaissait sensiblement le degré de salinité de la mer, ce qui permit la proliféra-

Ci-contre.

Partie supérieure du quai oriental avec les deux exutoires assurant l'écoulement des eaux excédentaires du bassin-réservoir.

On peut remarquer, de part et d'autre de chacune des deux ouvertures, une ligne plus claire, continue et horizontale, qui correspond aux traces de corrosion laissées par l'ancien niveau de la mer. (Photo P. Pirazzoli).



Ci-dessous.

Coupe schématique entre le bassin et le port. Le profil de la tranchée de fondation du quai est restitué d'après une coupe stratigraphique pratiquée à 2,50 m au sud de celle-ci.

La section centrale de la couche de galets est longue de 2,60 m.

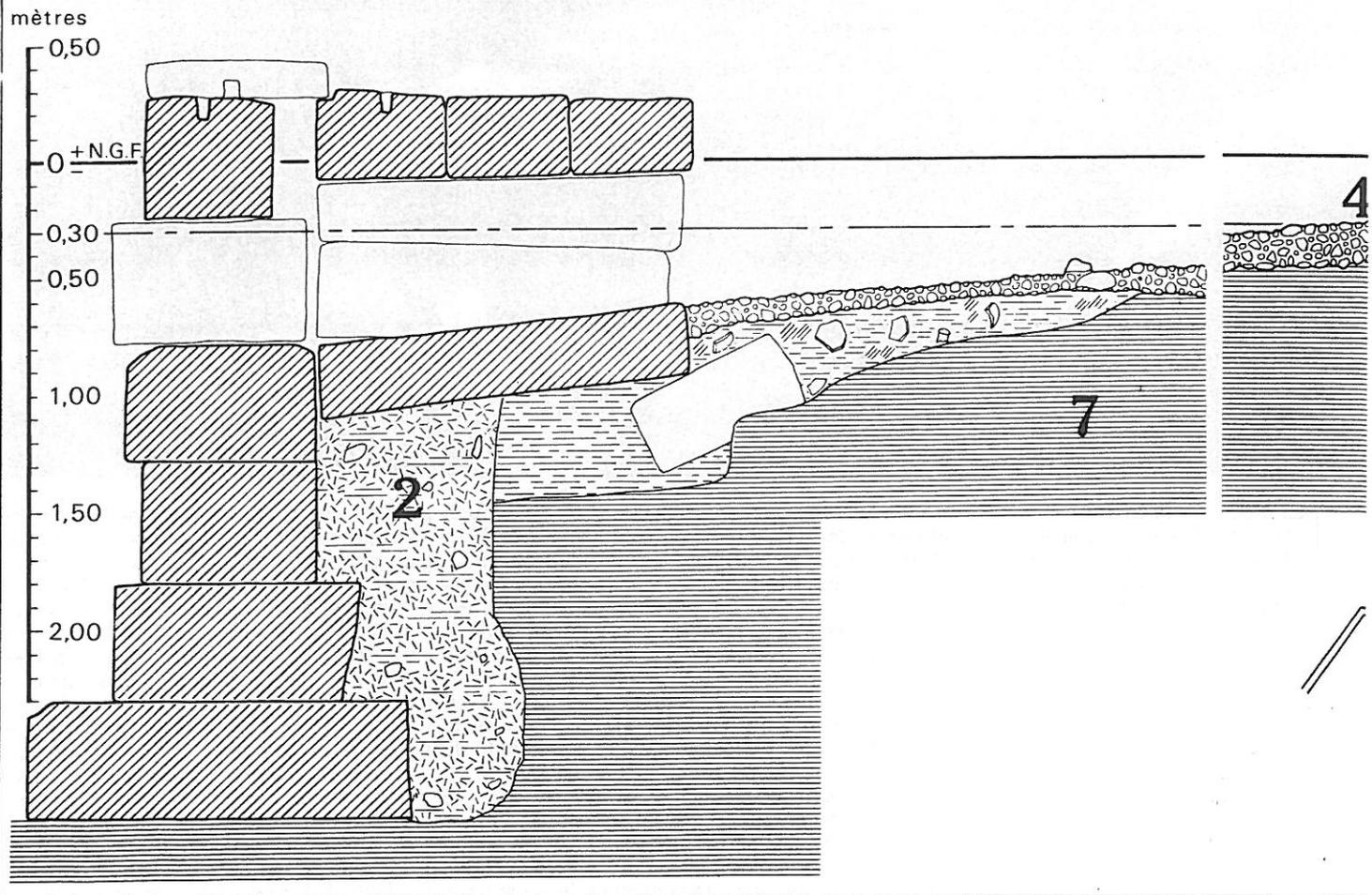
1. Béton - 2. Tranchée de fondation.
 3. Sable alluvionnaire - 4. Lit de galets.
 5. Débris d'amphores.
 6. Vase - 7. Stampien.
- (Mise au net J. Lenne, relevés M. Borély et R. Guéry, C.N.R.S.).

tion d'une faune portuaire typique des eaux saumâtres (P. Mars, 1947 ; P. Arnaud et H. Leung Tack, 1971 ; J. Granier, 1971).

Datation du bassin-réservoir

Le mur nord du bassin a recoupé la ligne du rivage hellénistique ainsi que les lits d'amphores massaliotes mis en place pour stabiliser la voie en sous-œuvre. Ailleurs, la fouille des tranchées de fondation a amené la découverte de témoins archéologiques de l'extrême fin du premier siècle de notre ère ou du tout début du second. Une monnaie de Commode, trouvée au contact du

fond dallé, semble attester que le réservoir était encore utilisé à la fin du deuxième siècle. Mais son ensablement a débuté peu après et s'est poursuivi au cours du siècle suivant. Aux environs du IV^e siècle, le bassin est presque entièrement comblé. Il recevait encore néanmoins les eaux de la source qui, canalisées à la surface des remblais, apportaient leur force motrice à une roue à aubes installée à l'extérieur du réservoir et à proximité du port où elles allaient se déverser par l'intermédiaire d'une brèche ouverte à la surface des quais.



LE NIVEAU MARIN DANS L'ANTIQUITE

Le niveau le plus ancien que l'on puisse rattacher au premier état de la voie d'Italie a été reconnu immédiatement au nord du bassin et de la corne du port romain. Il consiste en un lit de galets qui nivelle les poches de vase marine stabilisées par des amphores massaliotes vers le IV^e siècle av. J.-C. Situé à une dizaine de centimètres au-dessus du zéro N.G.F., ce comblement ne figure vraisemblablement que le substrat de la voie proprement dite, dont la surface est constituée d'une seconde couche de galets soigneusement compactée, qui atteint la cote + 0,60 m N.G.F. Cette altitude semble suffisante pour mettre la voie hors de portée de la mer, malgré la proximité du rivage, d'autant plus que ce dernier était matérialisé à l'époque par un alignement de pierres taillées et que les vagues, au fond d'un golfe peu profond et marécageux, ne devaient être que de faible amplitude.

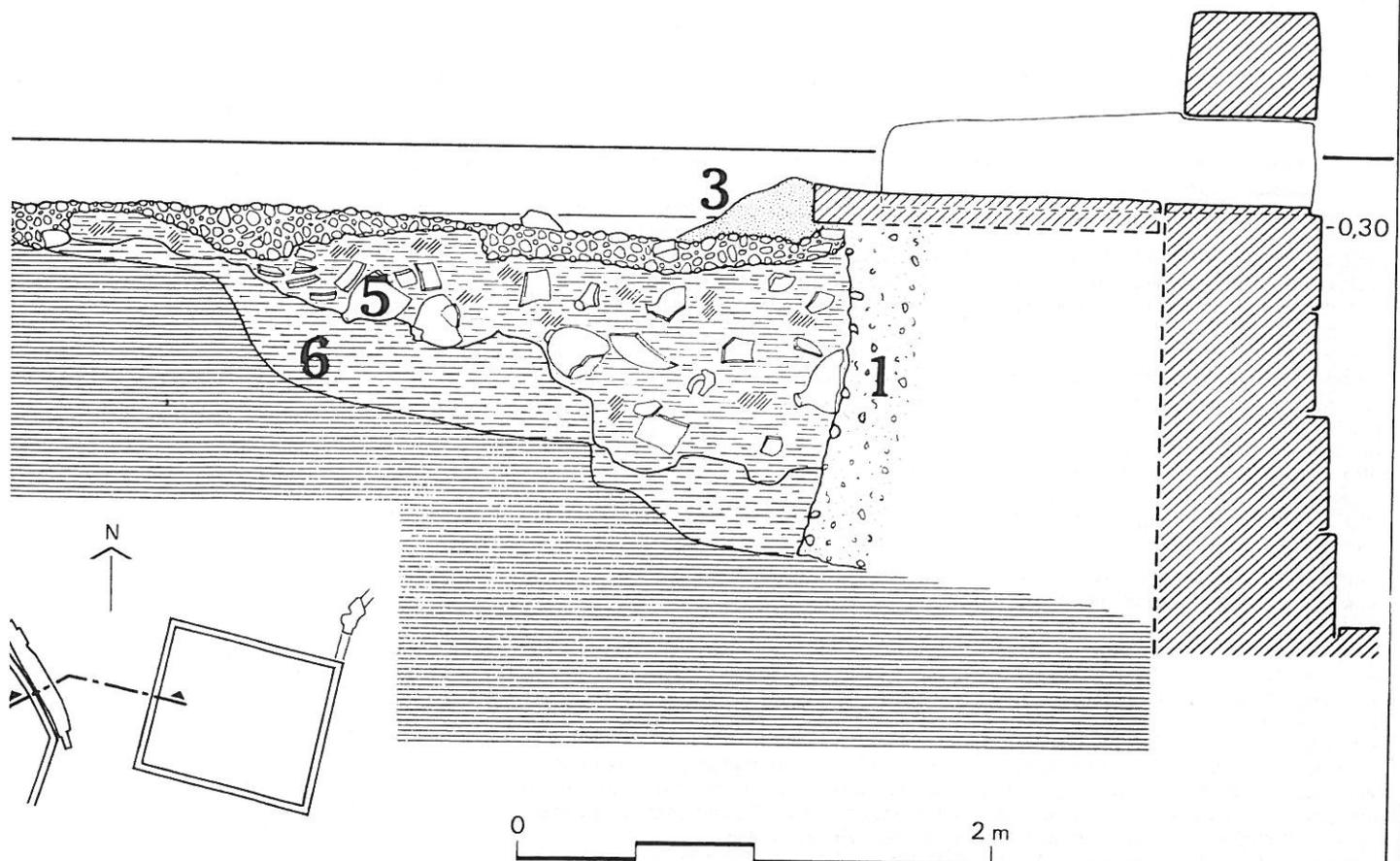
En revanche, deux canalisations peut-être contemporaines mais plus vraisemblablement postérieures à cette chaussée, prenaient origine à la source du Lacydon et allaient en déverser le trop-plein à la mer. Leurs fonds sont situés au-dessous du zéro N.G.F. dans la partie terminale de leur parcours. Bien qu'on ne possède pas d'indication sur l'altitude de la source, on peut admettre que celle-ci était située au-dessus du niveau de la mer, et dans ce cas l'écoulement pouvait très bien se faire normalement, même à une cote négative, comme le montrent la plupart des égouts actuels du littoral.

D'autre part, une analyse sédimentologique pratiquée par M. J. Blanc en 1959 lors de la découverte d'une nécropole paléochrétienne établie au-delà de la limite sud-est du chantier, avait démontré l'existence de limons entre - 0,20 et - 0,60 m N.G.F. à une époque antérieure au I^{er} siècle de notre ère (F. Benoît, 1960). La surface de cette couche, plus ou moins perturbée par des aménagements liés à la construction du bassin d'eau douce, fut de nouveau retrouvée de 1970 à 1979 vers - 0,30 m N.G.F., au voisinage de cette construction.

En conclusion, on ne dispose pas d'éléments suffisamment précis pour estimer la cote du niveau de la mer antérieurement à l'époque romaine.

Les repères altimétriques pour la première moitié du II^e siècle de notre ère sont fort heureusement beaucoup plus significatifs.

L'une des canalisations pré-romaines, remployée pour alimenter le bassin d'eau douce, débouche dans l'angle nord-est de celui-ci par une ouverture dont le fond se trouve à - 0,03 m N.G.F. La base du trop-plein ménagé au milieu de la paroi occidentale du réservoir, se situe à - 0,20 m N.G.F. Celle-ci donne à l'extérieur, en direction du port, sur un large émissaire utilisant comme plan d'écoulement le lit de galets qui achève le remplissage d'une poche de vase fixée par des débris d'amphores massaliotes. Le fond de cet égout accuse une pente d'environ 3 % en direction du môle que la canalisation traverse par deux orifices couplés débouchant dans la seconde rangée supérieure du quai oriental, c'est-à-dire entre - 0,24 et - 0,74 m N.G.F. Tel qu'il se présente actuellement et en admettant que le niveau de la mer soit resté le même depuis l'Antiquité, ce système ne pouvait fonctionner. En effet, l'eau de mer aurait pu pénétrer dans le réservoir par le trop-plein, contaminant l'eau douce dès que le niveau de celle-ci cessait d'être supérieur au niveau de la mer, soit du fait de la marée, soit de prélèvements dépassant le débit de la source. Compte tenu de l'amplitude de la marée ordinaire (de l'ordre de 0,20 m), il faut admettre que le niveau moyen de la mer était inférieur au zéro N.G.F. d'au moins 0,30 m pour que l'orifice du trop-plein soit entièrement dégagé. Cette estimation est renforcée par le fait que du sable alluvionnaire



NIVEAU MOYEN DE LA MER ET ZERO NGF

Certains auteurs confondent le zéro N.G.F. avec le niveau moyen de la mer actuel; d'autres attribuent au zéro N.G.F. des cotes fantaisistes, obtenant des conclusions inexactes sur des variations du niveau de la mer depuis l'époque romaine.

Un rappel de quelques faits nous semble donc utile. Le *niveau moyen de la mer*, ou *niveau de marée nulle*, représente en une localité donnée le plan autour duquel oscillent les ondes dont la marée est composée. Il est calculé, le plus souvent, en faisant la moyenne arithmétique des hauteurs de la marée au cours d'une période de temps déterminée. Le *zéro du nivellement général de la France* (zéro N.G.F.) a été déterminé à Marseille, d'après les enregistrements du marégraphe fondamental, situé dans l'anse Calvo, au cours de la période comprise entre le 3 février 1885 et le 1^{er} janvier 1897. Défini, de façon un peu laborieuse, comme une valeur asymptotique, le zéro N.G.F. a été fixé, en fait, environ 6 millimètres au-dessous du niveau moyen de la mer de la période 1885-1896.

Le niveau moyen de la mer varie dans l'espace et dans le temps. Les variations dans l'espace dépendent surtout des différences de densité de l'eau de mer et des situations climatiques locales. En France, par exemple, trans-

porté par des nivellements jusqu'aux côtes atlantiques et de la Manche, le zéro N.G.F. a montré, un peu partout, des différences par rapport aux niveaux moyens de la mer locaux pouvant atteindre quelques décimètres. Les variations dans le temps, d'autre part, sont surtout la conséquence de l'eustatisme, des mouvements verticaux du sol (quelle que soit leur cause) et, dans une moindre mesure, de modifications climatiques et de phénomènes saisonniers. A Marseille, en particulier au mois de novembre, le niveau moyen de la mer est souvent supérieur d'une dizaine de centimètres à celui des autres mois de l'année.

Depuis l'établissement du zéro N.G.F., le marégraphe de l'anse Calvo a enregistré une montée de près d'un décimètre; plus précisément, au cours de la décennie 1968-1977, le niveau moyen annuel de la mer s'est maintenu entre + 8 et + 14,4 cm au-dessus du zéro N.G.F., avec une moyenne d'environ + 11 cm.

Un ancien niveau moyen de la mer situé, par exemple, à la cote - 0,30 m N.G.F. indique en conséquence qu'une montée du niveau de la mer de $0,41 \pm 0,03$ m s'est produite entre l'époque de l'ancien rivage et l'époque actuelle.

Nous remercions le Bureau de la Marétrie de l'I.G.N. et le professeur J. Laborel pour leur aide.

très fin, apporté par les eaux de source, s'est déposé, entre - 0,12 et - 0,38 m N.G.F., au débouché du trop-plein dans le caniveau.

D'autres particularités révélées par les fouilles confirment également le relèvement du niveau moyen de la mer depuis l'Antiquité.

En premier lieu, aux abords méridionaux du bassin et à proximité immédiate du quai est, dans une zone auparavant marécageuse, le dépôt naturel de vase marine a été recouvert, vers le début du II^e siècle de notre ère, par le béton d'une vaste aire de circulation dont la surface avoisine le zéro N.G.F. Cette aire serait aujourd'hui entièrement submergée.

D'autre part, on peut remarquer sur les assises des quais romains des traces de corrosion marine, entre - 0,10 et - 0,50 m N.G.F., qui deviennent particulièrement nettes entre - 0,30 et - 0,40 m N.G.F. Beaucoup mieux marquée dans les zones les plus éloignées de la corne du port, elle reste néanmoins sensible sur l'ensemble des limites de la darse. On admet généralement que la corrosion marine est provoquée par un ensemble de processus (dissolution d'origine chimique, physique ou biologique, effets des alternances d'humidification et de dessiccation, perforation par

des organismes lithophages ou endolithes (J. Laborel, 1979; P. Pirazzoli, 1979) et qu'elle attaque la roche calcaire, dans un site abrité, surtout dans la zone intertidale. Or, c'est justement entre - 0,25 et - 0,40 m N.G.F., là où les traces de corrosion sont les plus marquées, que s'est développée une colonie de balanes, petits crustacés d'une espèce vivant dans la zone où prédomine l'alternance exondation-inondation. C'est par l'analyse de ces balanes qu'a été obtenue la date au carbone 14 de 100 ± 70 de notre ère mentionnée précédemment.

Ce niveau moyen de la mer à environ - 0,30 m N.G.F. serait compatible avec le fonctionnement hydraulique de la canalisation reliant le réservoir d'eau douce au quai. Confirmation nous en a été donnée par M.B. de Carmantran, ingénieur au Service Régional de l'Aménagement des Eaux d'Aix-en-Provence. A marée haute, les exutoires pourraient se trouver entièrement submergés sans que pour autant l'eau salée pénètre dans le réservoir par le trop-plein; au demeurant, en cas de crue de la source, le niveau de l'eau douce s'élèverait dans le bassin et la canalisation se mettrait en charge.

Bien que l'on ne dispose pas d'élément permettant d'évaluer le débit de la source

(en 1505 cependant, selon César Nostradamus, l'eau du Grand-Puits « regorgeait tant... qu'elle semblait une petite Vaucluse »), celui-ci devait être assez important, du moins en cas de crue, à en juger par la masse des alluvions déposées à l'intérieur du bassin. Les canalisations sont respectivement de $0,11 \text{ m}^2$ pour l'arrivée de l'aqueduc et de $0,13 \text{ m}^2$ pour le trop-plein. Pour l'ensemble des deux exutoires, si le niveau de la mer était à - 0,30 m N.G.F., il ne resterait qu'une section libre de $0,07 \text{ m}^2$, mais la section utile deviendrait de $0,60 \text{ m}^2$ en cas de mise en charge. En fait, si le second exutoire, apparemment inutile du point de vue hydraulique, a été ménagé dans le quai, c'est vraisemblablement afin d'éviter que les mises en charge trop fréquentes des canalisations ne viennent gêner, avec leurs remous, l'accostage des navires.

Bien que parfaitement adaptées à un fonctionnement de routine lorsque le niveau



Ci-dessus.

Sous les blocs rapportés au Bas-Empire, dont on aperçoit, tout à fait en haut de la photo, la base de l'un d'entre eux, une colonie de balanes s'est fixée sur l'assise supérieure des quais, entre 0,25 et 0,40 m sous le zéro N.G.F.

Les tests des mêmes crustacés se rencontrent encore sous les rangées inférieures, mais disséminés dans un banc d'huîtres. (Ph. C.N.R.S., A. Chéné et G. Réveillac).

Photo page de droite.

Détail du quai occidental.

Le rang supérieur du grand appareil, ajouté sous le Bas-Empire, est constitué de blocs remployés, l'un à bossage (au centre),

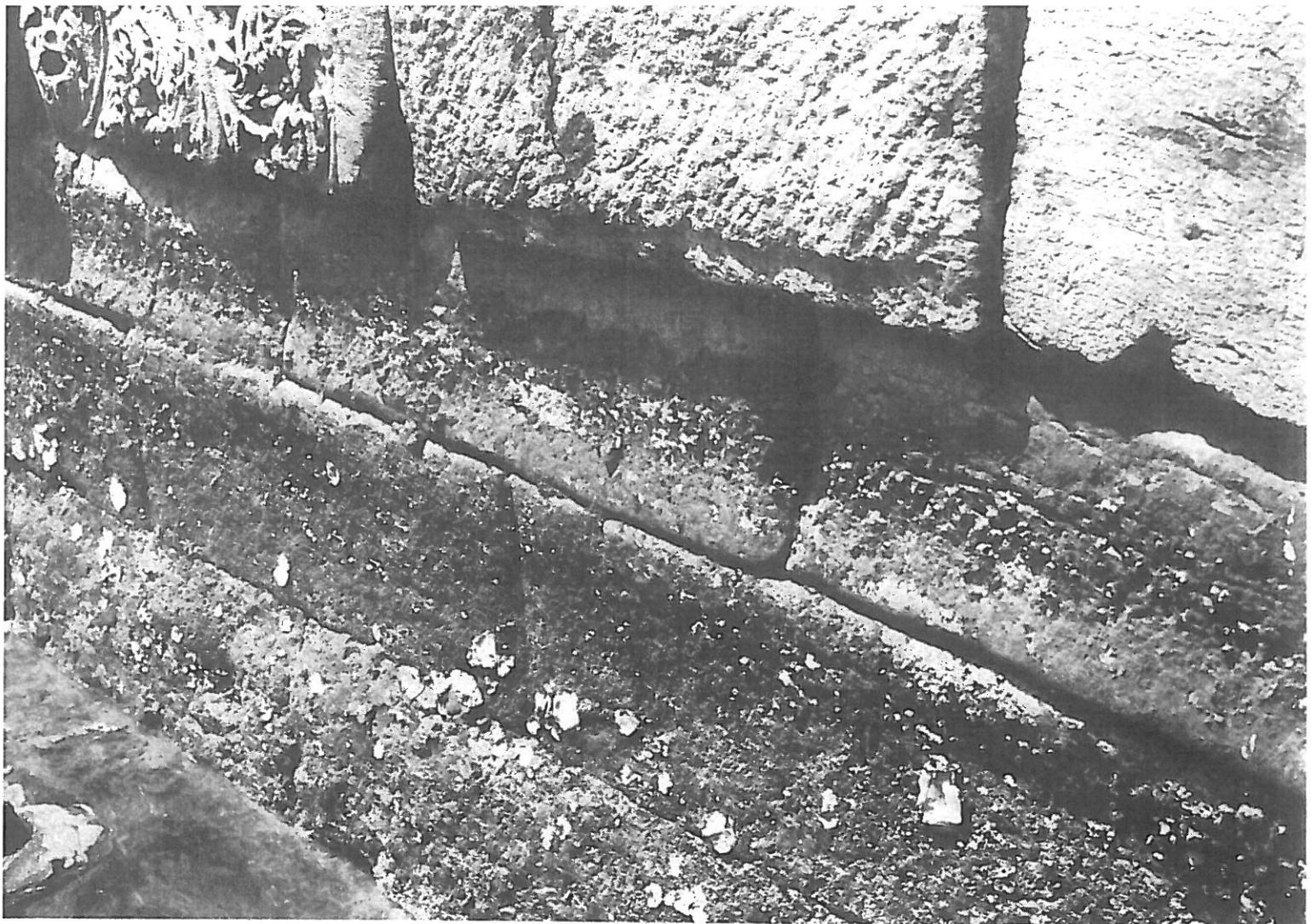
l'autre orné de rinceaux d'acanthe (plus à gauche), un troisième mouluré (à l'extrême gauche), qui débordent légèrement l'assise supérieure du quai romain. Cette dernière est affectée d'une concavité horizontale due à la corrosion marine.

(Ph. C.N.R.S., A. Chéné et G. Réveillac)

A droite.

Surfaces comparées et altimétrie des divers orifices des canalisations liées au système hydraulique: aqueduc, trop-plein du bassin et exutoires du port.

(Relevé R. Guérv. C.N.R.S.)



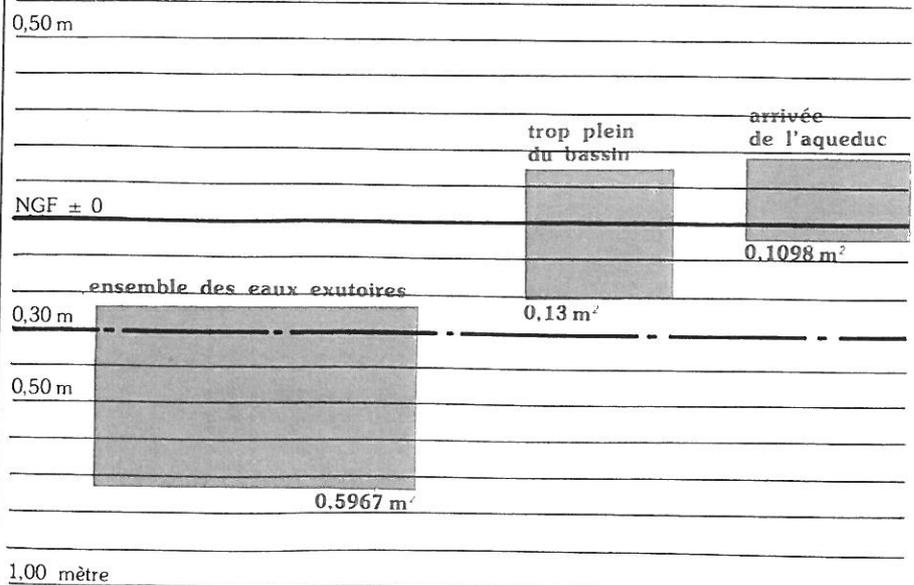
moyen de la mer était situé à environ - 0,30 m N.G.F., les installations hydrauliques du port semblent cependant peu adéquates en cas de montées temporaires du niveau de la mer de quelques décimètres, comme il s'en produit exceptionnellement en cas de fortes dépressions atmosphériques accompagnées de vents intenses soufflant en direction de la côte. Dans ces cas exceptionnels, l'eau de mer pouvait pénétrer dans le réservoir.

Tant que ces contaminations sont restées un phénomène peu fréquent, le réservoir a pu continuer à être utilisé presque normalement. En effet, les dépressions atmosphériques provoquant des montées temporaires du niveau marin s'accompagnent souvent de précipitations abondantes qui, augmentant le débit de la source, auraient permis une dilution relativement rapide des sels polluants. C'est peut-être l'accroissement de la fréquence du phénomène, plus sûrement la mauvaise évaluation de la résistance du sous-sol laquelle devait très vite provoquer de graves dégâts dans la cohésion architecturale du bassin, qui déterminèrent l'abandon de celui-ci moins d'un siècle après sa construction.

Plus tard, aux environs des IV^e - V^e siècles, les eaux de la source, qui s'écoulaient encore à la surface des sédiments accumulés dans le bassin, furent cana-

lisées pour alimenter une roue à aubes implantée à proximité du port. Le berceau de celle-ci était à -0,08 m N.G.F. et son fossé d'évacuation, situé à -0,35 m N.G.F., dirigeait l'écoulement vers la darse, en partie comblée, en empruntant une brèche ouverte à la surface du quai oriental à la même profondeur.

Ainsi, l'ensemble des données disponibles concorde en faveur d'un niveau moyen de la mer situé, à l'époque de l'utilisation du port, vers la cote -0,30 m N.G.F., soit entre 0,40 et 0,45 m au-dessous du niveau moyen de la mer actuel. Les hypothèses antérieurement émises, qui tendaient à nier cette évidence, sont donc à réviser.



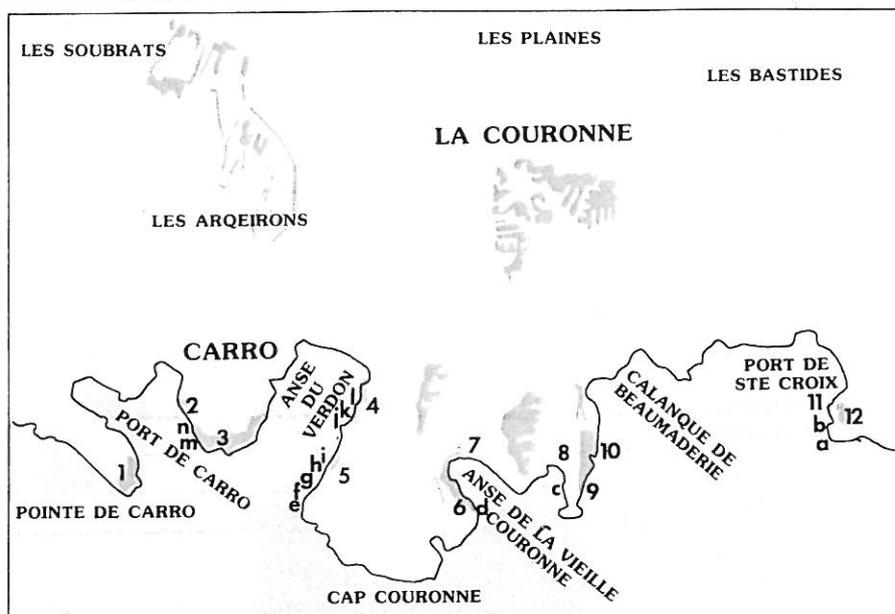
LES CARRIÈRES LITTORALES DE LA COURONNE INDICES DE VARIATION DU NIVEAU MARIN

Les carrières situées au voisinage du Cap Couronne sur le territoire de la commune de Martigues ont constitué, jusqu'au début de l'âge industriel, la source principale de matériau noble utilisé dans la construction des monuments les plus représentatifs de la ville de Marseille. Cette exploitation s'est poursuivie sur une vaste échelle dans la première moitié du XIX^e siècle et a été reprise récemment pour les besoins d'une entreprise spécialisée dans la restauration des monuments historiques. Au simple vu du matériel géologique issu de ces carrières et dont le faciès le plus caractéristique mais non le seul, celui d'une pierre rose, se reconnaissait dans certains vestiges déjà connus de *Massalia*,

Roger GUERY
Paolo PIRAZZOLI
Pol TROUSSET

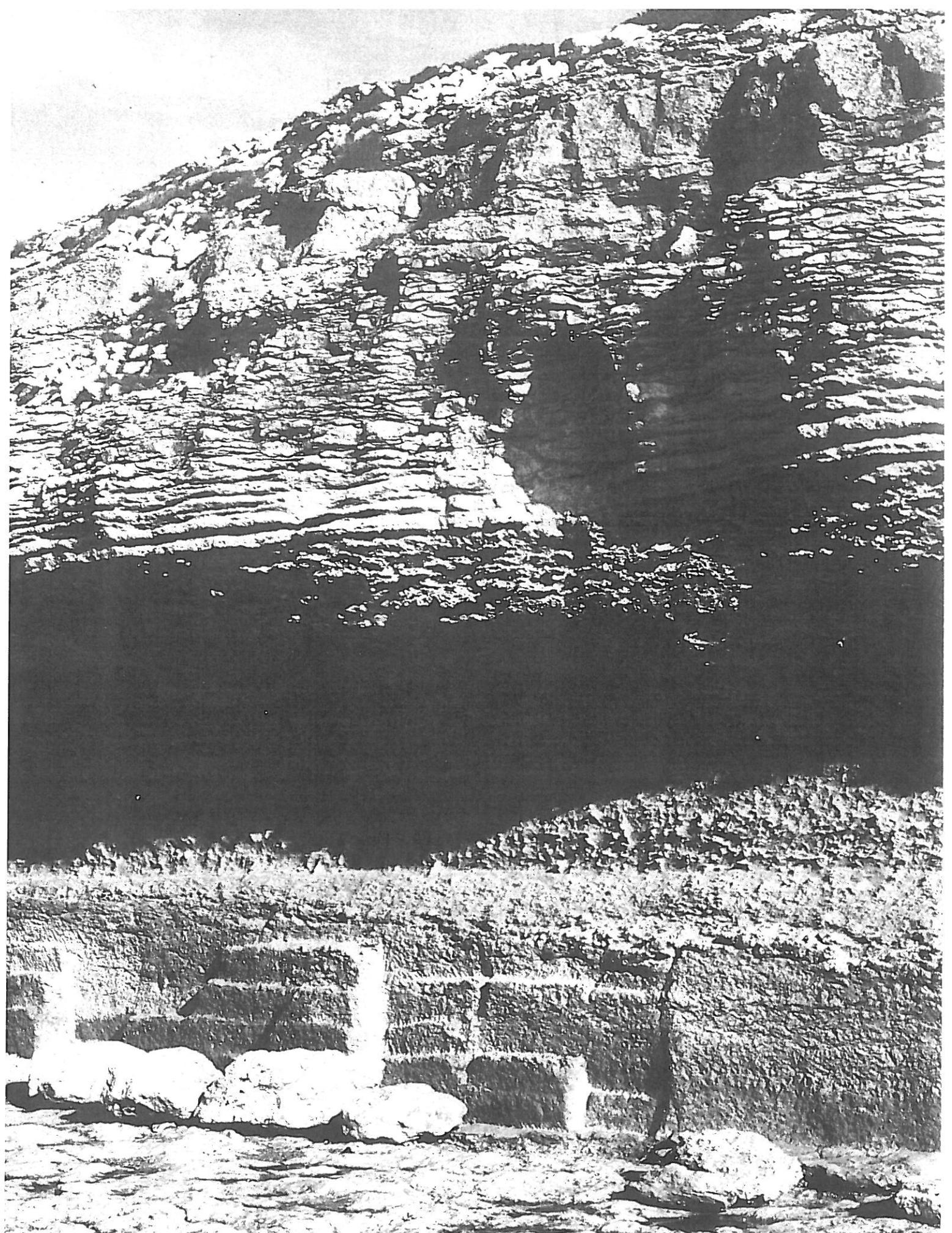
il était naturel de penser que l'exploitation avait pu commencer dès l'antiquité. A l'appui de cette présomption retenue notamment par F. Benoît et qu'il n'y a pas lieu - nous le verrons - de remettre en doute, on pouvait invoquer la courte mention par Strabon (IV, 1, 6) de « latomies » près d'un promontoire « à une centaine de stades de la cité des Massaliotes ». Enfin, le fait que l'eau de mer recouvre le fond de plusieurs de ces carrières littorales était lui-même inter-

prété comme un indice de leur grande ancienneté ; il résultait, selon F. Benoît (1952), d'un « léger tassement du sol coordonné avec celui du delta du Rhône » tandis que l'hypothèse d'une fixité du niveau marin était généralement admise (cf. introduction de la présente étude). Depuis lors, la mise au jour d'une importante section du rempart hellénistique de Marseille et de son port romain justifiait qu'on étendît le champ des recherches aux carrières du Cap Couronne afin de préciser la provenance de matériaux de construction - en réalité beaucoup moins homogènes suivant les époques qu'on ne le pensait - et de vérifier si les variations du niveau marin observées à Marseille trou-



Localisation des carrières de La Couronne (extrait de M. Bellet, 1979, fig. 10). La couleur et les numéros indiquent les traces de carrières et les voies à ornieres. 1, pointe de Carro. 2-3, pointe de Roquetaillade. 4-5, anse du Verdon. 6, anse de la Vieille Couronne. 10, pointe de l'Arquet. 11-12, anse Sainte-Croix. Les lettres indiquent l'emplacement des points d'amarrage : b, c et k, bittes ; a, d à j et l à n, encoches.

Page de droite. Les trois étages du Burdigalien dans la falaise de l'anse du Verdon. En bas de la photo, les traces d'extraction. (Ph. C.N.R.S., R. Guéry).



vaient confirmation sur les côtes de Provence occidentale.

Il est clair que la submersion des planchers de carrières ne peut être invoquée à la fois par les archéologues, faute d'autre élément de datation, comme une preuve de leur antiquité et réciproquement par les géomorphologues comme indice d'un relèvement du niveau marin en vertu de cette antiquité supposée. Or, si la convergence des constatations faites à Marseille et à La Couronne confirme bien l'hypothèse d'une variation relative positive du niveau marin depuis l'époque antique, les carrières submergées ne constituent à elles seules un indicateur archéologique de cette variation que pour autant qu'elles peuvent être effectivement datées. Les indices qui permettent d'établir leur chronologie sont cependant fort rares, la technique d'extraction ayant semble-t-il peu évolué au cours des âges, tandis que les traces mêmes laissées par les carriers antiques ont pu être oblitérées par une reprise ultérieure de l'exploitation.

de Beaumaderie. Pour être plus complet, il faudrait mentionner plusieurs sites de moindre importance portés sur la carte reproduite par M. Bellet (1979) notamment à Sainte-Croix. Enfin, les clichés pris à basse altitude par L. Monguilan (1976) montrent plus à l'ouest l'existence de quatre autres sites littoraux d'extraction de pierres, en partie submergés : à Port-de-Bouc, au pied du fort gardant l'entrée du chenal ; près de la crique de l'Arnette ; à la pointe de Bonnieu ; enfin et surtout entre Lavéra et Ponteau.

La roche aisément identifiable est un grès calcaire molassique miocène du Burdigalien, matériau apprécié de tout temps par les bâtisseurs marseillais pour être à la fois facile à travailler et résistant à l'écrasement. En fait, par leurs teneurs respectives en calcaire, en sable et en argile, comme par leurs paléofaunes, trois formations sont reconnaissables qui correspondent aux divisions du Burdigalien ; elles apparaissent en coupe dans l'anse du Verdon et à Beaumaderie.

Page de droite.
Vue aérienne de la carrière de Lavéra, près du Ponteau. (Ph. L. Monguilan).

Fond de carrière submergée de la calanque de Beaumaderie. (Ph. P. Pirazzoli).

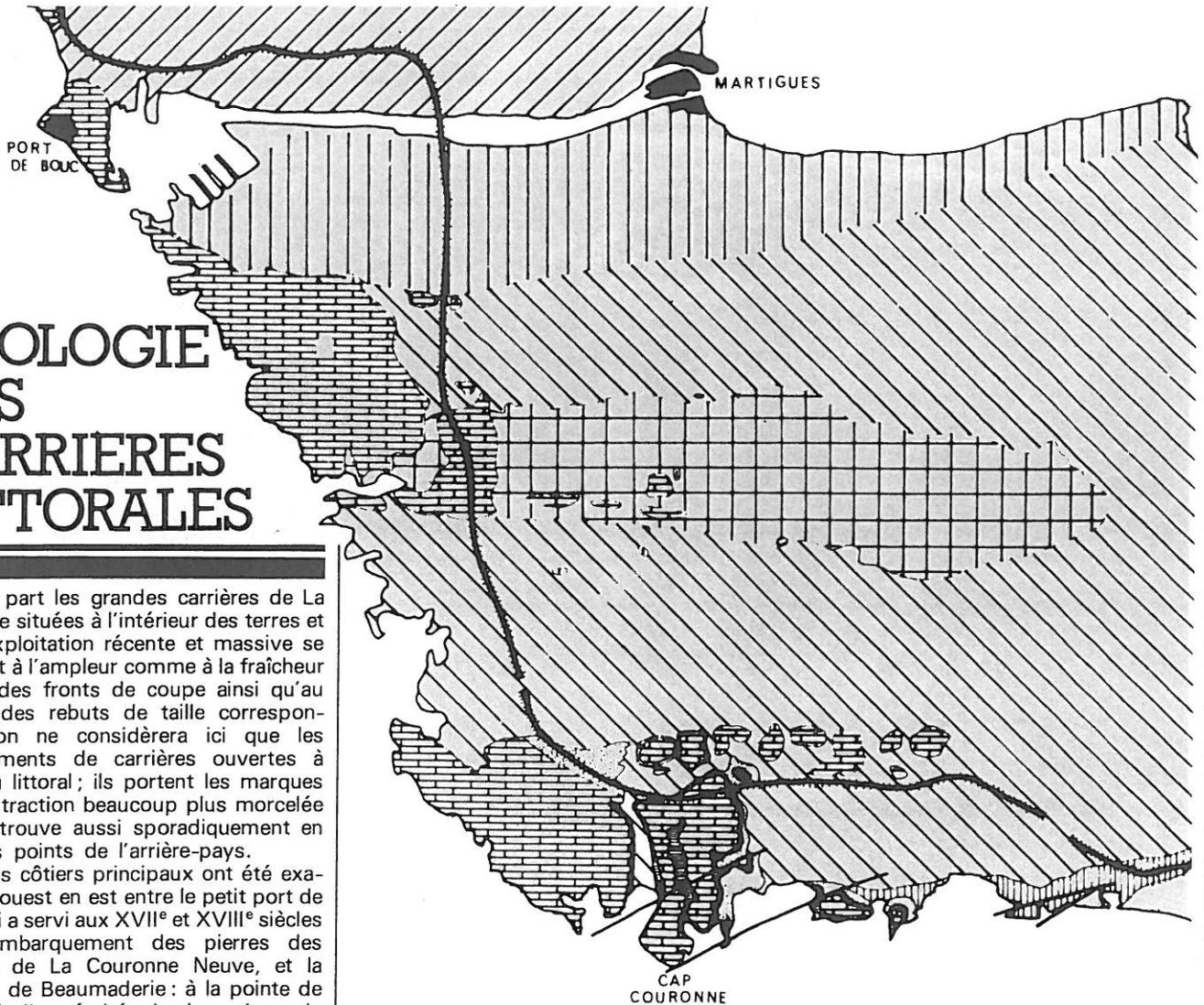
Ci-dessous.
Carte géologique des affleurements du Burdigalien de la presqu'île de la Nerthe (extrait de M. Maurel-Ferrandini, 1976, carte h.t.)

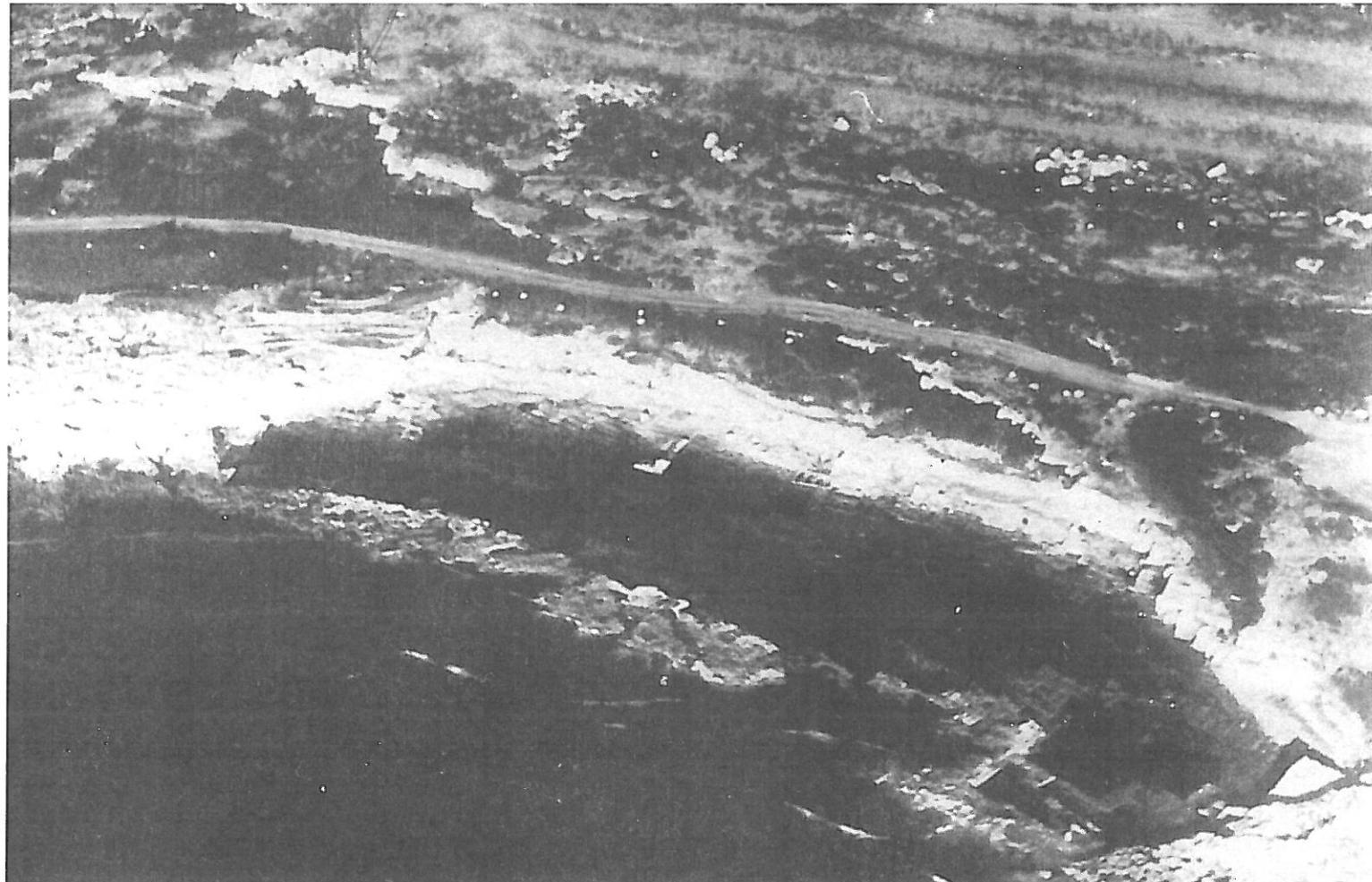
Burdigalien supérieur	
Burdigalien moyen	
Burdigalien inférieur	
Aquitanien	
Oligocène	
Crétacé sup. contin.	
Crétacé sup. marin	
Crétacé inférieur	
Faïlle.	

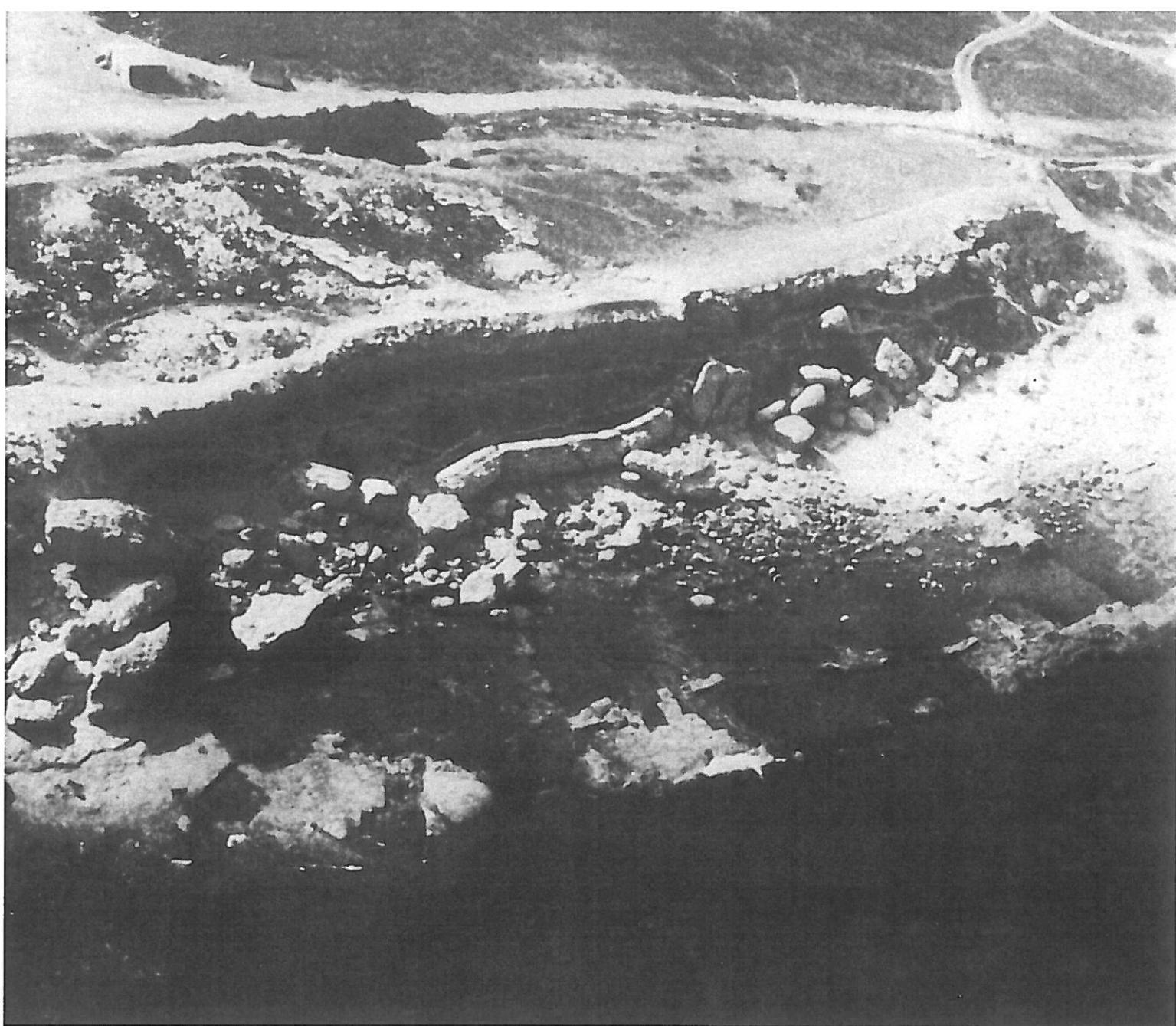
GEOLOGIE DES CARRIERES LITTORALES

Mises à part les grandes carrières de La Couronne situées à l'intérieur des terres et dont l'exploitation récente et massive se reconnaît à l'ampleur comme à la fraîcheur relative des fronts de coupe ainsi qu'au volume des rebuts de taille correspondants, on ne considèrera ici que les emplacements de carrières ouvertes à partir du littoral ; ils portent les marques d'une extraction beaucoup plus morcelée qu'on retrouve aussi sporadiquement en plusieurs points de l'arrière-pays.

Cinq sites côtiers principaux ont été examinés d'ouest en est entre le petit port de Carro qui a servi aux XVII^e et XVIII^e siècles pour l'embarquement des pierres des carrières de La Couronne Neuve, et la calanque de Beaumaderie : à la pointe de Carro ; à l'extrémité de la pointe de Roquetaillade ; en deux endroits sur la rive est de l'anse du Verdon ; sur la rive sud-ouest de l'anse de la Vieille Couronne ; sur la côte orientale du promontoire de l'Arquet limitant vers l'ouest la calanque







Ci-dessus.
Vue aérienne oblique de la
carrière littorale submergée de
Beaumaderie. (Photo L. Monguilan).

Page de droite.
Le réseau d'ornières au nord de
la carrière littorale de Beaumaderie.
(Photo C.N.R.S., Ph. Foliot).

A la base, on trouve le calcaire rose à grandes huîtres du Burdigalien inférieur. Son exploitation a déterminé à Beaumaderie le développement du vaste platier artificiel aujourd'hui partiellement immergé. Puis viennent les marnes gréseuses tendres et jaunes du Burdigalien moyen qui s'amincissent d'est en ouest. Ce banc, en partie impropre à l'exploitation, est creusé de « taffoni » déterminant des surplombs souvent effondrés de la dalle supérieure. Celle-ci, blanche en surface mais rosée dans sa masse, correspond au Burdigalien supérieur à bryozoaires, qui affleure largement sur le plateau de La Couronne et dans lequel ont été exploitées les carrières de Carro.

L'ensemble du Burdigalien est en transgression au-dessus de structures antérieures complexes développées notamment dans le calcaire dur de l'Urgonien (dit « pierre de Cassis ») avec lequel elle ne saurait se confondre (G. Guieu, 1968). Cette discordance est apparente dans le vallon du Verdon où l'Urgonien est redressé à la verticale, ainsi qu'entre Beaumaderie et

Sainte-Croix où le Burdigalien inférieur se termine en biseau au-dessus d'une topographie plus ancienne d'escarpement de faille, fossilisée par la brèche aquitanaïenne. Les couches miocènes s'épaississent vers l'ouest en liaison avec la subsidence du Bas-Rhône et elles sont affectées d'un pendage sensible en direction du sud-ouest de sorte que chacun des bancs exploités arrive successivement au niveau de la mer comme c'est le cas dans l'anse du Verdon.

Il en résulte deux possibilités mises à profit concurremment ou à différentes époques pour l'évacuation des blocs, soit par voie maritime grâce aux bonnes conditions d'accostage offertes par la morphologie littorale - ce que confirme du reste l'existence de bittes ou d'encoches taillées dans le rocher pour l'amarrage des navires - soit par voie terrestre à partir du plateau où s'inscrit, notamment au-dessus de l'anse de la Vieille Couronne et surtout au bas de la rampe d'accès au site de Beaumaderie, tout un réseau d'ornières tracées par d'anciens charrois.



Burdigalien supérieur. A la différence des grandes carrières récentes voisines, il s'agit d'une exploitation artisanale, au détail, bloc à bloc en quelque sorte et donc liée sans doute à des besoins locaux : on note çà et là des vides laissés par le délogement des blocs et, très caractéristiques, les saignées de 10 à 12 cm de largeur se prolongeant en quart de rond au-delà de la découpe de ceux-ci, en général sur le petit côté.

Un bon exemple de ce type est donné par une petite carrière située à 1 500 m environ

2. C'est à la base des carrières littorales que s'observent, à fleur d'eau ou partiellement submergées par la mer, les traces d'exploitation les plus significatives. A l'exception des carrières de Roquetaillade dont le plancher, bien que sapé par le ressac et en partie effondré dans la mer, est nettement au-dessus du niveau de celle-ci, les parties les plus basses des autres fonds de carrières se trouvent ordinairement sous une trentaine de centimètres d'eau avec une remarquable constance (à 10 cm près) d'un site à l'autre, comme s'il y



LES VESTIGES D'EXTRACTION

L'examen de ces carrières littorales permet de définir d'après des traces qui ne correspondent, il est vrai, qu'au dernier état de l'exploitation avant son abandon, trois types de formes qui se répètent d'un site à l'autre, mais peuvent varier pour un même site entre le fond, à présent inondé des carrières, et la surface du plateau.

1. Le premier type correspond à une extraction superficielle sans plan d'ensemble dont les témoins sont visibles sporadiquement en retrait du littoral. Elle se remarque en de nombreux points du plateau de La Couronne où affleure en corniche, au-dessus des vallons, le calcaire blanc du

au nord de l'anse du Verdon et à 400 m à l'ouest d'exploitations récentes mentionnées par la carte au 1/20 000^e. Précédée par une voie à ornières qui partait du vallon des Chapats, elle est creusée à l'extrémité d'un banc calcaire dominant en corniche la route de Martigues. Le front de taille est en fait réduit à la hauteur d'un bloc et présente une série de redans typiques dont la largeur de 0,60 m équivaut à celles d'un bloc et de la saignée correspondante.

Des traces semblables, quoique plus fortement érodées par la météorisation, se trouvent près du rebord de plateau dominant les carrières littorales au fond de l'anse du Verdon ; la largeur maximale des saignées taillées en biseau est ici de 0,20 m. Plus remarquables encore, en raison des éléments de datation qu'ils fournissent, sont les emplacements de carrières du même type associés à des habitats de l'âge du fer à la pointe de l'Arquet, et au sujet duquel nous nous référerons aux travaux de Ch.-H. Lagrand (1961-1962).

avait là dans l'antiquité un niveau minimal en-dessous duquel il n'était plus possible de travailler.

Bien qu'il soit impossible de restituer le profil originel du littoral, on peut se faire une idée de l'importance du volume extrait au simple vu de l'élévation de la falaise artificielle et de l'extension du platier résultant l'une et l'autre de l'exploitation de ces carrières.

L'ensemble le plus spectaculaire est celui de Beaumaderie, mais l'épaisseur des formations exploitables était plus importante au Verdon et près de Carro où les marques orthogonales laissées par les saignées sont visibles jusque sur les quartiers de rocher effondrés dans la mer.

3. Une exploitation de l'époque moderne ou contemporaine est reconnaissable enfin sur certains fronts de taille d'après la fraîcheur relative des marques parallèles qui s'y inscrivent. Mais ces fronts de taille ne présentent, souvent, qu'une élévation modeste correspondant à l'épaisseur des bancs exploitables. Leur développement est continu sur plusieurs mètres et

*Ci-dessous.
Fronts de coupe de la carrière
de Roquetaillade, près du port de Carro.
(Photo C.N.R.S., Ph. Foliot).*

*Page de droite.
Quadrillage des saignées
de détournement des blocs sur le plancher
de la carrière de l'anse du Verdon,
rive est. (Ph. C.N.R.S., R. Guéry).*

contraste avec le morcellement des vestiges d'extraction visibles dans les parties hautes des carrières ainsi que sur le platier. C'est le cas à Roquetaillade où des fronts de taille perpendiculaires découpent un épais banc de molasse rose. Il en est de même peut-être à la Vieille Couronne et dans l'anse du Verdon. Enfin, à Beaumaderie, l'exploitation a pu se poursuivre, comme l'indique la présence des ornières, à partir du plateau longtemps après la submersion des parties basses au sud de la Carrière.

Ces reprises d'exploitation rendent malaisées l'identification précise et la datation des emplacements de carrières antiques, d'autant que les mêmes techniques d'extraction ont été pratiquées au fil des siècles.

LES TECHNIQUES D'EXTRACTION

On notera, par opposition aux grandes carrières modernes de l'intérieur, une même tendance au morcellement par un découpage à l'aiguille ou à l'« escoude » laissant subsister de nombreux redans ou même, comme à Carro, des buttes au profil géométrique « cubiste » marqué de multiples décrochements.



Cependant, si l'on considère, à la surface des planchers de carrières, les marques de saignées dessinant les contours des blocs enlevés et que soulignent les algues ou la corrosion marine, l'impression générale de damier qui s'en dégage est bien celle d'une exploitation en série, ce que confirme au demeurant la fréquence de certains modules : 0,30 - 0,50/0,55 - 0,70 et 1,10 m. Ces trois dernières constantes, relevées notamment à Roquetaillade et dans la partie sud de la carrière de Beaumaderie, sont d'autant plus dignes d'être signalées qu'elles apparaissent également sur les blocs du rempart hellénistique de Marseille.

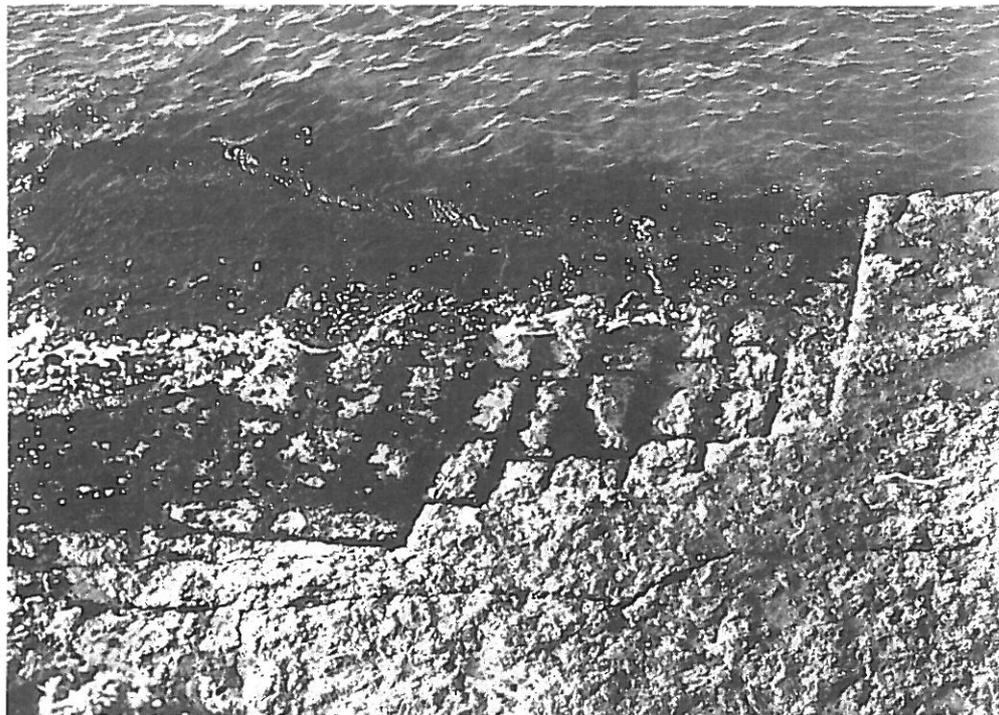
On peut remarquer que partout l'extraction a été guidée par des diaclases à partir desquelles s'est effectué le découpage des

blocs. Ainsi s'expliquent, par exemple à Roquetaillade, les fréquentes variations d'orientation dans le quadrillage des saignées. De même, comme il apparaît bien à Beaumaderie et surtout au Verdon où les trois formations du Burdigalien sont exploitées tour à tour, le souci de suivre les interlits dans le sens du pendage des couches, tout en restant à l'époque au-dessus du niveau de la mer, a déterminé des décrochements volontaires verticaux de l'exploitation. Il en résulte que la pente générale du platier, voisine de l'horizontale, est inférieure à celle des bancs inclinés vers le sud.

Dans le sens transversal au pendage des couches on constate, en revanche, que l'exploitation a été poursuivie plus profondément en retrait du rivage qu'en

IDENTIFICATION ELEMENTS DE CHRONOLOGIE

La localisation des gisements utilisés pour la construction des monuments antiques de Marseille aux époques hellénistique et romaine ne laisse aucun doute. En effet, il s'agit d'une formation dont la zone d'affleurement est étroitement circonscrite par les limites mêmes de la transgression miocène au sud de la presqu'île de la Nerthe et à la plaine de Ponteau. Bien que la



bordure même de celui-ci où une sorte de digue avait été réservée, sans doute à dessein, à la fois pour faciliter l'accostage des barges et pour protéger le chantier des projections du ressac. Les vues aériennes obliques, dues à L. Monguillan, de la carrière de Lavéra, près de Ponteau, donnent une illustration saisissante de ce dispositif qu'on retrouve fréquemment dans des carrières romaines immergées (N.-C. Flemming 1979) et que nous avons pu observer entre autres à Tipasa en Algérie et à R'mel près de Bizerte en Tunisie, de même que dans les carrières du moyen âge à Rhodes.

Le fait essentiel à souligner est que ces carrières n'ont pu être exploitées dans l'état de submersion où elles se trouvent actuellement compte tenu de la technique employée qui est celle de la saignée et non celle du coin mouillé réservée à des matériaux plus durs. Force est donc d'admettre la réalité d'un relèvement relatif du niveau marin depuis l'époque où elles ont été abandonnées.

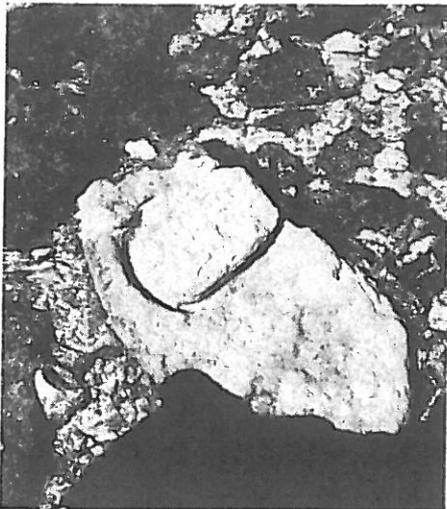
distance des latomies mentionnées par Strabon, environ 18 km, soit inférieure à celle qui sépare en réalité Marseille du Cap Couronne (25 km au plus court) il est inutile de rechercher ailleurs - par exemple à Carry-le-Rouet (*Incarus* : It. Ant. mar., 507, 3, p. 81) - l'emplacement de ces carrières antiques. La mention du « grand promontoire » où se trouvaient les latomies et au-delà duquel « le littoral commence à s'incurver vers l'intérieur » suffit du reste, par sa précision topographique, à corriger en faveur du site de La Couronne l'erreur faite par cet auteur dans l'appréciation des distances. C'est au demeurant en ce lieu que le découpage du littoral et le pendage modéré des bancs utilisables se prêtaient le mieux à une exploitation par mer, plus adaptée elle-même au transport de pondéreux que les charrois terrestres de l'antiquité.

Les navires de transport disposaient de nombreux points d'amarrage, recensés par L. Rivet et J.-L. Jouanaud, auxquels on peut ajouter l'encoche en fer à cheval

taillée dans une dalle effondrée au fond de l'anse de la Vieille Couronne (Ch.-H. Lagrand, 1959). Un chenal perpendiculaire à la côte, à Beaumaderie, aboutissait à proximité d'une bitte d'amarrage à la limite du secteur de carrière aujourd'hui recouvert en permanence par une trentaine de centimètres d'eau.

Une série d'indices convergents désigne donc les fonds de carrières submergés comme les emplacements même des latomies antiques. Aux suggestions très précises apportées par le découpage modulaire des blocs, on peut ajouter des éléments de datation relative comme le degré de météorisation ou de corrosion biochimique du calcaire avec formation de vasques de dissolution aux bords en encorbellement qui supposent, selon R. Paskoff, une durée de façonnement suffisamment longue pour s'accorder avec l'antiquité présumée des marques d'extraction visibles en cet endroit.

De même, un prélèvement effectué à l'emplacement d'un bloc extrait sur le rebord de plateau au-dessus de l'anse du Verdon révèle une recalcification superficielle qui atteste une grande ancienneté ; le même phénomène a été observé par M. Nicod sur le dallage supérieur du Pont du Gard. (On notera en revanche qu'un prélèvement effectué sur une ornière près de



*Ci-dessus.
Point d'ancrage sur une dalle
effondrée du plancher de carrière
de l'anse de la Vieille Couronne.
(Ph. C.N.R.S., Ph. Foliot).*

*Page de droite.
Traces de corrosion
dues aux algues endolithes dans
une saignée d'extraction, à l'extrémité
sud de l'anse du Verdon.
(Ph. C.N.R.S., R. Guéry).*

la Vieille Couronne montre l'absence totale de recalcification ; cette constatation incite à considérer avec prudence la chronologie de ces ornières, beaucoup d'entre elles pouvant résulter de charrois modernes). Or, des emplacements de carrières de surface ont été datés de manière très précise du IV^e siècle avant J.-C. par Ch.-H. Lagrand, à l'Arquet. Des habitats plus anciens associés à ces exploitations superficielles ont été, selon cet auteur, détruits partiellement à partir du siècle suivant par la poursuite de l'extraction.

Un autre indice de datation a été obtenu récemment par l'examen des rebuts d'extraction de la carrière de Roquetaillade. Sans être entièrement probant, s'agissant de remblais remaniés dans un passé récent, il indique néanmoins que les environs immédiats de la carrière étaient déjà occupés vers le II^e siècle avant notre ère, époque qui correspond à la construction du rempart hellénistique de Marseille. Enfin, une contre-épreuve de ces éléments de chronologie et le repérage de bancs utilisés aux différentes phases de l'exploitation sont à espérer d'une étude pétrographique comparée d'échantillons prélevés sur les vestiges de la Bourse et dans les carrières littorales. Des premières analyses sur lames minces effectuées actuellement par F. Catzigras et E. Colomb, il appert d'ores et déjà que le calcaire blanc du monument à triglyphes bas, daté du IV^e siècle avant J.-C., serait du faciès de Ponteau, de même que le matériau du quai du port et du bassin romains, tandis que la pierre rose du rempart hellénistique appartient bien au Burdigalien supérieur à bryozoaires du Cap Couronne. En revanche, le grand chapiteau ionique du VI^e siècle avant J.-C. découvert à Marseille n'est pas de La Couronne, comme le pensait F. Benoît (1953), mais d'une provenance qui reste à déterminer.

Il est ainsi établi que du IV^e siècle avant J.-C. au I^{er} siècle de notre ère, ces carrières littorales, aujourd'hui en partie submergées, ont été mises à contribution pour exporter de la pierre à bâtir à Marseille.

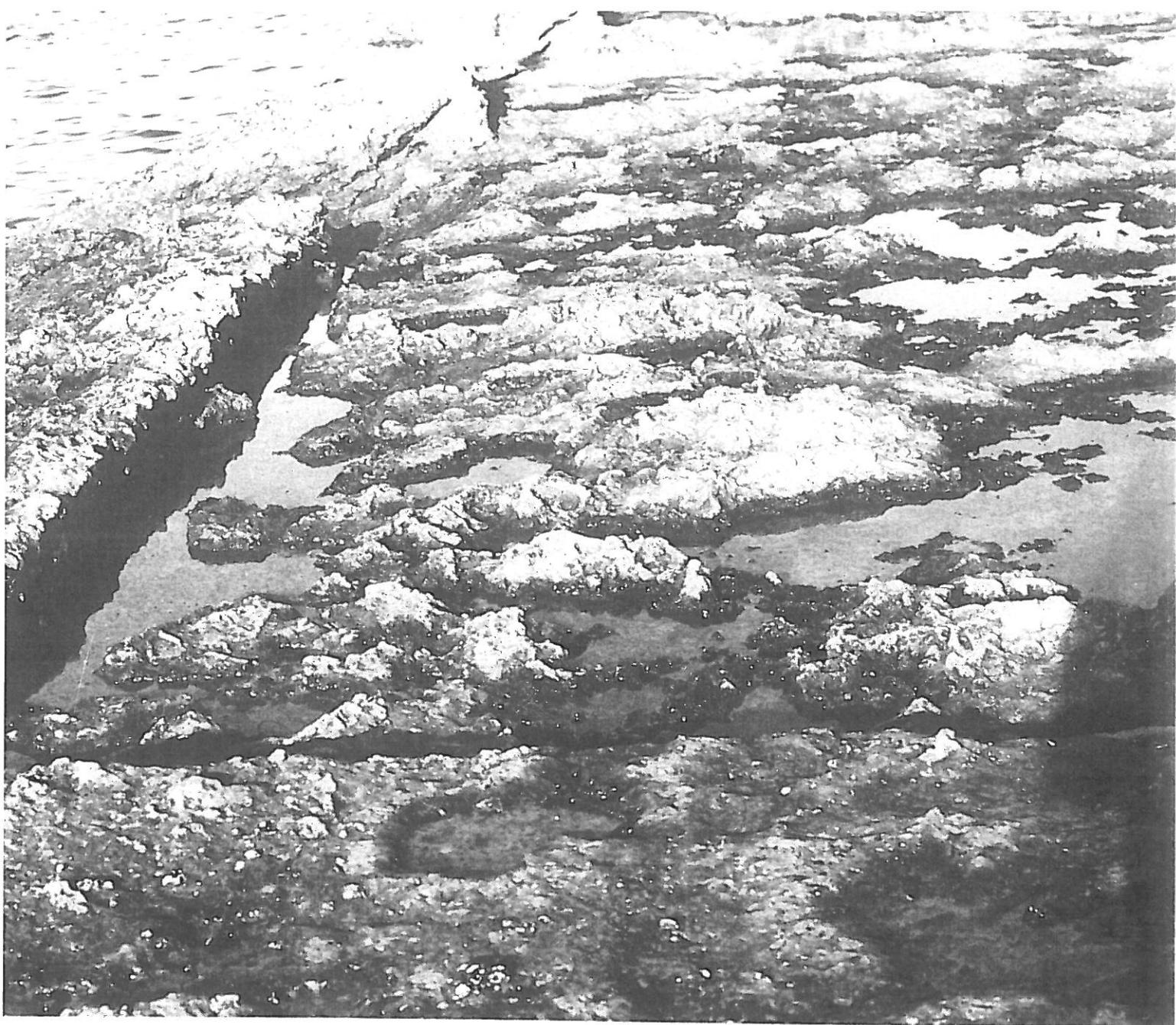
INTERPRETER ET MESURER LA SUBMERSION

Le Cap Couronne occupe, selon J. Blanc, une position charnière sur les côtes de Provence occidentale. A l'est, bien que le bassin de Marseille relève d'une structure en « graben » (fossé d'effondrement) (Bonifay, 1967), les mouvements tectoniques verticaux ne semblent pas avoir joué de rôle sensible depuis l'antiquité. A l'ouest, en revanche, on entre à partir du



golfe de Fos dans le secteur affaissé du Bas-Rhône. Le fait que la nécropole et les installations portuaires antiques de Fos, repérées par L. Monguilan, soient submergées sous plus de trois mètres « prouve un affaissement du sol de l'ordre de 4 à 5 m, très supérieur à la moyenne généralement admise ». Cette submersion ne peut pas s'expliquer par l'érosion marine, ni même par un simple tassement des alluvions, mais par une subsidence liée elle-même à un rejeu récent de failles ou de flexures. Or, les inflexions du littoral de la Nerthe suivent le tracé de failles qui intéressent, à l'ouest, la bordure camarguaise (Blanc, 1967). Les images de satellite étudiées par M. Guy et A. L'Homer (1973) laissent supposer l'existence d'une faille entre Istres et Fos, une autre faille passant par Saint-Gilles. Elles encadrent l'aire de subsidence du Bas-Rhône.

Au Cap Couronne, situé à la limite de la première fracture, on peut estimer à



0,30/0,50 m la valeur minimale de la montée relative du niveau marin. C'est la tranche d'eau recouvrant en permanence le plancher des carrières et cette même valeur est nécessaire, selon P. Pirazzoli (1976), au fonctionnement de l'égout romain aboutissant au fond de l'anse de la Vieille Couronne. Par ailleurs, la profondeur du chenal de Beaumaderie est de 3,60 m à l'aplomb de la carrière. On ignore le tirant d'eau des barges qui assuraient le transport des pierres jusqu'à Marseille, mais il n'est pas impensable que l'examen du chargement de pierres d'un des *naves lapidariae* naufragé dans l'anse de Bonnieu puisse nous livrer un jour quelques précisions sur ce sujet. En admettant provisoirement qu'une profondeur d'environ trois mètres, qui correspond du reste à celle du port antique de Marseille, était requise pour l'accostage et l'évolution des barges, on peut estimer à 0,60/0,70 m la valeur maximale de la montée relative du niveau

de la mer au Cap Couronne depuis l'antiquité.

Ainsi, les données de Marseille et de La Couronne indiquent une même submersion d'environ un demi mètre, que confirment plus à l'est les vestiges de viviers à poissons romains de La Gaillarde, de l'île Sainte-Marguerite et d'Antibes (N.C. Fleming, 1969 ; P. Pirazzoli, 1976 ; id., 1979). Plus loin, sur les côtes ligures et tyrrhéniennes, en dehors de quelques localités tectoniquement subsidentes comme *Populonia* et, dans le même axe, les îles d'Elbe et de Pianosa, la submersion depuis l'époque romaine est de même ordre que sur la côte provençale (cf. l'article de G. Schmiedt, dans ces Dossiers). Ces données - cohérentes sur près de 1 000 km de côte - indiquent une remarquable stabilité d'ensemble à l'extérieur des deux régions très subsidentes du delta du Rhône et de la zone volcanique de Naples. Mais cette apparente stabilité

d'ensemble ne signifie pas que la montée du niveau de la mer est nécessairement d'origine eustatique. Dans d'autres régions du monde, en effet, de très nombreuses traces d'anciens rivages datant de la même époque se trouvent aujourd'hui à des altitudes très variables. On peut en déduire que des facteurs divers (isostatiques, tectoniques, rhéologiques, eustatiques) superposent leurs effets à plusieurs échelles (locale, régionale, voire continentale ou mondiale). Il en résulte, surtout en Méditerranée, une mosaïque de situations apparemment homogènes, mais qui varient en fonction de l'étendue et de la durée de temps considérée. Les côtes comprises entre le delta du Rhône et la Campanie semblent constituer, depuis 2 000 ans, une pièce de cette mosaïque. Il serait donc hasardeux d'extrapoler à d'autres régions les résultats obtenus sur les côtes provençale ou tyrrhénienne et de leur attribuer une signification générale.

LES VIVIERS ROMAINS DE LA COTE TYRRHENIENNE

Général Giulio SCHMIEDT

Dans le cadre de recherches sur l'évolution et la défense des côtes italiennes effectuées de 1969 à 1971, sous le patronage du Consiglio Nazionale delle Ricerche, une enquête (1) a permis de relever les données que fournissent les vestiges de viviers marins de l'époque romaine (2) pour déterminer le niveau de la Mer Tyrrhénienne dans l'Antiquité.

On a tenu compte des valeurs maxima et minima de la marée dans les parages et de la hauteur dont les structures étudiées devaient émerger pour être fonctionnelles. La valeur de la submersion est donnée par rapport au niveau moyen actuel de la mer (3).

Les viviers que nous étudions dans le présent article sont situés le long de la côte entre le promontoire de l'Argentario et celui de Scauri et dans les Iles Pontiennes (Ponza et Ventotene).

Les canaux qui les alimentaient ou qui les reliaient entre eux étaient le plus souvent munis de dispositifs en commandant le

passage. Ces dispositifs comprenaient un cadre en pierre creusé d'une gorge dans laquelle coulissait une vanne ou une grille ; en latin l'ensemble s'appelait « cataracta » : nous avons conservé ce mot car il n'existe pas de mot français qui lui corresponde exactement ; bien entendu, aujourd'hui le cadre subsiste généralement seul.

1. cf. G. Schmiedt, *Il livello antico del Mar Tirreno*, Florence, 1972.

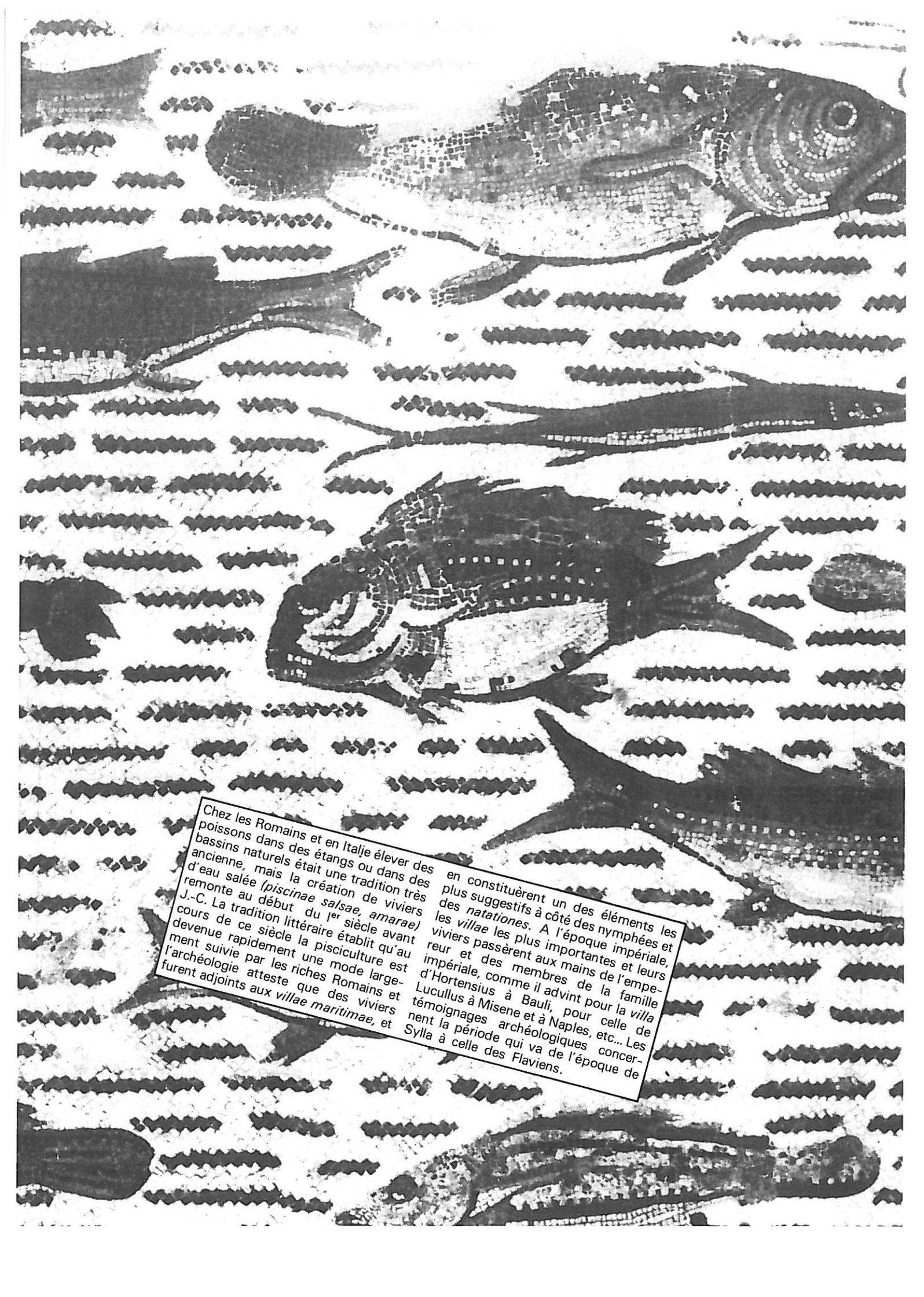
2. A ce sujet, cf. G. Conta, *Note sulle peschiere marittime nel mondo romano*, ds G. Schmiedt, *op. cit.*, p. 215-221. En dernier lieu, v. Pirazzoli, *Les viviers à poissons romains en Méditerranée*, *Oceanis*, V, fasc. hors-série, 1979-80, p. 191-201.

3. L'immersion par rapport au niveau moyen actuel a été calculée à partir de mesures directes, en tenant compte du niveau de la mer et de la pression barométrique au moment de l'observation. Pour calculer le niveau marin moyen on a choisi la prévision harmonique de la marée adoptée par l'Istituto Idrografico della Marina et appliquée par l'Istituto Geografico Militare Italiano, selon un programme étudié par le Prof. Benicini : cf. F. Guidi, *Determinazioni metriche* ds G. Schmiedt, *op. cit.*, p. 281-291.



Carte de répartition des viviers romains. 1. Santa Liberata - 2. « Bagno del Saraceno » - 3. « Bagni di Agrippa » - 4. Pian di Spille - 5. Martanum - 6. Martanum - 7. Torre valdaliga - 8. Mattonara - 9. Punta S. Paolo - 10. Punta della Vipera - 11. Fosso Guardiole - 12. Grottacce - 13. Torre Flavia - 14. Astura - 15. Astura - 16. Port d'Astura - 17. « Piscine de Lucullus » - 18. Sperlonga - 19. Formia - 20. Scauri - 21. Ponza - 22. Ventotene.

Page de droite. Hadrumète (Tunisie) Mosaïque des poissons dans la Maison du Vigile.



Chez les Romains et en Italie élever des poissons dans des étangs ou dans des bassins naturels était une tradition très ancienne, mais la création de viviers d'eau salée (*piscinae salsae, amarae*) remonte au début du 1^{er} siècle avant J.-C. La tradition littéraire établit qu'au cours de ce siècle la pisciculture est devenue rapidement une mode largement suivie par les riches Romains et l'archéologie atteste que des viviers furent adjoints aux *villae maritimae*, et en constituèrent un des éléments les plus suggestifs à côté des nymphées et des *natationes*. A l'époque impériale, les *villae* les plus importantes et leurs viviers passèrent aux mains de l'empereur et des membres de la famille impériale, comme il advint pour la *villa* d'Hortensius à Bauli, pour celle de Lucullus à Misene et à Naples, etc... Les témoignages archéologiques concernent la période qui va de l'époque de Sylla à celle des Flaviens.

TORRE VALDALIGA

Des viviers creusés dans la plate-forme d'abrasion et alimentés par des canaux à ciel ouvert

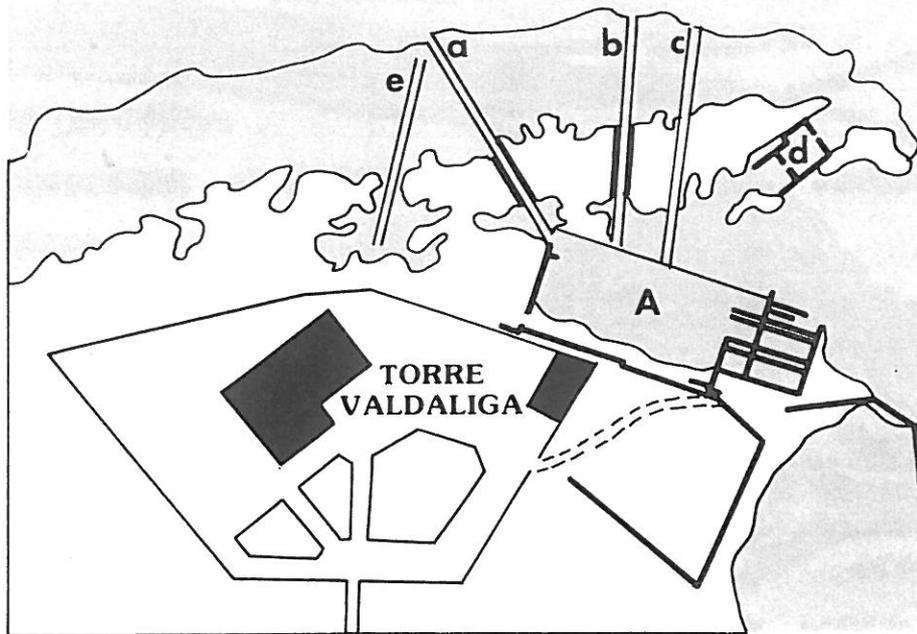
Le mieux conservé est celui de Torre Valdaliga, dépendant d'une *villa* maritime de l'époque républicaine (troisième quart du 1^{er} s. av. J.-C.), détruite en 1616 lors de la construction de la tour ordonnée par le Pape Paul V (4). Il est constitué par un bassin rectangulaire (39 × 19 m) creusé dans le roc, dont les parois sont revêtues d'« opus reticulatum » sauf sur le côté ouest. Ce bassin est alimenté par trois canaux et par un autre bassin, plus petit,

(d), également creusés dans le roc. Les canaux, profonds de 0,50 m à leur entrée dans le vivier, sont actuellement submergés sur plus de la moitié de leur longueur (a mesure 31 m de long, b 29 m et c 27 m), tandis que la plate-forme d'abrasion ne devait pas être envahie par les eaux à l'époque où ils ont été creusés : l'ancien rivage est actuellement à -0,63 m à leur débouché dans la mer ; on peut en déduire que le niveau marin était inférieur au niveau actuel lors de la construction de la *villa* ; sa montée est également indiquée par l'immersion à -0,25 m environ des divisions internes, du marchepied du bassin d et des *cataractae* qui étaient fermées par de minces dalles de grès percées de trois rangées de trous (5) : en admettant que ces structures émergeaient d'environ 0,40 m on peut calculer qu'à l'époque romaine le niveau de la mer devait être plus bas d'environ 0,65 m (6). Les trois canaux : a, b, c et le bassin avancé d avaient pour objet à la fois la capture des poissons et le renouvellement de l'eau.

4. G. Schmiedt, *ibid.*, p. 64-68, fig. 65-68. P. Pirazzoli, Les variations du niveau marin depuis 2 000 ans, Mémoires du Laboratoire de Géomorphologie de l'École Pratique des Hautes Etudes, n°30, Dinard, 1976, p. 264.

5. Ces dalles ont été observées par S. Bastianelli (Studi Etruschi, XIII, 1939, tav. XXIII, fig. 2) avant 1939 ; actuellement il ne reste en place qu'un fragment correspondant à la *cataracta* n^o1.

6. P. Pirazzoli estime qu'on doit encore tenir compte pour calculer la montée du niveau de la mer de l'érosion subie par la plate-forme d'abrasion depuis la construction du vivier et retient comme possible une montée relative du niveau marin de 0,40 à 0,65 m.



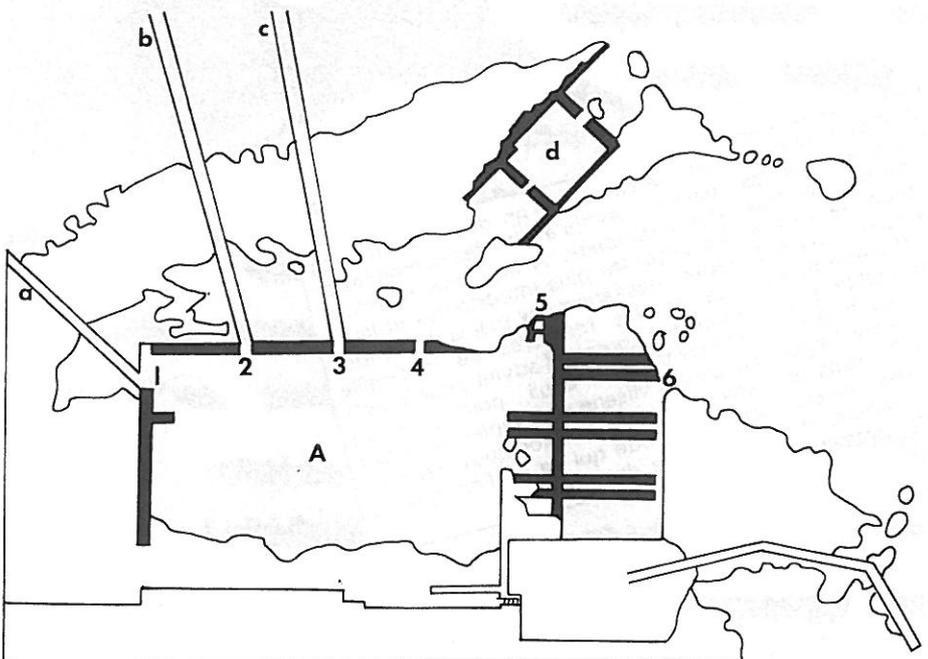
1	3
2	4

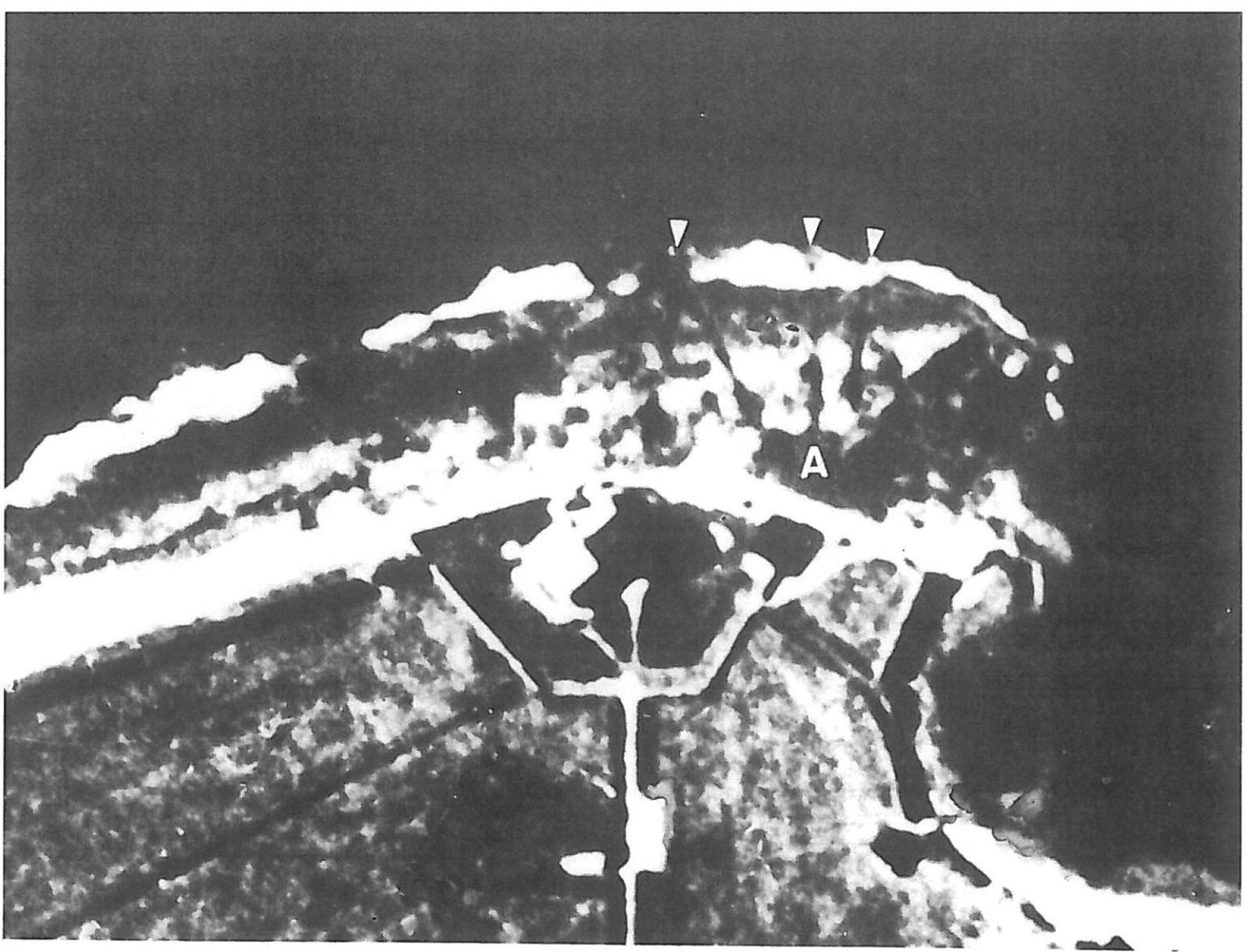
1. Vivier de Torre Valdaliga (à environ 4 500 m au N.-O. de Civitavecchia). A : bassin principal ; a, b, c : canaux ; e : canal peut-être en rapport avec un ancien emplacement du vivier ; d : bassin secondaire.

2. Vivier de Torre Valdaliga ; A : bassin taillé dans la plate-forme rocheuse avec parois revêtues en opus reticulatum et avec des divisions intérieures. 1, 2, 3, 4, 5, 6 : « cataractae » ; a, b, c, canaux entaillés dans la plate-forme ; d : bassin orienté vers les vents du large afin de favoriser la montée des alevins dans le vivier.

3. Vivier de Torre Valdaliga les flèches indiquent les bouches des canaux a, b, c dans le rivage de l'époque romaine (-0,63 m).

4. Vivier de Torre Valdaliga. Vue du nord-ouest. On remarquera les entailles des canaux b et c.





PUNTA DELLA VIPERA

Un vivier creusé dans la plate-forme d'abrasion défendu par des digues en blocage et alimenté par des canaux couverts

Le seul exemple de ce type est celui de la Punta della Vipera, établi sur les hauts fonds qui se trouvaient devant une villa de la première moitié du I^{er} s. ap. J.-C. dont les vestiges sont englobés dans des constructions modernes (7). Ce vivier est constitué par un bassin rectangulaire (48 x 30 m), creusé dans des bancs de pierre dure et enclos par une épaisse digue en blocage. Des murs intérieurs le divisent en trois parties dont celle du centre est occupée par une vasque circulaire de 20,20 m de diamètre, encadrée par deux vasques rectangulaires, tandis que les deux parties latérales étaient subdivisées à leur tour en

cinq vasques communiquant par des arches en briques. Les murs ont des parements en *opus reticulatum*, sauf la paroi extérieure de la vasque circulaire qui a un parement en briques. Le côté tourné vers la terre ferme en est séparé aujourd'hui par suite de la montée de la mer et c'est par un passage moderne en ciment qu'on accède maintenant au vivier.

Il était relié à la mer par trois canaux couverts creusés jusqu'à 1,85 m environ sous le niveau moyen, qui devaient alimenter constamment le fond du vivier en eau fraîche ainsi que le prescrit Columelle (*De re rustica*, XVII, 3). Comme le montre la photographie aérienne, ces canaux ont des orientations et des longueurs différentes : (A = 18,10 m ; B = 18,60 m ; C = 22 m) en raison des difficultés rencontrées lors du creusement dans la roche dure. On pouvait les barrer par des *cataractae* descendues par des fentes ménagées à l'extérieur de la digue ; en tenant compte de leur immersion actuelle (- 0,25 m) et de la hauteur probable de leur émergence (0,40 m), on déduit une montée du niveau moyen de la mer de 0,65 m.

7. G. Schmiedt, op. cit., p. 75-87, fig. 80-92 ; P. Pirazoli, op. cit., p. 264 ; P.A. Gianfrotta, *Castrum Novum, Forma Italiae, Regio III, vol. III, Rome, 1972, p. 122 sqq.*

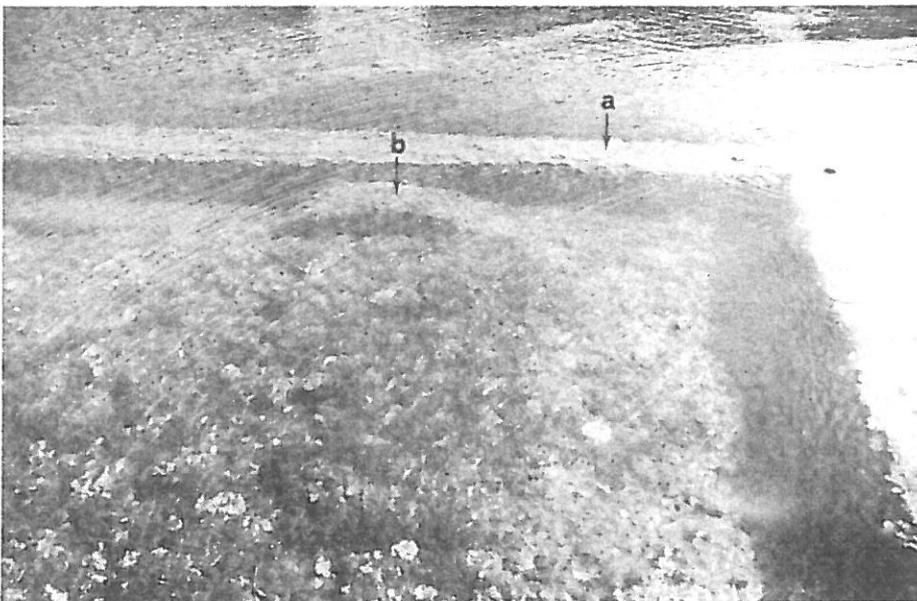
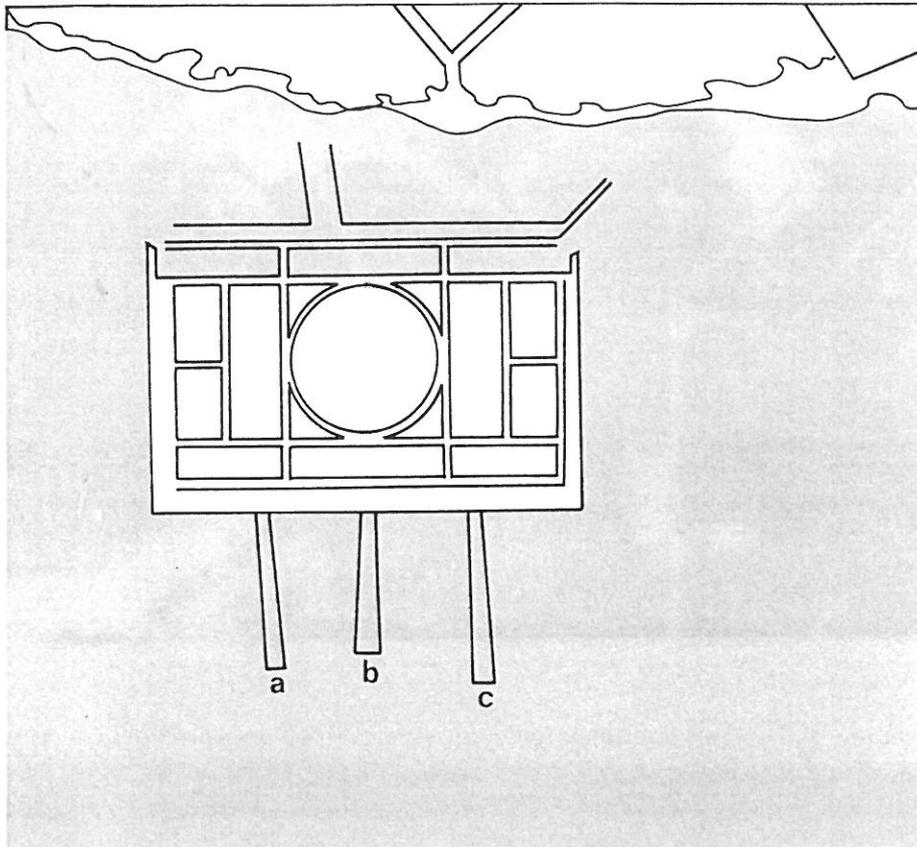
1	3
2	4

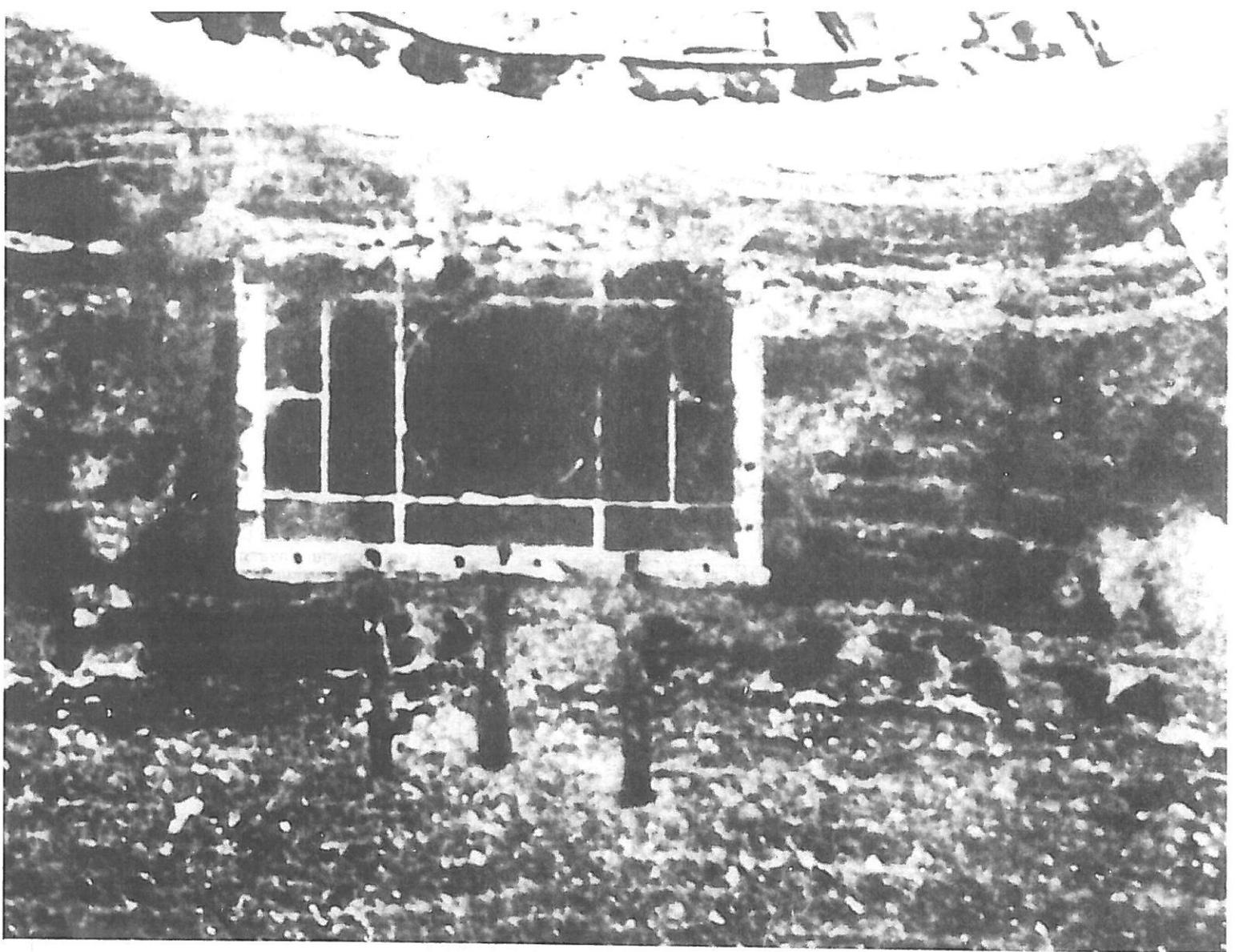
1. Vivier de la Punta della Vipera
Plan d'après la photographie aérienne.
Les trois canaux A, B, C,
sont submergés à - 0,25 m.

2. Vivier de la Punta della Vipera
séparations internes correspondant
au bassin sud-est submergées à - 0,23 m
(a) et cataracta submergée à - 0,53 m (b).

3. Vivier de la Punta della Vipera
vue aérienne verticale
(13 juillet 1964).

4. Vivier de la Punta della Vipera
digues sud et est vues de l'est,
longées par un marchepied
submergé de - 0,13 m.

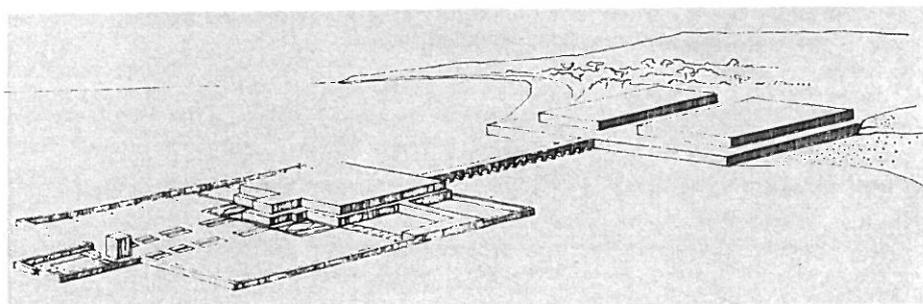
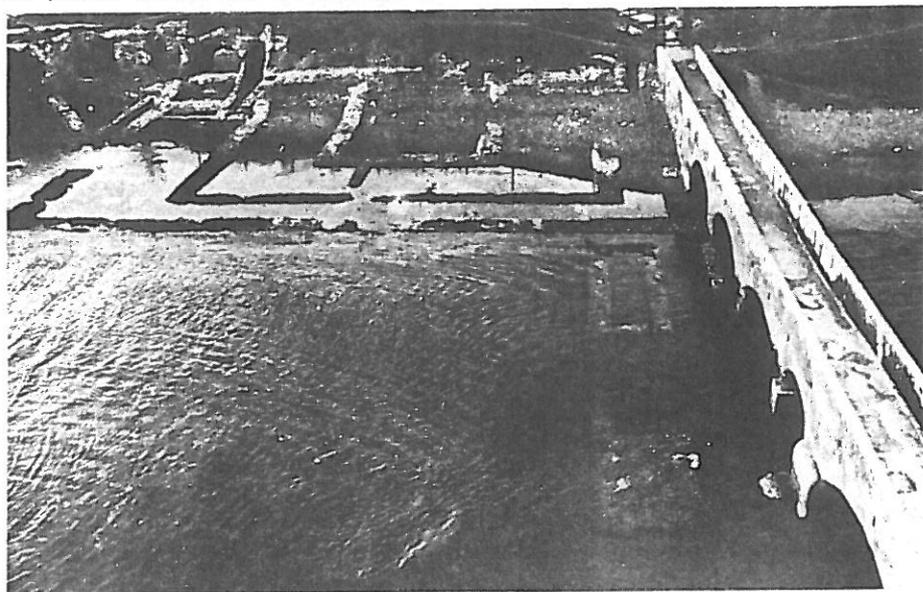
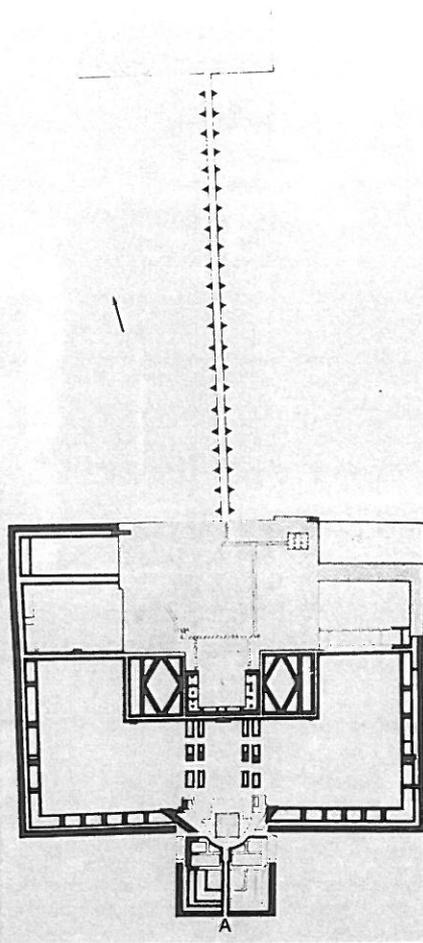




PUNTA ASTURA PUNTA DELLA SARACCA

Viviers construits
à la pointe d'un promontoire
et protégés par un
entourage de digues

Les exemples les mieux conservés se trouvent à la Punta Astura et à la Punta della Saracca (à environ 2 km à l'ouest d'Astura). Le vivier de Torre Astura date de l'époque augustéenne (8). Il s'appuyait à une île sur laquelle s'élevait une *villa* qu'un pont de 16 arches, long de 130 m, aujourd'hui ensablé, rattachait au promontoire. La digue protectrice est construite en blocage; dans sa partie la plus avancée vers la mer elle entoure un avant-corps - qui sert de fondation à la tour médiévale - cependant qu'elle était liée de l'autre côté à la *villa*. Derrière cette digue, dont ils sont séparés par un étroit canal, on trouve toute une série de bassins rectangulaires. Au centre un bassin, présentant deux vasques en losange, était uni à l'avant-corps par douze vasques disposées sur deux files parallèles dont certaines étaient couvertes de petites voûtes afin de protéger les



poissons du soleil. Dans un premier temps (9) l'avant-corps était constitué par un canal central rectiligne qui se divisait en deux branches (10) pour attirer les poissons dans la partie centrale du vivier où un aqueduc courant le long du pont apportait de l'eau douce; les poissons pouvaient être répartis dans les bassins d'élevage depuis cette partie centrale. Dans sa phase finale, on rattacha au vivier les deux môles du port qu'on protégea par un avant-mur (11). Les vestiges de la digue du vivier sont actuellement au niveau de l'eau du côté est et les murs de séparation des bassins qui ne sont pas ensablés sont à - 0,20 m; en supposant qu'ils émergeaient de 0,40 m on peut donc estimer que le niveau de la mer était inférieur de 0,60 m à son niveau actuel.

Le vivier de la Punta della Saracca (12) avait un plan en demi-cercle (diamètre: 90 m). Sa protection était assurée par une digue en blocage s'avancant au centre vers la mer ouverte sur une trentaine de mètres en formant un canal destiné à attirer les poissons et à faire entrer dans le vivier une eau de mer fraîche et sans sédiments. Peu après son départ, ce canal présente deux niches en demi-cercle formant un bassin ovale, puis il se rétrécit en entonnoir et s'achève par une section droite. Trois séries de gorges, placées vis-à-vis l'une de l'autre, montrent qu'une manœuvre opportune des trois *cataractae* permettait de capturer les poissons adultes qui sortaient du vivier par un bassin en trapèze auquel étaient réunies les trois séries de bassins intérieurs. La montée du niveau de la mer est d'environ 0,60 m d'après la submersion des *cataractae* du bassin trapézoïdal (-10,20 m) et leur émergence nécessaire (0,40 m).

8. G. Schmiedt, op. cit., p. 108-111, fig. 112-116; P. Pirazzoli, op. cit. p. 266.

9. F. Piccarretta (Astura, Forma Italiae, Regio I, vol. XIII, Florence 1977) estime que le vivier a été installé entre les dernières années de la République et les premières de l'Empire. (p. 23).

10. Ibid., fig. 108, p. 58.

11. F. Piccarretta (ibid., p. 65-69) pense que Claude aurait fait construire ce port pour qu'il y ait un refuge entre le portus romae et le circeo.

12. G. Schmiedt, op. cit., p. 114-120, fig. 122-127; P. Pirazzoli op. cit. p. 266; F. Piccarretta, op. cit., p. 68-74, fig. 122-136.

1	2
3	5
4	

1. Astura - reconstruction du vivier et de la villa (1^e phase).

En A entrée du canal principal dans l'avant-corps (d'après Piccarretta).

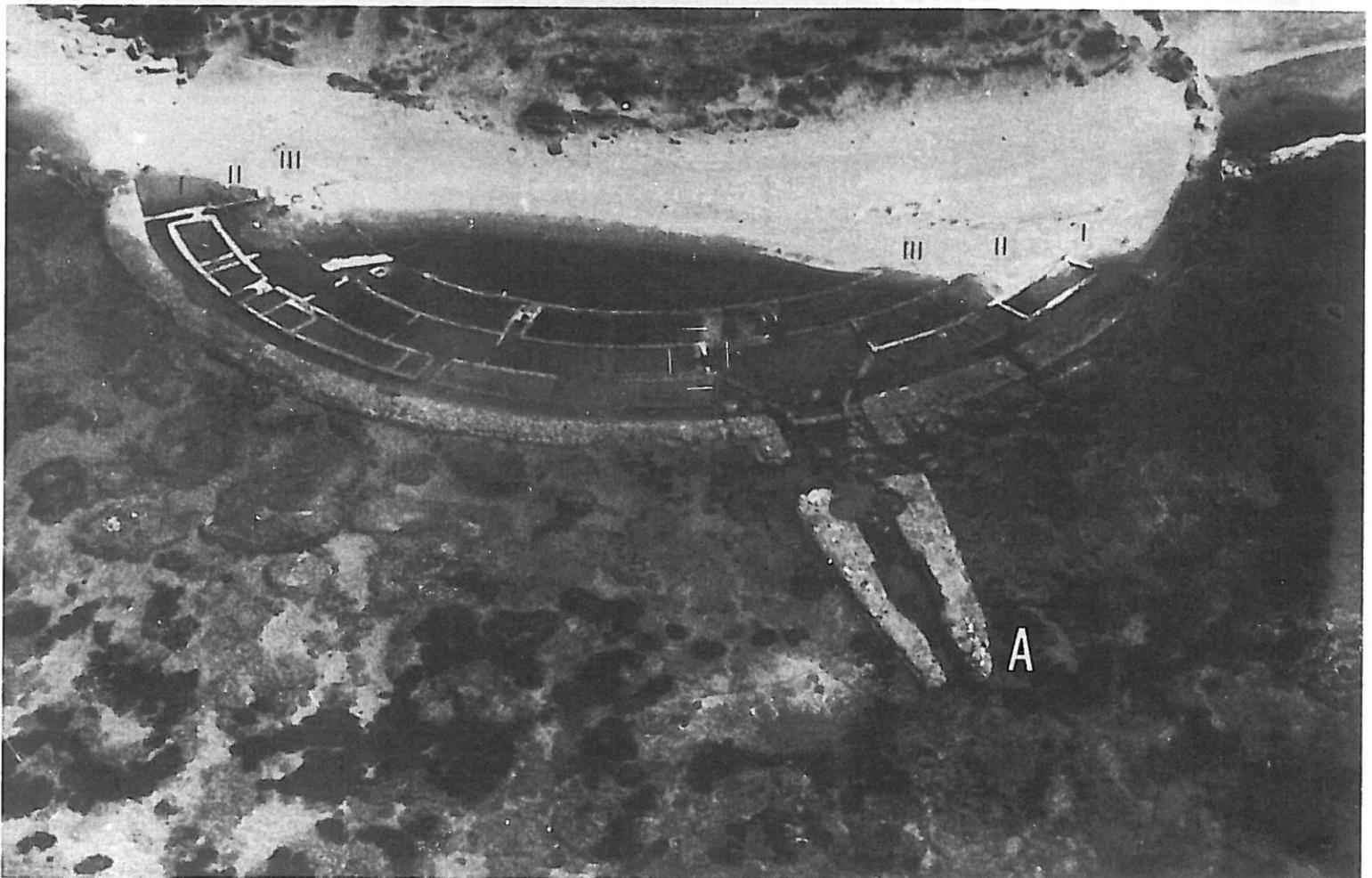
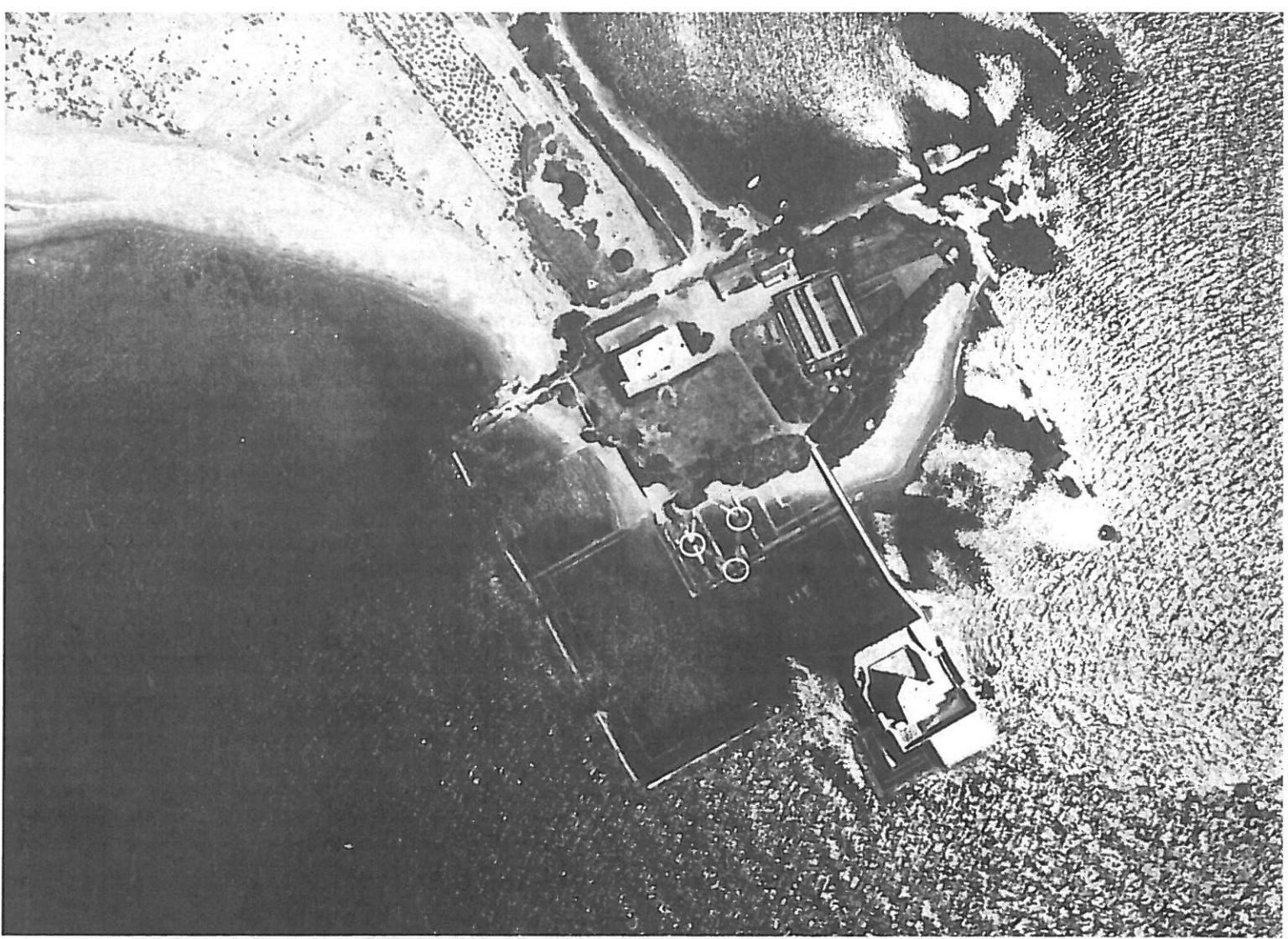
2. Astura - photographie aérienne du vivier et du port.

3. Astura - partie centrale du vivier; vue depuis l'avant-corps (d'ap. Piccarretta).

4. Astura - esquisse de la première phase (d'après Piccarretta).

5. Punta della Saracca (Astura) - vivier semi-circulaire constitué par trois rangées de bassins et défendu par une digue en blocage qui se prolonge en mer par le canal A destiné à la fois à servir de nasse et au renouvellement de l'eau.

A l'intérieur du vivier des poissons adultes pouvaient être rassemblés dans le bassin en trapèze par par la manœuvre de *cataractae* dont les piedroits sont encore en place submergés à - 0,20 m.



SANTA LIBERATA

Viviers construits dans les criques latérales d'un promontoire et protégés par des digues partant de la plage

Un exemple bien conservé se trouve dans la crique orientale du promontoire de Santa Liberata sur lequel s'étendent les vestiges d'une *villa* grandiose (13). Ce vivier est rectangulaire, sa face nord s'adosse à une des quatre grandes masses en blocage qui défendent la crique. D'après un plan daté de 1905 (14), le côté sud, aujourd'hui détruit, se rattachait à la plage et rencontraient le prolongement du côté est. Sur celui-ci était creusé un petit canal venant d'une grande citerne destinée à fournir de l'eau douce aux bassins afin d'en modérer la salinité et de constituer l'*aquatia* (15) qui attirait les alevins dans le vivier à travers les trous calibrés (4 à 5 cm) des grilles en bronze placées à l'entrée des canaux

13. G. Schmiedt, op. cit., p. 22-25 ; P. Pirazzoli, op. cit. p. 263.

14. R. del Rosso, *Pesche e peschiere nell'Etruria marittima*, Florence, 1905, p. 99-123. La planche de la p. 99 a été reprise par G. Schmiedt, op. cit., fig. 19.

15. Cic., *De Off.*, III, 14.

16. Colum., *De Re Rust.*, XVII, 6.

17. Le vivier était divisé en trois bassins : un bassin carré au nord, un autre en losange et le troisième rectangulaire.

18. Sur le plan supérieur du mur subsistent des vestiges notables des superstructures architecturales qui l'embellissaient.

19. G. Schmiedt, op. cit., p. 139-142, fig. 154-155 ; P. Pirazzoli op. cit., p. 267.

ouverts le long des digues (16). La photographie aérienne montre que la côte a reculé notablement, soit à cause de l'érosion, soit à cause de la montée du niveau de la mer ; elle révèle également des divisions intérieures (17). La submersion de la digue ouest (18), large de 7,20 m, est de -0,21 m, celle du mur est de -0,38 m, mais il faut probablement imputer cette différence au fait que la partie supérieure du mur ouest est beaucoup moins bien conservée. En tenant compte d'une émergence d'au moins 0,40 m et de la submersion du mur est, on déduit qu'à l'époque romaine le niveau de la mer était plus bas d'au moins 0,61 m.

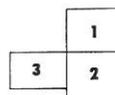
FORMIA

Un vivier dont les divisions intérieures avaient la même hauteur que les digues qui l'entouraient

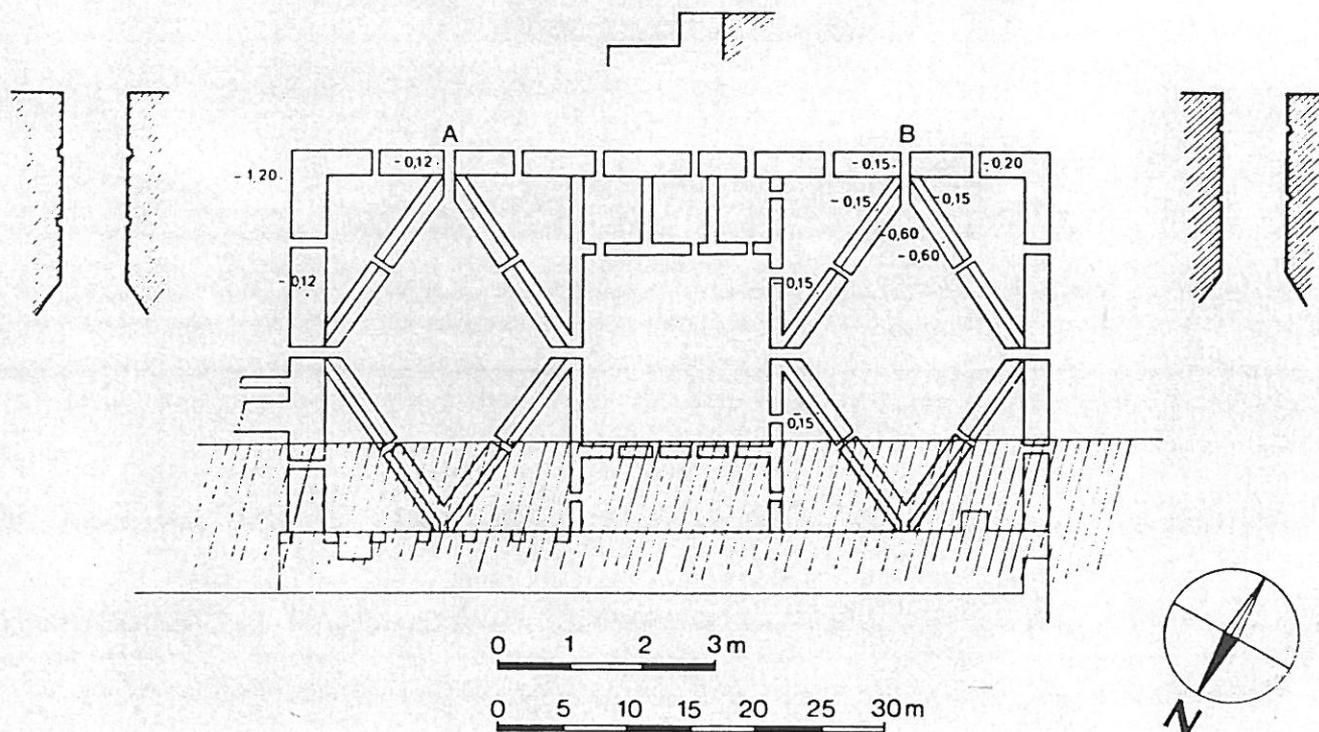
Le seul exemple se trouve à Formia ; il est du dernier quart du 1^{er} s. av. J.-C. (19). Protégé par une digue en blocage, ce vivier, de forme rectangulaire (60 x 30 m), est divisé en trois compartiments : les deux compartiments latéraux sont rectangulaires mais un bassin en losange y est inséré tandis que le compartiment central comporte un bassin carré encadré par deux autres rectangulaires, dont le plus proche de la mer est lui-même divisé en trois parties. Les vestiges sont très abîmés, mais on peut examiner les gorges des *cataractae* jumelées ouvertes au sommet des losanges dans la digue qui fait face à la mer et dans la digue ouest. Les

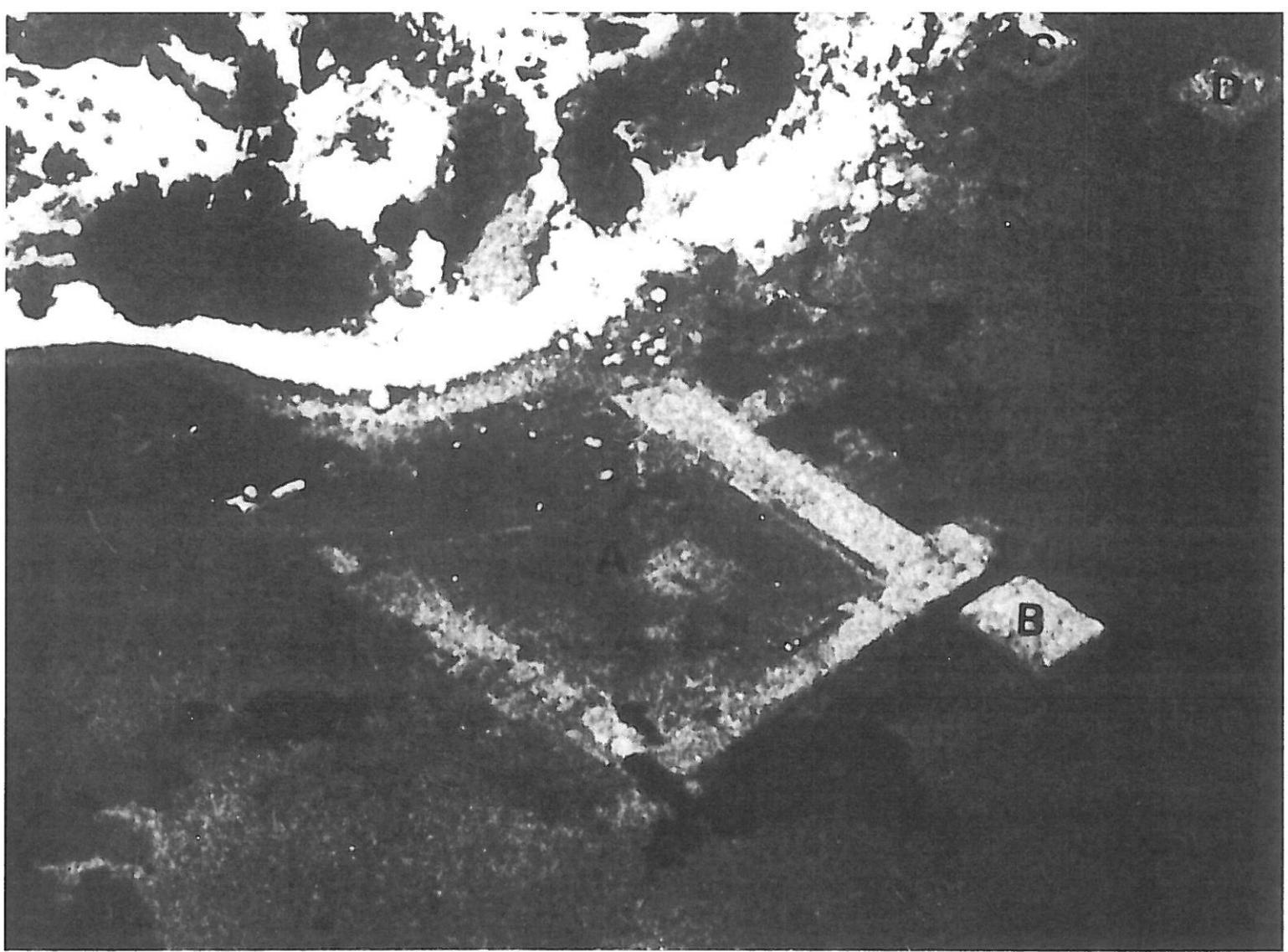
divisions intérieures étaient constituées par des murs qui avaient la même hauteur que la digue ; ceux des losanges ont 0,60 m de large à la partie supérieure (environ 2 pieds romains), avec des marchepieds à l'intérieur de ces bassins, larges de 1,10 m (environ 4 pieds). Le sommet des gorges des *cataractae* est actuellement à -0,15 m de même que les digues et les murs intérieurs, tandis que les marchepieds sont à 0,60 m.

En supposant qu'à l'époque de la construction ces marchepieds pouvaient rester sous le niveau moyen comme au vivier de Lucullus, que nous allons étudier maintenant, et que le sommet des digues émergeait d'au moins 0,40 m, on pourrait supposer une montée du niveau moyen de 0,55 m.



1. Vivier de Santa Liberata vue panoramique prise en 1966 (Fotocielo). A : bassin avec traces de divisions internes dont une en losange. B, C, D : grands blocs d'*opus caementicium* (blocage) destinés à protéger le vivier des tempêtes. On remarque le recul de la ligne de côte dû à l'érosion marine et à la montée du niveau de la mer.
2. Vivier de Santa Liberata - vue de la digue ouest prise le 26 sept. 1970 la submersion est de -0,21 m.
3. Formia - plan du vivier avec indication des profondeurs d'immersion des vestiges à 10 h 45 le 1^{er} mai 1971, le niveau de la mer correspondant alors à son niveau moyen (la zone en gris a été détruite pendant la construction du nouveau lungomare).

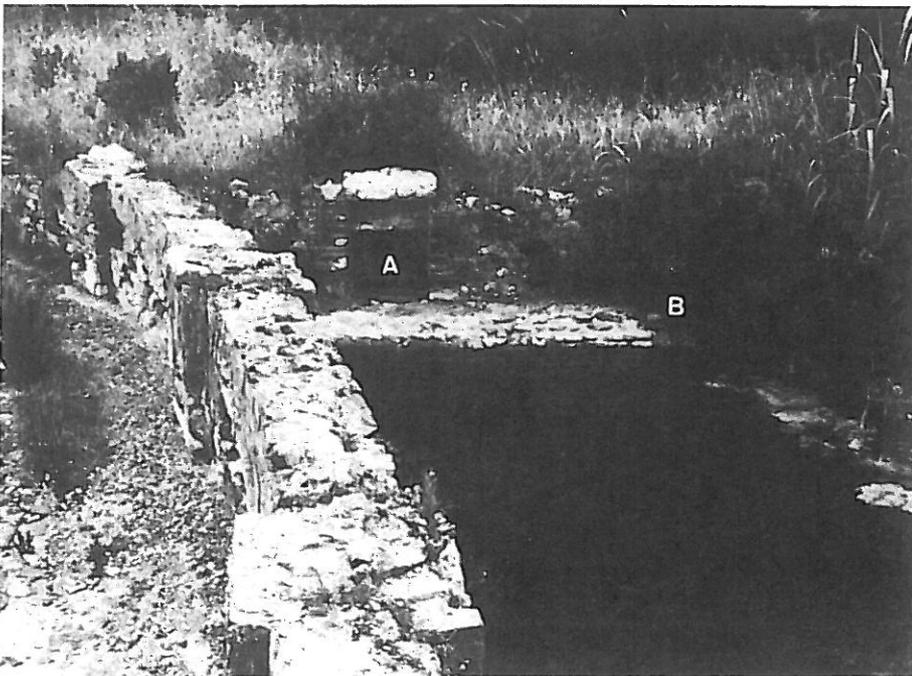
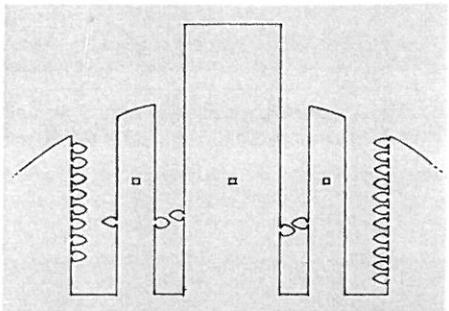




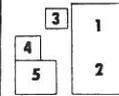
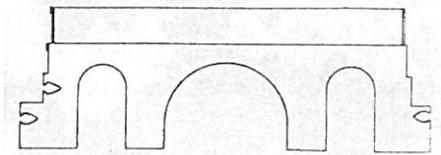
PISCINE DE LUCULLUS

La « piscine de Lucullus » : un vivier construit sur la terre ferme et alimenté par un canal relié à l'émissaire d'un port-canal

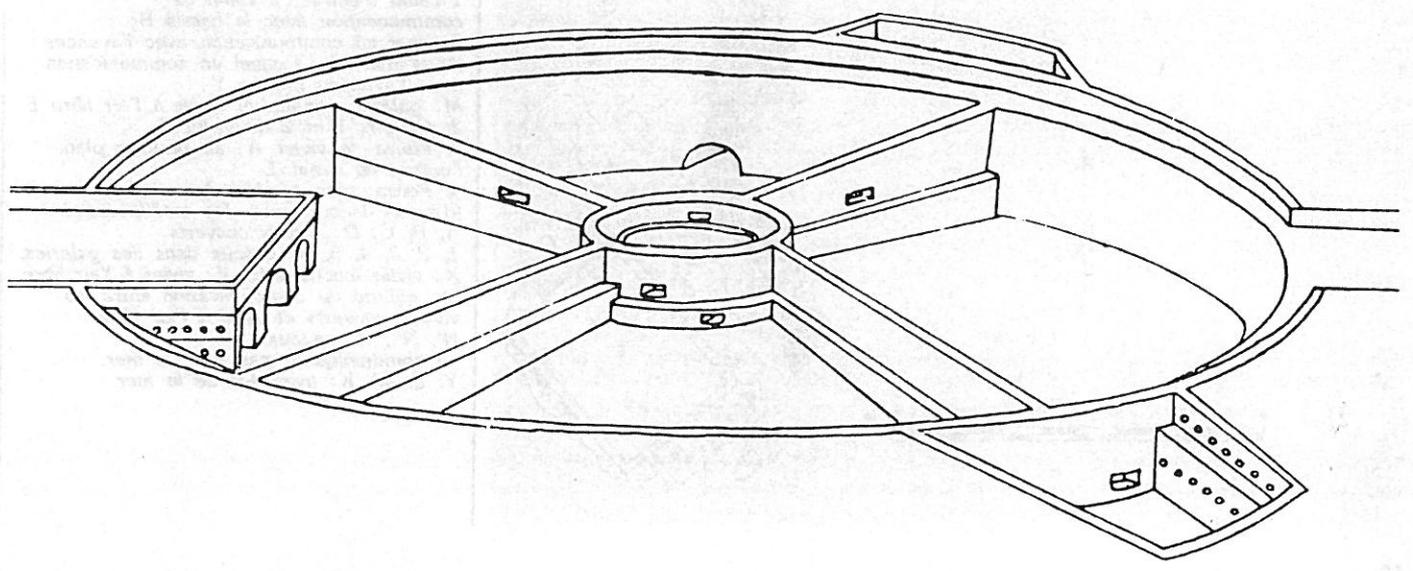
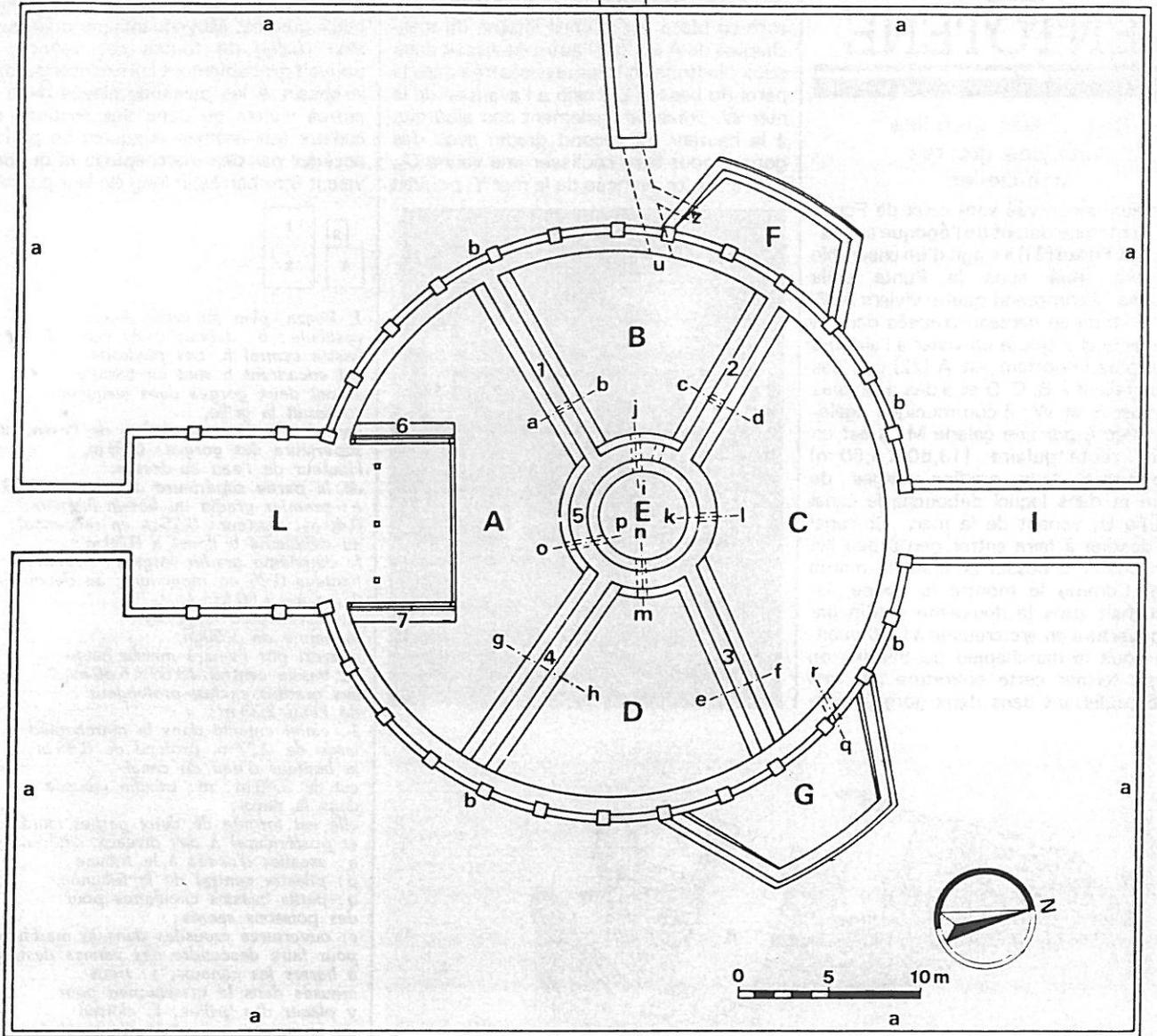
C'est la « Piscine de Lucullus » située à 35 m de la rive est de l'émissaire du port romain du lac de Paola (20). Construite au temps de Domitien, elle est de forme circulaire (diamètre : 32,50 m) et se trouve à un niveau inférieur à celui du terrain environnant. Elle est protégée par un mur haut de 1 m, épais de 0,40 m que renforcent 28 petits pilastres et que coupe, sur le côté ouest, le canal d'alimentation H, branché sur l'émissaire. Elle est divisée en quatre compartiments inégaux : A, B, C, et D, par des murs convergeant vers un bassin central E à peu près circulaire dont le plus grand diamètre a 5,15 m. Une plate-forme L s'avance vers le centre du compartiment A ; elle repose sur un soubassement à



deux ressauts dans lequel pénètrent trois galeries voûtées. Deux bassins, en forme de trapèze F et G flanquent symétriquement à l'extérieur les bassins B, C et D. On arrivait jusqu'au vivier par une entrée I s'ouvrant, au nord, sur le même axe que la plate-forme. Le canal d'alimentation H se divise en deux branches dont l'une débouche dans B et l'autre dans F. Les murs, séparant A, B, C et D, sont munis de marchepieds larges de 0,60 à 0,70 m, qui devaient se trouver toujours sous l'eau car ils sont construits au-dessus du niveau des canaux traversant ces murs. On devait utiliser F et G pour élever certaines catégories particulières de poissons qui pouvaient se nicher dans de nombreuses amphores décapitées murées au-dessus et en-dessous des marchepieds courant à environ -0,50 m sous le bord des bassins. La plate-forme L présente également des alignements d'amphores murées à des niveaux différents tant à l'intérieur de ses galeries que sur son pourtour ; les poissons pouvaient se réfugier dans ces galeries durant les mois d'été. Des canaux traversent les murs de séparation : le sommet de celui qui est le moins profondément submergé (k-l) est à -0,44 m ; le niveau antique de la mer ne pouvait être inférieur à la base de ces canaux, car dans ce cas les bassins auraient été isolés lors des plus basses mers, mais il pouvait se trouver au-dessus d'eux. Les rangées d'amphores les plus élevées sont celles qui se trouvent au-dessus des ressauts courant le long des parois des bassins G et F : elles sont à -0,35 m ; en admettant que le renouvellement de l'eau de mer ne se faisait que durant la marée haute et qu'on pouvait en manœuvrant convenablement les *cataractae* maintenir ce niveau dans les bassins, on pourrait proposer, pour l'époque romaine, le niveau correspondant au sommet du canal le moins submergé, c'est-à-dire -0,44 m.



1. Le vivier surnommé « piscine de Lucullus » - plan d'après Chiappella.
a-a : mur d'enceinte ; b-b : mur extérieur du vivier renforcé par 28 petits pilastres. A, B, C, D : bassins séparés par les murets 1, 2, 3, 4, larges de 0,80 m, qui dépassent le niveau moyen de la mer de 0,15 à 0,20 m ; ces murets sont munis de ressauts larges de 0,60 à 0,70 m, immergés à -1,10/-1,25 m et traversés par des canaux, hauts de 0,20 m et larges de dont les moins submergés sont a-b (sommet à -0,57 m) et c-d (sommet à -0,59 m). E : bassin central, presque circulaire (plus grand diamètre : 5,15 m), entouré par le mur 5 qui affleure à peine le niveau moyen de la mer, muni de ressauts à -0,98 m à l'extérieur, à -1,16 m à l'intérieur. Ce muret 5 est traversé par deux canaux dont un (k-l) a son sommet à -0,44 m. F : bassin trapézoïdal (profondeur : 1,80 m) avec un marchepied large de 0,70 m et des ressauts submergés l'un à -0,35 m et l'autre à -1,76 m. Le débouché z du bras du canal d'alimentation pouvait être fermé par une cataracta qu'on manœuvrait depuis une niche aménagée dans le parapet du bassin. 34 amphores décapitées sont murées dans les parois du bassin. G : bassin trapézoïdal profond de 2,75 m avec marchepied large de 0,70 m ; 34 amphores décapitées sont murées dans les murs ; un canal (q-r) met ce bassin en communication avec le bassin C. H : canal d'alimentation venant de la rive gauche de l'émissaire du lac de Paola. I : entrée au vivier. L : plate-forme ; elle repose sur un soubassement muni latéralement de deux ressauts (cf. fig. 3) le long desquels sont murées 27 amphores, 16 sur le côté est et 11 sur le côté ouest. Ce soubassement est traversé par trois canaux, dont celui du centre long de 9,85 m, se prolonge au-delà du mur circulaire du bassin : 24 amphores sont murées dans les parois de ces canaux (cf. fig. 4) Les ressauts munis d'amphores et le sommet des canaux sont en dessous du niveau moyen de la mer. 2. « piscine de Lucullus » vue axonométrique depuis l'est d'après Chiappella). 3. « piscine de Lucullus » - coupe de la plate-forme (d'après Chiappella). 4. « piscine de Lucullus » - plan de la plate-forme (d'après Chiappella). 5. « piscine de Lucullus » le bassin F vu du nord. En A : niche pour la manœuvre de la cataracta du rameau z du canal H. En B petit canal d'évacuation creusé sur le bord du marchepied.



PONZA ET VENTOTENE

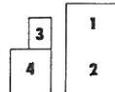
Des viviers installés
dans des grottes
artificielles

Les mieux conservés sont ceux de Ponza et de Ventotene datant de l'époque augustéenne. A Ponza (21) il s'agit d'un ensemble complexe situé sous la Punta della Madonna ; il comprend quatre viviers A, B, C, D, à voûte en berceau creusés dans la roche, auquel s'ajoute un vivier à l'air libre (E). Le plus important est A (22) que des canaux relient à B, C, D et à des avancées de la mer Y et W ; il communique également avec E par une galerie M. A est un bassin rectangulaire (13,60 x 6,80 m) qu'entourent deux gradins, larges de 0,40 m et dans lequel débouche le canal d'entrée U₁ venant de la mer. Ce canal était destiné à faire entrer peu à peu les alevins dans le bassin pendant la marée haute. Comme le montre la coupe, U₁ débouchait sous le deuxième gradin par une ouverture en arc creusée à 0,40 m environ sous le marchepied du bassin ; on pouvait fermer cette ouverture par une vanne coulissant dans deux gorges, pro-

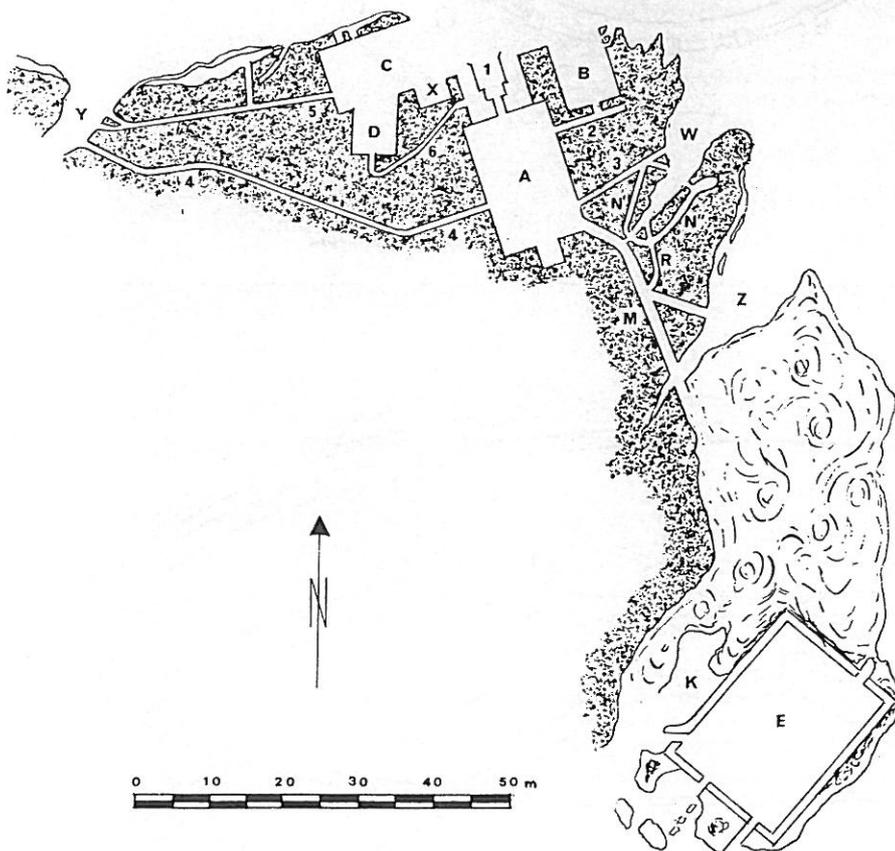
fondes de 5 cm, creusées dans deux piedroits en basalte et dont le haut est à -0,85 m. Le canal U₂, venant du vivier B, pouvait être fermé par deux vannes dont une était descendue par une fenêtre, encore en place sur le bord interne du marchepied de A et dont l'autre coulissait dans deux piedroits en basalte encastrés dans la paroi du bassin. U₃, relié à l'avancée de la mer W, présente également des piedroits à la hauteur du second gradin avec des gorges pour faire coulisser une vanne U₄, relié à l'autre avancée de la mer Y, pouvait

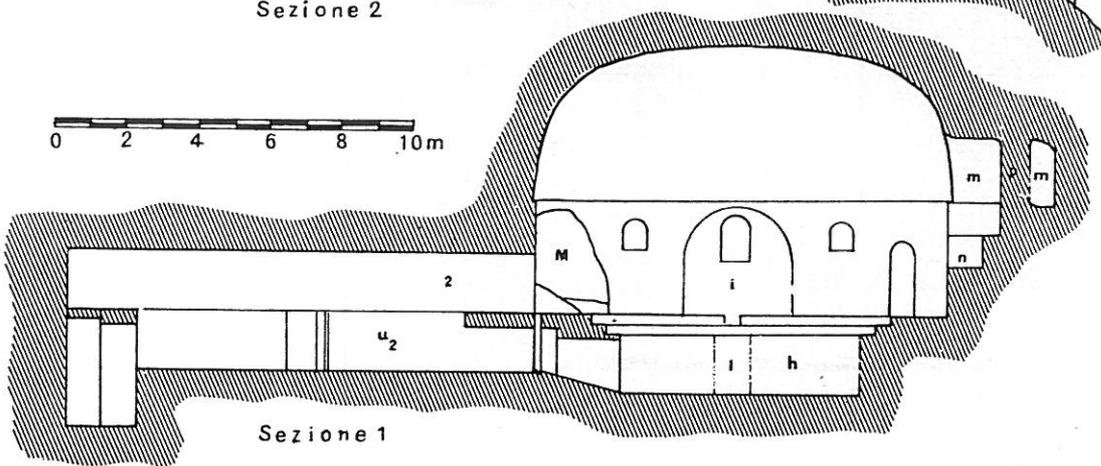
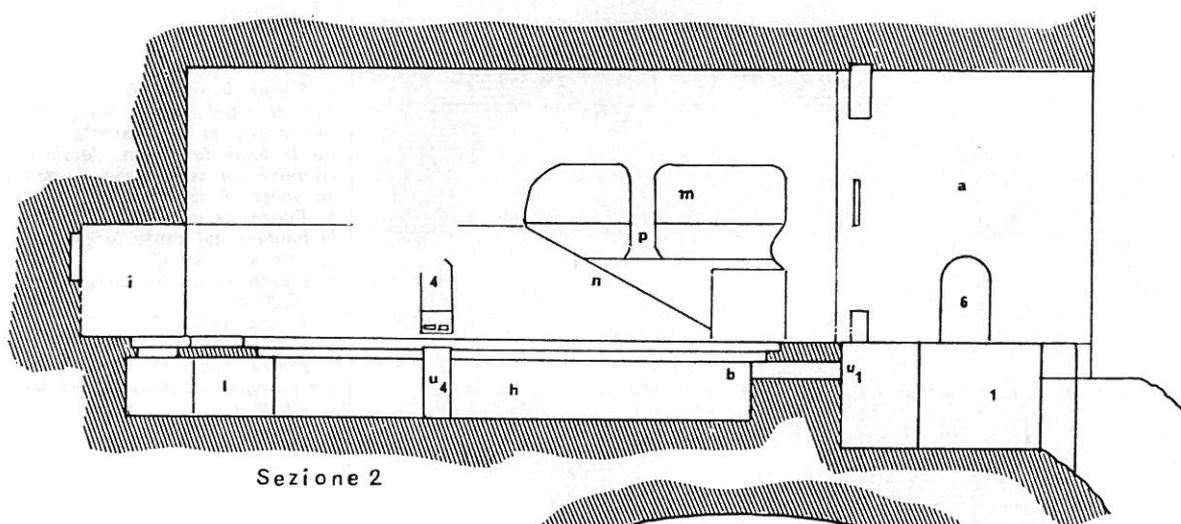
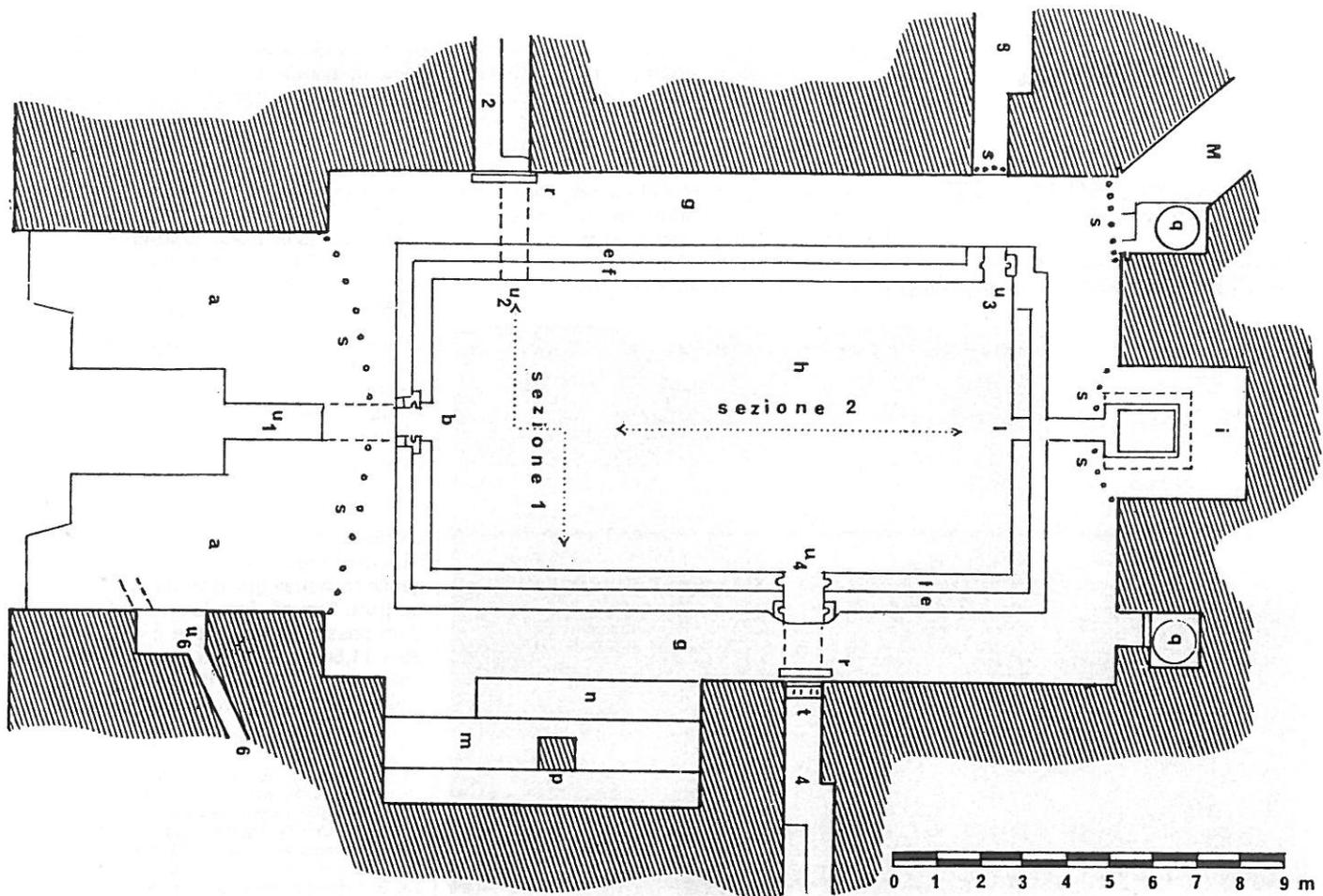


être barré par trois vannes, l'une qui était descendue par une fenêtre encore en place sur le marchepied de A, la seconde et la troisième qui glissaient dans les gorges de piedroits en basalte appuyés à chacun des deux gradins. Moyennant une manœuvre bien réglée de toutes ces vannes, on pouvait probablement faire converger dans le bassin A les poissons élevés dans les autres viviers ou dans des sections des canaux eux-mêmes auxquels on pouvait accéder par des marchepieds et qui pouvaient être barrés le long de leur parcours



1. Ponza - plan du vivier A-a : vestibule ; b : débouché du canal 1 dans le bassin central h. Les piedroits qui encadrent b sont en basalte et ont deux gorges dans lesquelles coulissait la grille, hauteur de l'eau au-dessus de l'extrémité supérieure des gorges : 0,85 m. Hauteur de l'eau au-dessus de la partie supérieure du trou b : 0,60 m ; e : premier gradin du bassin (largeur : 0,40 m ; hauteur : 0,25 m en moyenne) ; au débouché b il est à 0,50 m ; f : deuxième gradin (largeur : 0,40 m ; hauteur 0,25 en moyenne) ; au débouché b il est à -1,00 m ; g : marchepied large en moyenne de 1,50 m, couvert par l'eau à marée haute ; h : bassin central 13,60 x 6,80 m (les gradins exclus) profondeur de l'eau 2,35 m ; i : canal entaillé dans le marchepied, large de 0,37 m, profond de 0,45 m ; la hauteur d'eau du canal est de 3,40 m ; m : tribune creusée dans la paroi ; elle est formée de deux parties (antérieure et postérieure) à des niveaux différents ; n : escalier d'accès à la tribune ; p : pilastre central de la tribune ; q : petits bassins circulaires pour des poissons sacrés ; r : ouvertures creusées dans le marchepied pour faire descendre des vannes destinées à barrer les canaux ; s : trous creusés dans le marchepied pour y placer des grilles ; t : cloison de fermeture à l'entrée du canal 4 ; u : canaux de liaison avec la mer (les chiffres indiquent les galeries dans lesquelles ils passent), en particulier 1 canal d'entrée, 2 canal de communication avec le bassin B ; 3 canal en communication avec l'avancée de la mer M ; 3 canal en communication avec l'avancée marine Y ; M : galerie menant au vivier à l'air libre E. 2. Coupes 1 et 2 du vivier A. 3. Ponza - le vivier A ; au premier plan, l'entrée du canal 1. 4. Ponza - plan général des viviers (d'après Jacono avec des modifications). A, B, C, D : viviers couverts. 1, 2, 3, 4, 5, 6 : canaux dans des galeries. X : vivier inachevé (?). E : vivier à l'air libre. M : galerie de communication entre les viviers couverts et celui à l'air libre. N', N'', R : canaux ne communiquant pas avec la mer. Y, Z, W, K : avancées de la mer.





PONZA ET VENTOTENE

par des *cataractae*. Les viviers couverts B, C, D pouvaient également être utilisés séparément grâce aux canaux d'alimentation s'ouvrant dans les parties que la mer a démolies. Le vivier rectangulaire (23,80 x 18,70 m) E à l'air libre a été creusé dans la plate-forme d'abrasion jusqu'à une profondeur de 2,50 m en conservant un marchepied large de 1,10 m, qui est en général, aujourd'hui à -0,65 m et un grand losange, aujourd'hui très abîmé et submer-

gé de la même hauteur, dont les sommets sont tangents aux côtés du rectangle. Quatre canaux traversaient le rectangle extérieur, deux présentent encore les piedroits de basalte, creusés de gorges, dans lesquelles glissaient les grilles. La *cataracta* la plus intéressante est celle qui barrait le canal c : le seuil et les piedroits sont toujours en place, le sommet de ceux-ci est à -0,80 m ; le sommet de la *cataracta*, située au débouché du canal d, est à -0,65 m comme le marchepied.

On peut estimer qu'au moment de la construction de l'ensemble (époque augustéenne), le niveau moyen de la mer était à -1,05 m ; cette estimation tient compte de la submersion actuelle de la *cataracta* du canal U₁ (-0,85 m) et d'une émergence correspondant à la hauteur de la pleine mer (0,20 m).

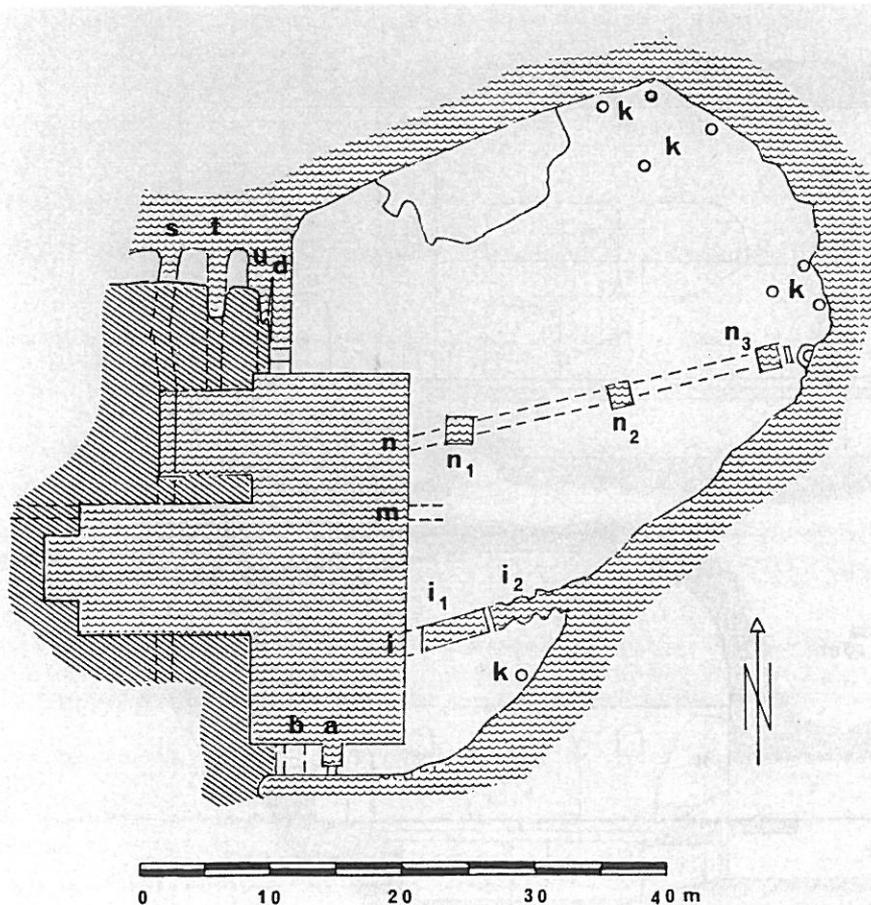
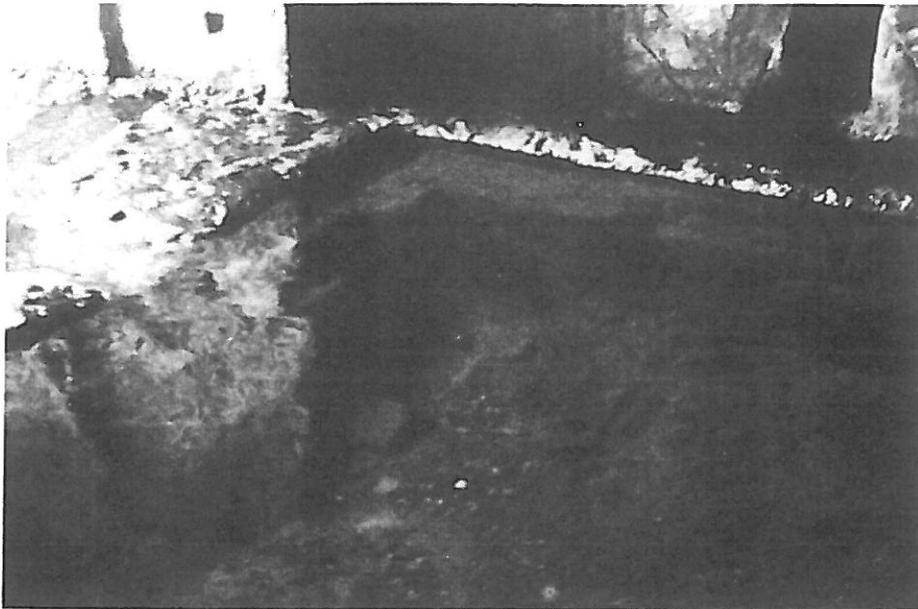
Le vivier de Ventotene a été construit à l'époque augustéenne (23) sur une émergence rocheuse qui délimite au sud l'entrée du port. Creusé dans la roche, il est formé d'un bassin rectangulaire à ciel ouvert de 35 x 11,50 m A et de deux bassins plus petits B et C couverts par deux grandes voûtes hautes d'environ 6 m, également

20. G. Schmiedt, op. cit., p. 124-133, fig. 135-144 ; P. Pirazzoli op. cit.

21. G. Schmiedt, op. cit., p. 145-177, fig. 160-184.

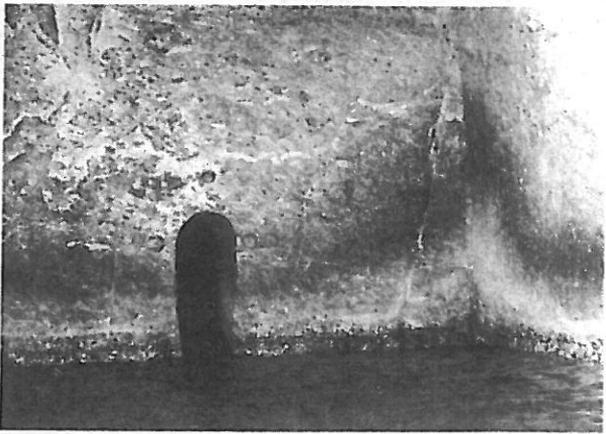
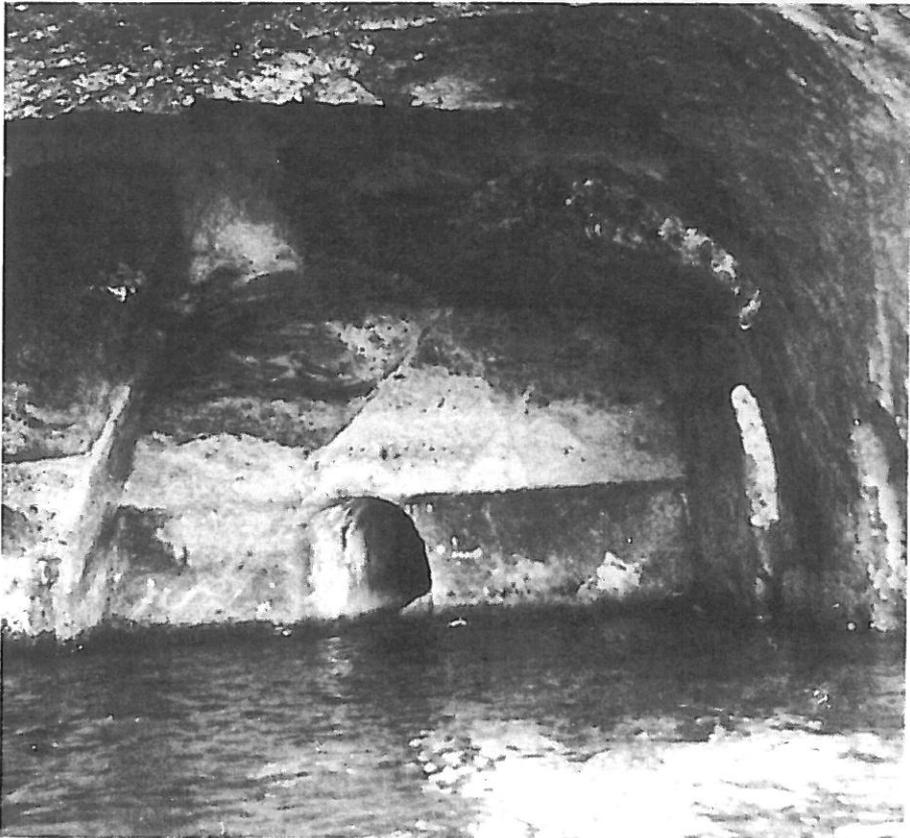
22. Pour l'étude architecturale des grands locaux dans lesquels s'ouvrent ces viviers, v. la description de L. Jacono (Une singulare piscina marittima in Ponza, Campania romana, I, Naples, 1939, p. 145-162) et G. Schmiedt, op. cit., p. 148 sqq.

23. G. Schmiedt, *ibid.*, p. 182-197, fig. 190-201.



	2	
1	3	4
6		5

1. Ponza - le vivier A ;
vue du canal 1 avec les piedroits
submergés de la cataracta ;
sur le fond du bassin, débris du jardin
effondré qui se trouvait au-dessus
du vivier. A droite, entrée de la galerie 2.
 2. Ponza - le vivier E vu de
la hauteur qui porte le phare.
 3. Ponza - vivier C.
- Les vestiges du marchepied sont
à - 0,20 m.
4. Ponza - vivier B -
le marchepied est à - 0,20 m.
 5. Ponza - vivier D -
les vestiges du marchepied sont
à - 0,18 m.

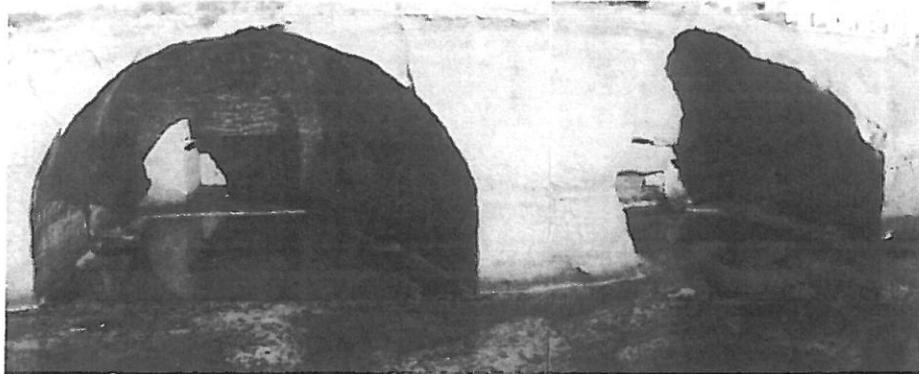


LE REcul ACTUEL DE LA COTE

taillées dans la roche ; des deux, B est le plus vaste (13 × 8,60 m) ; il offre sur sa paroi du fond une niche surmontée d'une arche comme le vivier A de Ponza ; C n'a que 7,20 × 6,40 m. Les trois bassins sont entourés par un marchepied. A est divisé en deux parties par un barrage f-g, ménagé dans le roc, que traversent deux passages, l'un à deux *cataractae* submergés à -0,85 m, et l'autre à une *cataracta* dont seul le seuil creusé d'une gorge, reste en place à -1,75 m. Les canaux d'alimentation les plus intéressants sont ceux qui sont creusés en galerie à l'est du bassin ; n qui a 30 m de long, pouvait être fermé à

son départ du bassin par une *cataracta* qui est à -0,37 m ; il pouvait l'être par d'autres à la hauteur des bouches carrées n_1 , n_2 et n_3 et on pouvait faire encore coulisser une grille par une fenêtre près de son extrémité, voisine d'une grande bitte d'amarrage, taillée dans la petite falaise ; ce canal est partout profond de 2 m.

Le niveau de la mer, calculé d'après la submersion du sommet du barrage f-g et d'après celle du marchepied (-0,40 m) en tenant compte d'une émergence probable de 0,40 m devait être au moins de 0,80 m en-dessous de son niveau actuel.



Tous ces viviers datent d'une période s'étendant du troisième quart du 1^{er} s. av. J.-C. à la fin du 1^{er} siècle ap. J.-C. En dehors de quelques zones sujettes à des phénomènes de subsidence (Ponza, Ventotene), le niveau de la mer n'a pas subi de variations marquées au cours de cette période. De légères différences relevées dans le niveau actuel de structures qui avaient des fonctions analogues - par exemple dans le cas des grandes digues de protection des viviers d'Astura et de Santa Liberata - peuvent résulter de tassements locaux postérieurs. Au total l'étude de ces viviers met en évidence le recul de la côte actuellement en cours à la fois à cause du travail de l'érosion marine et à cause de la montée de son niveau moyen.

2	1
3	

1. Ventotene - le vivier à l'air libre entouré par un marchepied (c) est divisé en deux bassins (A, A₁) par le barrage f-g dont les deux ouvertures sont munies l'une d'une *cataracta* simple (h) et l'autre d'une *cataracta* double (w).

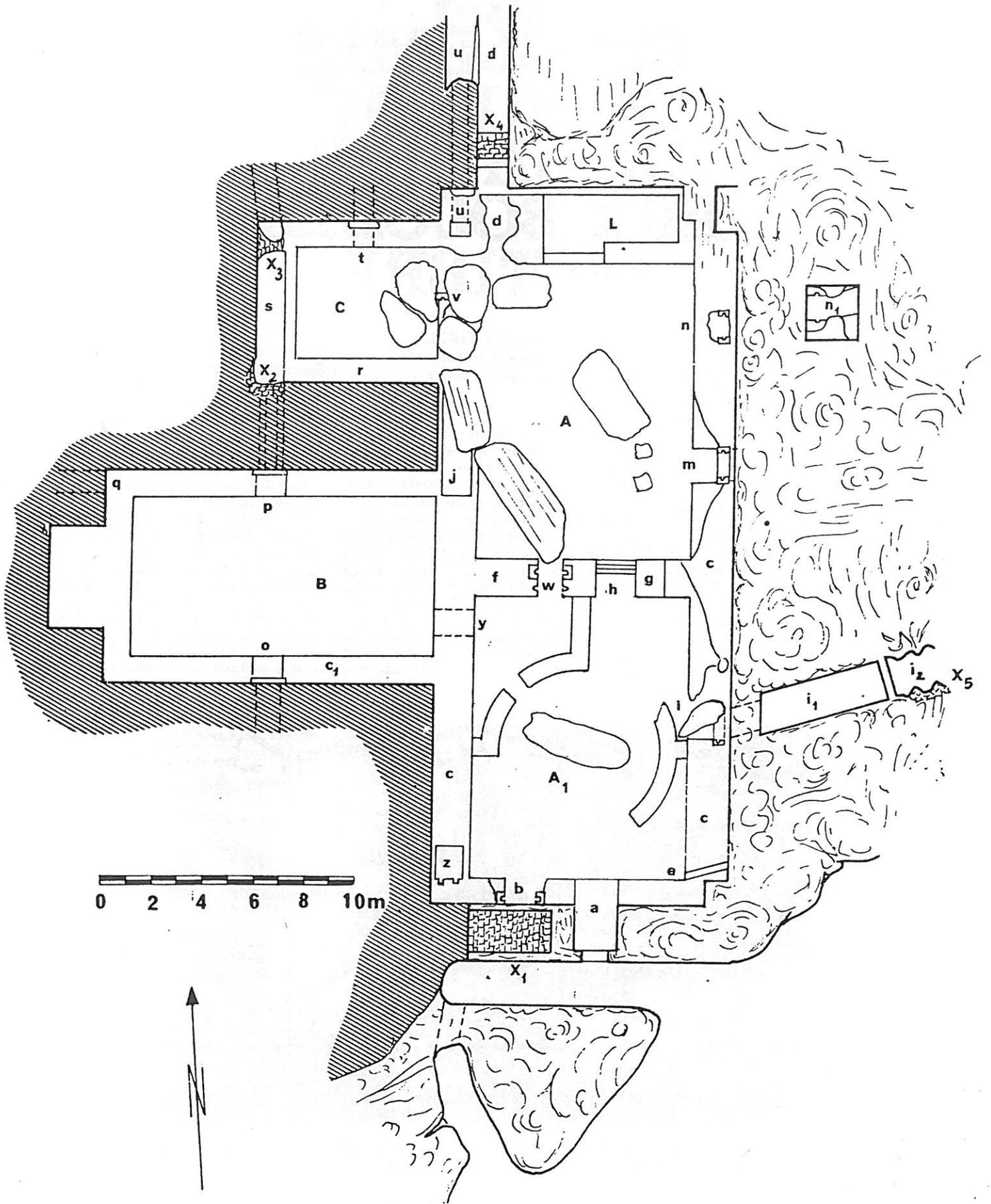
A offre au nord un petit bassin (L) et les canaux u et d qui débouchent dans l'entrée du port de Ventotene ; des *cataractae* correspondent aux canaux n et m dont le premier atteint seul la mer ; à l'ouest le canal v qui reliait le bassin A au bassin C est actuellement bouché

par de gros blocs tombés d'en-haut. Le bassin A₁ offre sur le côté est la *cataracta* correspondant au canal i, dont la dernière section (i2) présente des courbes comme le recommande Columelle (*De Re Rustica*, XVII, 11), et sur le côté sud l'espace a et le canal b (sommet de la porte à -0,42 m) ; du côté ouest le canal y passe sous le marchepied du bassin B.

Le vivier B offre sur sa paroi du fond une niche que surmonte un arc en berceau et sur son marchepied les fenêtres pour faire descendre les *cataractae* o (sommet à -0,60 m) et p qui permet la liaison avec le canal s. Le bassin C dont la voûte est en partie écroulée, présente sur son marchepied la fenêtre de manœuvre de la *cataracta* t qui le reliait au débouché du port de Ventotene.

2. Ventotene - vue d'ensemble des viviers couverts B et C.

3. Ventotene - le barrage rocheux f-g vu de l'est. En h, monolithe de fond de *cataracta* h, avec gorge, à -1,75 m. En W les deux piedroits de la *cataracta* double W entre eux de 0,98 m dont les sommets sont à -0,85 m.



LES PROBLEMES DU NIVEAU DE LA MER AUX BOUCHES DU TIBRE

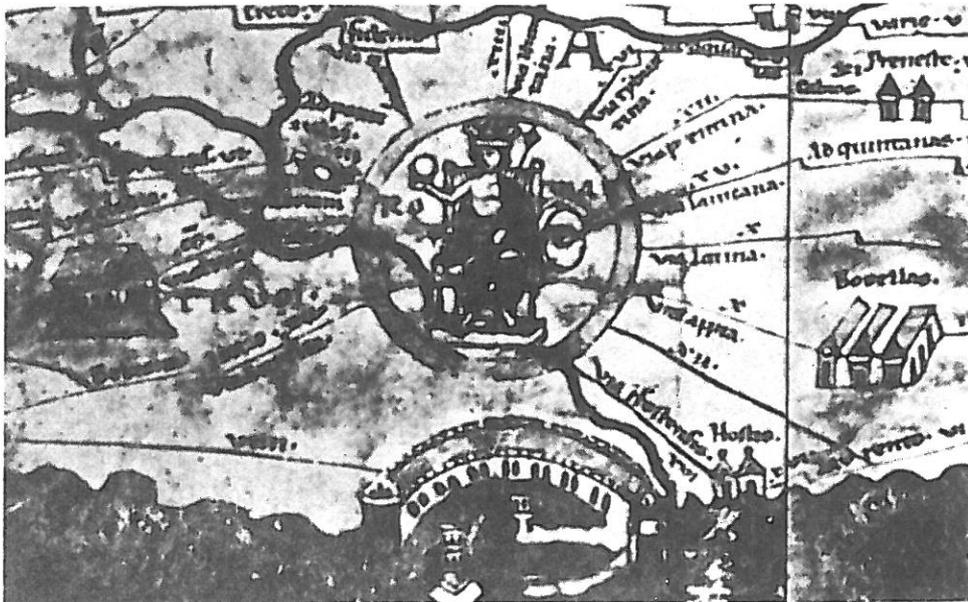
Les navires mycéniens ont peut-être remonté le Tibre jusqu'au site où devait s'élever Rome, en tout cas les navires de mer n'ont jamais cessé de le faire du milieu du VIII^e siècle avant notre ère à la fin de l'Antiquité. Rome, ville du premier pont sur le seul véritable fleuve de l'Italie péninsulaire - le Pont *Sublicius* - a dû à cette fréquentation sinon sa naissance, du moins sa première grandeur dès l'époque royale que l'archéologie contemporaine tire peu à peu de l'obscurité. Après avoir détruit les cités qui séparaient le territoire romain de la côte, le roi Ancus Martius (640-616 av. J.-C. selon Varron) aurait fondé au voisinage de la bouche - alors unique - du fleuve un établissement dont aucun vestige n'a été retrouvé jusqu'à présent mais nous connaissons assez bien ceux d'Ostie, la première des colonies romaines, qui fut établie trois siècles plus tard sur le même

Joël LE GALL

Professeur à la Sorbonne
Université Paris I

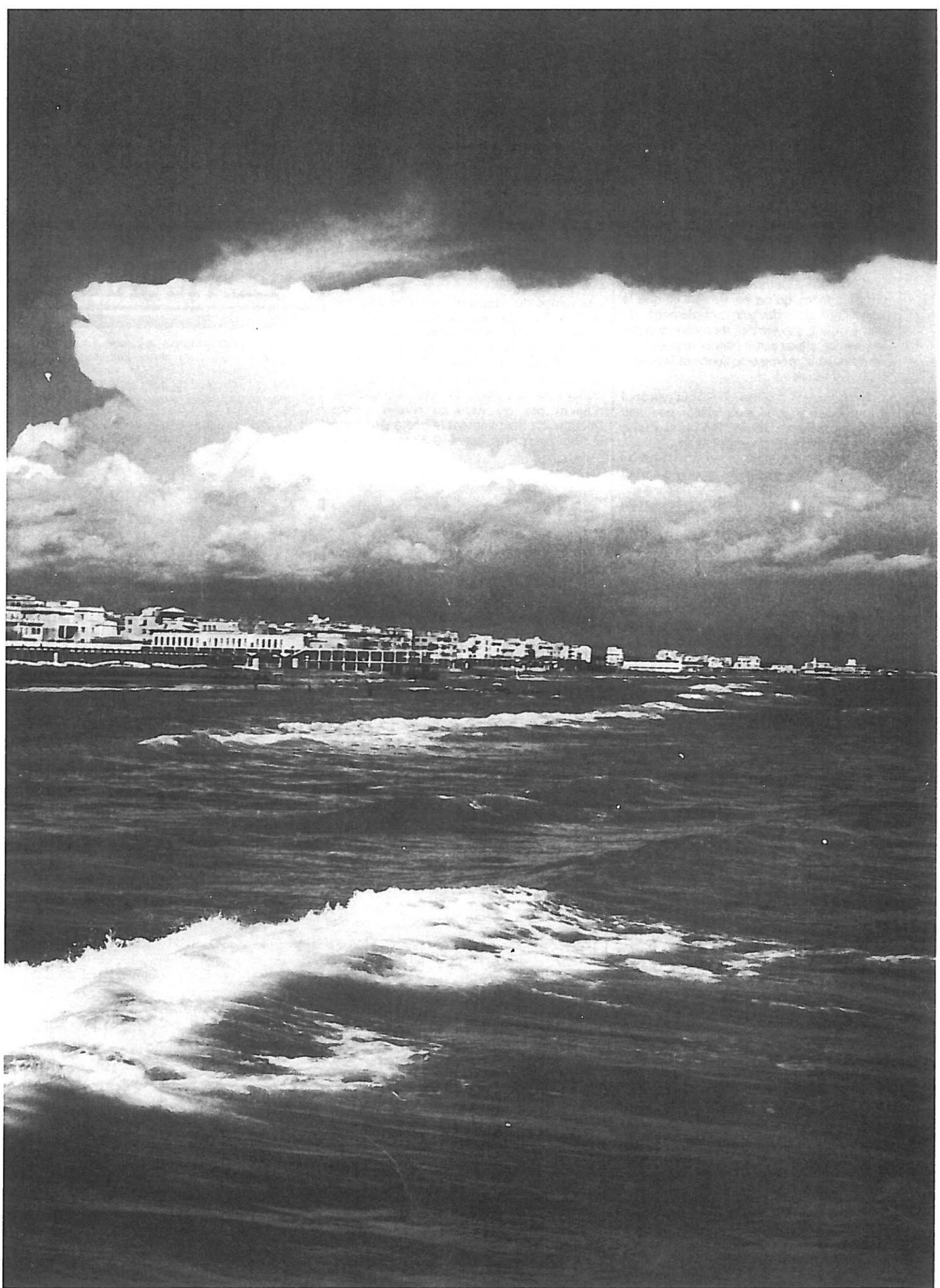
emplacement, ou du moins à proximité, entre le Tibre et une lagune marécageuse, probablement utilisée en partie comme saline, qui se trouvait un peu plus au sud. Cette Ostie (*Ostia*) tirait bien son nom de la bouche du fleuve (*ostium*) mais ce n'était pas un port, c'était simplement une petite et solide forteresse qui avait pour mission de surveiller l'entrée du fleuve et de repousser les débarquements d'ennemis éventuels ; il en reste surtout les puissants murs d'*opus quadratum* en tuf volcanique, aussi les archéologues ont-ils l'habitude de l'appeler le *castrum*. Pourtant il ne fallut qu'un siècle ou un siècle et demi pour que

sa situation fasse d'Ostie l'avant-port de Rome : c'était chose acquise dès la Seconde Guerre Punique (218-202 av. J.-C.) et ce rôle se développa considérablement dès le siècle suivant parce que le trafic de Rome s'accrut, parce que les grands vaisseaux de charge devinrent de purs voiliers qui ne pouvaient atteindre l'*Urbs* qu'en étant halés pendant trois jours le long des trente kilomètres de méandres qu'il leur fallait remonter et parce qu'avant même d'entrer dans le fleuve les plus gros devaient être déchargés partiellement sur rade pour pouvoir franchir la barre sub-aquatique d'alluvions qui se forme au contact des eaux boueuses du Tibre et des eaux marines. Dans ces conditions les avantages d'Ostie comportaient donc de graves inconvénients, et de plus, son port constitué par le fleuve lui-même n'offrait qu'une sécurité insuffisante car il n'avait



Ci-dessus : table de Peutinger (4^e section). On note en bas sous la rive droite du Tibre, le complexe portuaire impérial avec les môles et les phares à l'entrée du port.

Page de droite : Ostie moderne à l'embouchure du Tibre. Sur la côte alluvionnaire, plate et marécageuse, se sont édifiées de nombreuses constructions modernes. Photo Roger-Viollet.



aucune protection contre le vent d'ouest - l'*Auster* des Anciens, le *Libeccio* des marins italiens - qui donne en plein dans l'embouchure : plutôt que d'affronter tous ces aléas on préférait souvent utiliser le grand port du golfe de Naples, qui était alors *Puteoli* (Pouzzoles) ; ainsi faisaient au début de l'Empire les grands navires alexandrins qui apportaient le blé d'Egypte nécessaire à la vie quotidienne de Rome, bien qu'il eût fallu le transporter ensuite par terre sur 240 km ! Au temps de César et d'Auguste on songea à créer un véritable port auprès d'Ostie mais les difficultés parurent telles qu'on ne fit rien et que le sujet finit par devenir simplement un thème pour les exercices de rhétorique par lesquels on s'exerçait à plaider le pour et le contre avec la même éloquence et la même force persuasive !

Ce fut Claude (41-54 ap. J.-C.) qui osa : nul empereur n'a été plus raillé par ses contemporains, mais les historiens modernes découvrent de plus en plus ses mérites. Il fit transformer en un immense bassin de 90 hectares une lagune qui était en formation au nord du Tibre, mais il n'eut pas la joie de voir les travaux achevés et de l'inaugurer : l'honneur en revint à Néron qui lui succéda dans les conditions que l'on sait et qui fit frapper à cette occasion une magnifique monnaie dont le revers donne une vue cavalière quelque peu schématisée du nouveau port ; du moins Néron n'eut-il pas l'audace de lui donner son nom, ce fut le *Portus Augusti*, c'est-à-dire « le Port de l'Empereur », ce qui pouvait désigner tout aussi bien le véritable créateur que celui qui avait usurpé son œuvre ; l'Histoire ne s'est d'ailleurs pas laissé tromper et nous parlons couramment du « Port de Claude ». A vrai dire il n'a pas apporté toutes les satisfactions qu'on en avait attendu car les navires n'y étaient pas encore en complète sécurité, aussi un demi-siècle plus tard Trajan fit-il creuser derrière lui en pleine terre un second bassin de 33 hectares qui fut le « *Portus Traiani* ».

A tous ces travaux le Tibre gagna d'avoir désormais une seconde embouchure qui était reliée à ces deux ports et qui assurait leurs communications avec Rome : c'est cette embouchure artificielle que les Italiens appellent le Fiumicino, cependant que l'embouchure naturelle est la Fiumara. Après Trajan l'immense complexe portuaire - Fiumara, *Portus Augusti*, *Portus Traiani*, Fiumicino - n'eut plus besoin d'aucun complément, simplement Ostie tomba peu à peu en décadence malgré les efforts des empereurs pour lui garder une certaine vitalité et le *Portus Augusti* se colmata assez vite. L'ensemble fut abandonné lorsque Rome ne fut plus au Haut Moyen Age qu'une petite ville qui n'avait d'importance que par le souvenir de sa grandeur passée et par la présence du Pape.

Aujourd'hui Ostie est un des principaux champs de fouilles d'Italie, l'emplacement du port de Claude est occupé par les accès routiers à l'aéroport de Fiumicino et le *Portus Traiani*, qui était devenu un étang marécageux et dangereux à cause de la

malaria mais que son propriétaire, le Prince Torlonia, avait fait nettoyer et transformer en réservoir pour l'irrigation entre 1919 et 1924, attend de devenir le centre d'un grand parc public, en même temps zone archéologique, ce qui permettra enfin d'examiner en détail les ruines des constructions portuaires qui l'entouraient. Bien que son étude demeure encore insuffisante, un tel ensemble apporte déjà aux études sur l'évolution du niveau de la Méditerranée des données que nous allons essayer de mettre en valeur.

Les ruines du *castrum*, que l'on aperçoit parfois dans des sondages sous celles de l'Ostie de l'époque impériale, sont presque toujours envahies par l'eau, si bien que Guido Calza, qui a dirigé les fouilles d'Ostie de 1922 à 1946, a pu écrire que « dans les conditions actuelles, la cité républicaine n'aurait pas pu vivre au niveau qu'elle occupe » : effectivement la porte sud est à 0,29 m, la porte est à 0,32 m, la porte

LE PORT DE CLAUDE ACHEVE PAR NERON ET SON EXTENSION LE PORT DE TRAJAN

Ci-contre : photographie aérienne prise en 1961 de la zone des ports impériaux. On aperçoit à gauche en bas de la photo le môle gauche et l'extrémité du môle droit du port de Claude, mis au jour au cours de la campagne de fouilles 1958-1961.

Ci-dessous : tronçon du môle gauche du port antique, fait de gros blocs de travertin.





ouest à 0,05 m au-dessus du niveau moyen actuel de la mer alors que les marées de vives eaux atteignent 0,45 m à l'embouchure du Tibre et que l'*Auster* peut y faire monter les eaux marines de 0,60 m ; pour être vraiment à l'abri, le sol du *castrum* devait donc se trouver à environ 1,15 m au-dessus du niveau moyen lors de sa fondation ; sans doute, la mer qui était à proximité immédiate à cette époque est-elle aujourd'hui à 4 km d'Ostie par suite de l'avance du delta au débouché de la Fiumara mais ce recul ne peut expliquer la montée des eaux car la pente du Tibre est pratiquement nulle à la fin de son cours.

Les ingénieurs de Claude avaient estimé que le cordon littoral de la lagune en formation suffirait pour assurer la protection de leur bassin vers l'ouest, mais au nord il leur avait fallu fermer presque complètement le débouché de la lagune par une gigantesque digue sud-ouest/nord-est longue de 758 m, qui n'avait plus laissé qu'un passage large de 206 m pour l'entrée et la sortie des navires. Cette entrée était dominée par un phare, élevé à l'extrémité de la digue, qui a beaucoup frappé les Anciens, surtout par le procédé utilisé pour établir ses fondations : on avait coulé à l'emplacement voulu la coque de l'immense navire - quelque 104 m hors-tout - que Caligula avait fait construire pour apporter d'Égypte l'obélisque qu'il destinait au cirque du Vatican et que le Pape Sixte Quint a fait dresser au centre de la Place Saint-Pierre en 1586, et dans ce batardeau exceptionnel on avait déversé une énorme masse de blocage. La partie la plus importante de cette digue était un môle long de 333 m, construit en magnifiques blocs parallélépipédiques de travertin - le calcaire de Tibur (Tivoli) - liés entre eux par des grappins de fer en double queue d'aronde scellés au plomb : malgré la solidité de cette construction, ce môle a été bouleversé par la mer car les vagues et les tempêtes que soulevaient les vents du Nord-Ouest l'attaquaient de plein fouet sans qu'on eût pris la précaution de déverser devant lui les amas de rocs qui eussent brisé la violence de leurs assauts ; pourtant l'essentiel est resté en place et sur ces blocs on relève les traces de l'érosion marine à 0,30/0,40 m sous le niveau moyen actuel : ceci implique donc un relèvement de ce niveau, d'une valeur particulièrement faible, qu'il serait utile d'étudier de plus près car ces traces ont l'avantage d'être datables dans une certaine mesure du fait que ce môle remonte certainement à l'époque de Claude mais qu'il a dû être mis à l'abri des attaques de la mer avant même la fin de l'Antiquité en raison du colmatage qui s'est produit tant à l'extérieur qu'à l'intérieur du port de Claude. Peut-être a-t-on rencontré inopinément un autre indice chronologique sur la rive droite de la Fiumara dans un sondage exécuté en 1968 en face d'Ostie car on a repéré là les vestiges d'un édifice - des *horrea* ? - dans lequel il avait fallu établir un lit d'amphores couchées pour rehausser un pavage, or ces amphores ont paru indiquer que ce travail avait été fait

vers le milieu du III^e siècle de notre ère ; malheureusement ce sondage a été trop hâtif et trop limité pour qu'on puisse en déduire une conclusion assurée.



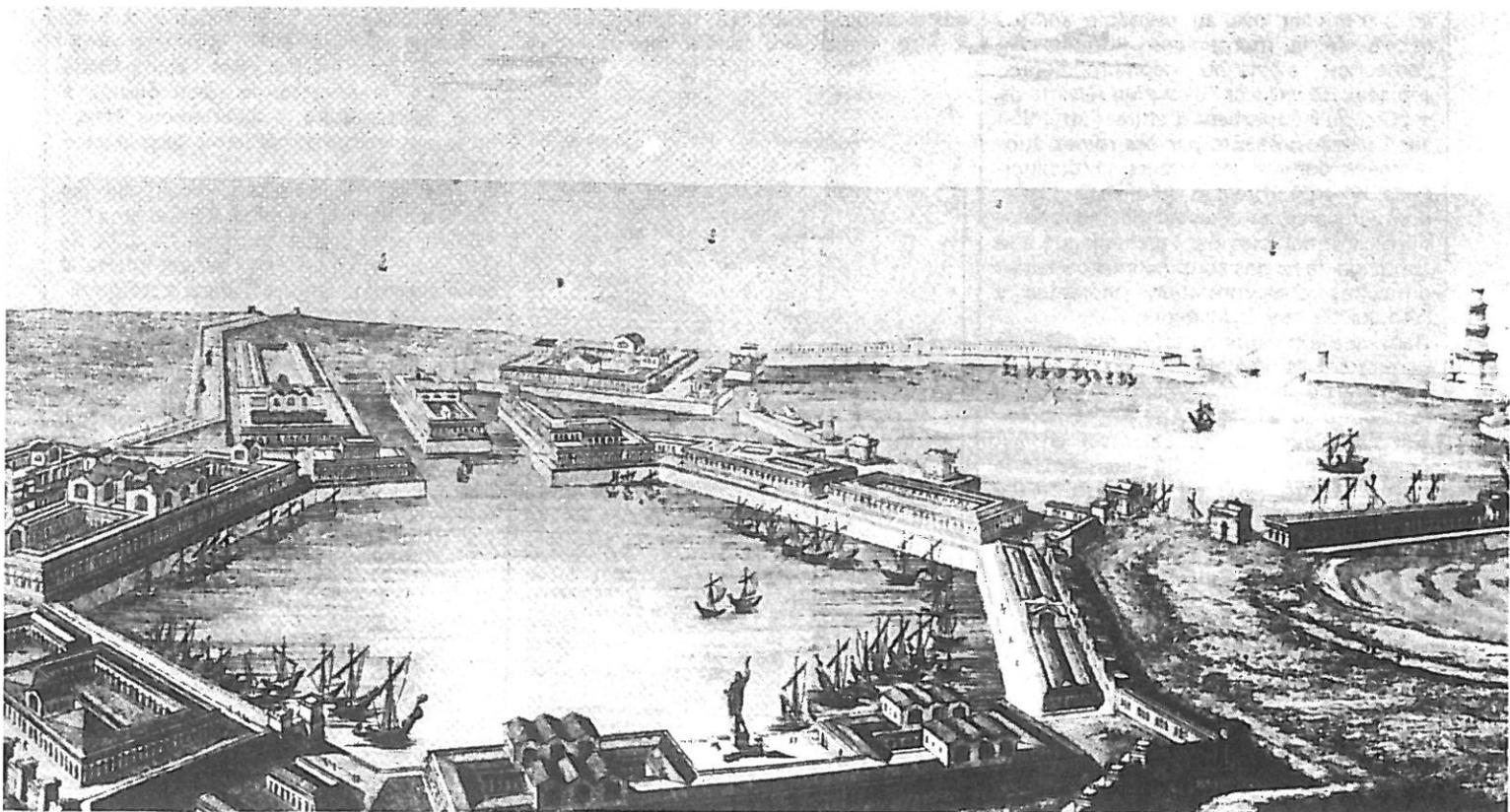
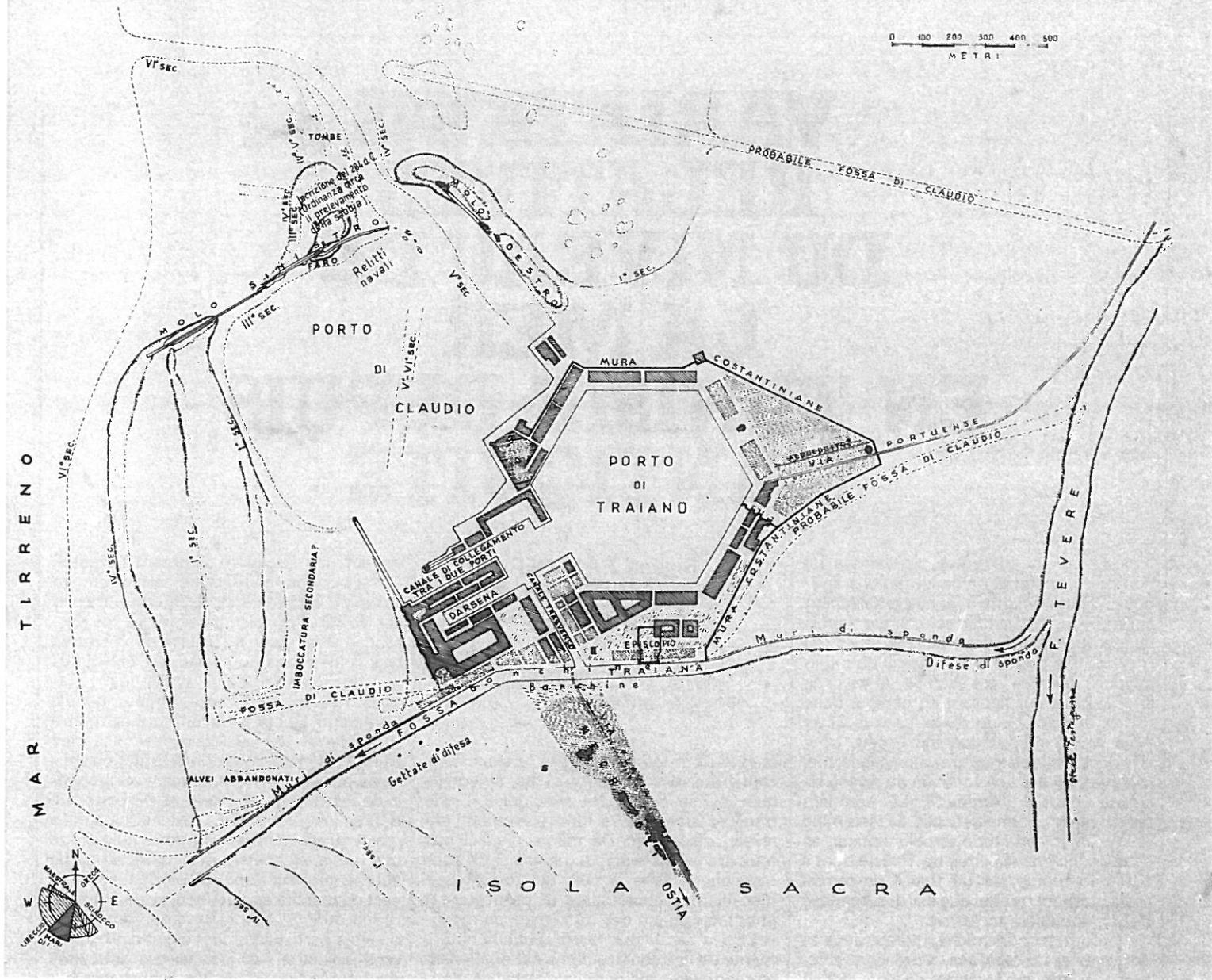
Le port de Claude représenté sur une monnaie de Néron.

Page de droite : plan (en haut) et reconstitution sur une gravure ancienne (en bas) des ports de Claude et de Trajan.

LA MONTEE DES EAUX : LES HABITANTS D'OSTIE RELEVENT LE NIVEAU DES RUES

A une époque qu'on ne peut préciser mais certainement très tardive, on s'est donné le mal d'étaler dans certaines rues d'Ostie par dessus le pavage encore en bon état une couche épaisse de terre et de débris en même temps qu'on relevait le niveau de certaines boutiques ; il semble qu'on en a fait autant dans les constructions qui entouraient le *Portus Traiani*. Les habitants d'Ostie, alors moribonde, et les utilisateurs du *Portus Traiani*, en décadence lui aussi, n'auraient pas effectué ces travaux ingrats s'ils n'y avaient pas été obligés et qui aurait pu les y contraindre sinon la montée des eaux et donc de la mer qui arrivait encore presque à la limite occidentale d'Ostie ? Nous ne pouvons pas préciser faute de disposer des cotes nécessaires, mais il semble bien que la différence entre le niveau primitif du sol du *castrum* et celui auquel ce remblayage ultime avait porté celui des rues d'Ostie soit de l'ordre de

1,50 m, si bien que la montée totale du niveau des eaux aurait atteint 1,15 m + 1,50 m = 2,65 m au minimum ; pourtant nous marchons à nouveau sur les dallages de l'époque impériale et si l'eau y stagne parfois par place pendant les hivers les plus humides, c'est parce que les égoûts ne fonctionnent plus, on est donc conduit à penser qu'après avoir atteint un maximum le niveau de la mer est redescendu, sans revenir cependant à sa position primitive. Cette hypothèse permettrait de comprendre certains faits mal expliqués. Sur la Table de Peutinger, copie médiévale d'une carte du monde qui avait été dressée au IV^e ou plutôt au V^e siècle, la ville d'Ostie est indiquée par une vignette qui n'a pas d'intérêt particulier tandis que les ports impériaux le sont par un dessin qui essaie de représenter la réalité en la schématisant : les édifices portuaires sont symbolisés par un grand portique en arc de cercle mais de son extrémité gauche partent deux bandes de terrain séparées par un angle aigu ; la plus proche de la mer est interrompue par un intervalle au-delà duquel une tour s'élève sur une île : cette tour est indubitablement le phare de Claude ; l'autre bande coupe en deux le bassin et porte un second phare à son extrémité, or on sait depuis longtemps que le canal de raccordement entre le bassin de Claude et celui de Trajan a été protégé par une jetée nord-sud longue de plus de 400 m, épaisse de 12 m, dont les maçonneries sont au moins du IV^e siècle : cela ne peut se comprendre que si l'ancien cordon littoral qui avait protégé le bassin de Claude ne jouait plus ce rôle lorsque cette jetée a été construite, et cela à l'endroit où il était le plus large (environ 350 m), mais à cet endroit son sommet n'est plus qu'à 1 m ou 1,50 m au-dessus du niveau moyen actuel de la mer, ce qui signifierait que ce niveau était dépassé à la fin de l'Antiquité comme le suggère le remblaiement des rues d'Ostie. Cette montée expliquerait également que le phare de Claude, dont la base serait aujourd'hui à 2,80 m au-dessus du niveau de la mer, se soit alors trouvé isolé de ce qui pouvait subsister encore du môle gauche du port de Claude. Mieux encore cette montée expliquerait que le delta du Tibre n'ait guère progressé durant l'Antiquité et la descente consécutive mais qu'il l'ait fait au contraire de plus en plus rapidement à l'époque moderne et probablement depuis le XV^e ou même le XIV^e siècle. L'hypothèse de phases successives de montée et de descente du niveau de la Méditerranée durant l'époque historique a été également proposée pour d'autres côtes, et par exemple ici-même pour celles de Tunisie dans l'article de M.M. Paskoff, Troussel et Dalongeville, on ne saurait donc l'écarter a priori, mais le complexe portuaire antique des bouches du Tibre serait exceptionnellement favorable pour son étude, il devrait permettre d'en préciser la chronologie, d'en souligner les conséquences pour la vie humaine ; les progrès de l'archéologie ostienne permettront sans doute d'en savoir davantage à son sujet dans quelques années.



VARIATIONS RELATIVES DU NIVEAU DE LA MER EN TUNISIE DEPUIS L'ANTIQUITE

L'existence sur les côtes tunisiennes de nombreux vestiges de constructions antiques aujourd'hui atteintes ou partiellement submergées par la mer est connue depuis longtemps par les archéologues, mais elle n'avait été signalée qu'au hasard de publications diverses consacrées à certains sites côtiers qui figurent en général dans l'Atlas archéologique de la Tunisie. Cette particularité n'avait pas fait l'objet, pour elle-même, d'une interprétation concertée, comme indice d'une variation du niveau de la mer depuis l'Antiquité. La première tentative en ce sens est celle de Flemming (1969), mais son étude semble reposer, en ce qui concerne les sites de Tunisie dont il fait état, moins sur un travail de terrain apparemment rapide, que sur des données bibliographiques anciennes.

Or, l'information archéologique est dans ce domaine assez confuse, voire contradictoire suivant les sections de côte considérées et rend imprudente toute recherche ne s'appuyant pas au préalable sur les acquis de la morphologie littorale. Au demeurant c'est au géomorphologue, soucieux de retracer l'évolution récente de la côte, qu'il appartient d'attirer l'attention sur l'intérêt présenté par ces ruines submergées comme indicateurs chronologiques et altimétriques du niveau marin, pourvu que celles-ci soient aisément identifiables et datables par l'archéologue et à condition de ne pas sous-estimer certaines difficultés d'interprétation inhérentes à l'emploi de tels indicateurs.

Dans quelle mesure en effet, ces derniers permettent-ils d'établir la réalité d'une variation positive du niveau marin depuis l'Antiquité ou le Moyen Age et d'en apprécier l'ampleur? La question est en fait beaucoup moins simple qu'il semblerait de prime abord au vu de structures aujourd'hui soumises à l'attaque des vagues, en raison même de cette érosion

Roland PASKOFF

Professeur à l'Université de Tunis

Pol TROUSSET

Chargé de recherche au C. N. R. S.

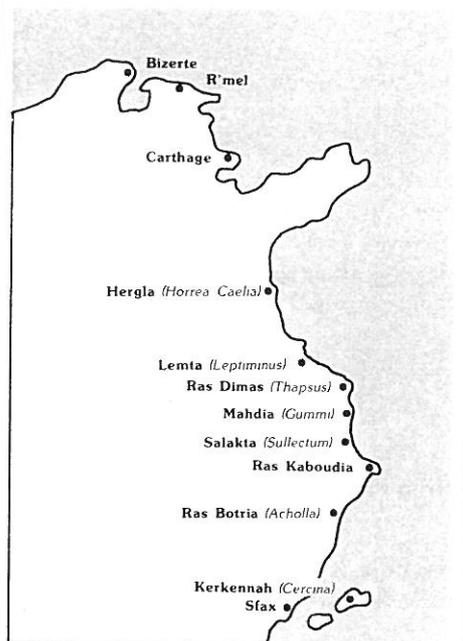
Rémi DALONGVILLE

Attaché de recherche au C. N. R. S.

marine dont les effets dans le sens horizontal peuvent, suivant les cas, se conjuguer ou se confondre avec ceux d'une transgression liée à un relèvement du niveau de la mer. De même n'est-il pas toujours possible pour expliquer cette submersion de faire la part qui revient aux mécanismes eustatiques et celle qui est imputable au jeu des déformations récentes de la tectonique locale. Enfin la nature même de ces constructions est également à prendre en considération, certaines d'entre elles - fondations de quais ou de môles par exemple - étant dès l'origine appelées à être immergées tandis que d'autres

avaient une vocation purement terrestre. Aussi bien les résultats de cette première et rapide enquête interdisciplinaire menée sur les côtes tunisiennes entre les îles Kerkennah et la région de Bizerte se situent-ils beaucoup moins au niveau des certitudes que des présomptions quant aux variations relatives du niveau marin depuis l'Antiquité. Le but est avant tout de mettre en évidence par quelques exemples bien choisis les problèmes d'interprétation soulevés par l'emploi des indicateurs archéologiques du niveau marin et de tenter de définir les précautions méthodologiques que requiert une telle approche. Loin d'être une revue exhaustive des ruines en partie submergées ou atteintes par la mer sur la section de côte en question, cette étude se réduit donc à une présentation ponctuelle de sites particulièrement significatifs, propres à illustrer cas par cas ces difficultés d'interprétation et par leur rapprochement à suggérer une méthodologie. De même, laissant à d'autres spécialistes le soin de prolonger cette enquête par une prospection sous-marine des hauts-fonds contigus, nous sommes-nous bornés à livrer les résultats d'observations effectuées sur le littoral même ou dans la zone médiolittorale.

Le marnage de vive eau restant sur les côtes tunisiennes en général inférieur à 0,3 - 0,4 m, à l'exception toutefois du golfe de Gabès où il atteint 1,7 m, l'espace intertidal est d'extension limitée malgré la prédominance des côtes basses; il est aisément repérable grâce aux laisses de haute mer, et, sur les parties rocheuses très souvent calcaires, caractérisable par les marques de corrosion dues aux actions chimiques ou biochimiques s'exerçant dans cette zone temporairement immergée. Un heureux hasard a permis que les observations rapportées ci-après aient été faites par très basse mer.





BORJ EL HASSAR CERCINA

Ses usines à garum ou de salaison

Le site se trouve dans la plus grande des îles Kerkennah (île de l'Est ou Chergui), sur un secteur de côtes à falaises, face au continent. Il correspond vraisemblablement à la ville antique de *Cercina*, capitale homonyme de l'île en question, déjà reliée par une chaussée à l'île plus petite (île Gharbi) appelée dans l'Antiquité *Cercinitis*.

Du côté terre, les vestiges de la ville éteints mais peu distincts, sont marqués par un « tell » au voisinage du fortin d'El Hassar ; côté mer l'attaque du site par l'érosion est mise en évidence par la falaise vive, haute par endroits de quelques mètres et taillée pour l'essentiel dans les couches archéologiques. Il en résulte une coupe naturelle qui dévoile une stratigraphie où se devinent deux phases d'occupation du site : la première pourrait dater de l'époque préromaine ou républicaine à en juger par des témoins de céramique à vernis noir importée ou d'imitation locale ; la seconde appartiendrait au début de l'époque impériale. Toute cette partie de la ville fut alors occupée par un important établissement industriel dont les cuves étroites et profondes sont tout à fait caractéristiques des usines à *garum* ou de salaison. Ces cuves avaient été creusées soit dans des remblais plus anciens, soit dans les argiles rouges pontiennes ou encore dans la croûte calcaire villafranchienne qui constitue au nord-est un petit promontoire à la limite du site.



Borj el Hassar : fond de cuve d'une usine de garum, découvert à marée basse.

On sait que ce type d'installations souvent liées à la présence d'anciens établissements phénico-puniques est très répandu dans le bassin occidental de la Méditerranée, notamment sur les côtes ibériques et marocaines, de même que sur le littoral tunisien. Ces usines sont placées généralement en bordure de mer, sur le trajet des migrations de bancs de poissons. Or, toute cette étendue de hauts fonds (*vada*) auxquels le Ras Kaboudia (le *Caput Vada* de Procope) doit son nom et qui se prolonge jusqu'aux îles Kerkennah, était déjà réputée dans l'Antiquité pour la pêche au thon (Strabon, XVII, 3, 16).

La technique de construction ainsi décrite par Ponsich et Tarradel (1965) est partout la même : « Le principe fondamental consistait à les bâtir au ras du sol pour faciliter leur remplissage et assurer une meilleure résistance à la poussée des masses de

poissons et de sel compensée par celle de la terre qui les entourait. Les angles des bassins étaient arrondis pour éviter les fissures... on ne trouve aucune évacuation dans ces bassins ».

Ce sont bien les caractéristiques qui s'observent à *Cercina* où plusieurs des cuves en question ont été éventrées par la mer de telle sorte qu'elles présentent en coupe sur toute leur hauteur leurs murs en blocage enduits de béton de tuileau ; compte tenu de leur disposition selon deux orientations perpendiculaires, elles ont été tranchées tantôt dans le sens de la largeur, tantôt dans celui de la longueur. Leur profondeur est à peu près constante et il importe de noter que dans la plupart des cas les fonds de ces cuves éventrées se trouvent juste au niveau ou légèrement au-dessous des hautes mers. En avant de la falaise, il ne subsiste comme trace des cuves entièrement démantelées par la mer, que ces fonds de blocage et leur enduit étanche. L'un de ceux-ci est bien visible sur l'avancée rocheuse au nord-est du site. Ses contours sont soulignés par une saignée qui correspond à l'arrachement des flancs de la cuve. Il est normalement recouvert par la mer à marée haute. La présence de ce fond de cuve dans la zone intertidale peut être retenue comme un premier indice d'une variation positive du niveau relatif de la mer dans ce secteur depuis l'Antiquité.

Au sud-ouest du site, le recul de la falaise a fait apparaître au-dessus de sa fondation en blocage reposant elle-même sur des couches archéologiques plus anciennes, un mur en petits moellons renforcé à intervalles réguliers par des blocs en grand appareil. Entre l'élévation du mur et sa fondation, le sol de l'édifice était nettement au-dessus du niveau actuel de la mer. En revanche, sur la plage en contrebas de ce mur, des alignements de blocs semblables et pouvant appartenir à des murs de soutènement de l'usine de salaison sont enfouis dans le sable et en partie recouverts par la mer. Les soubassements de ces derniers ne peuvent avoir été établis qu'au-dessus du niveau de la mer de



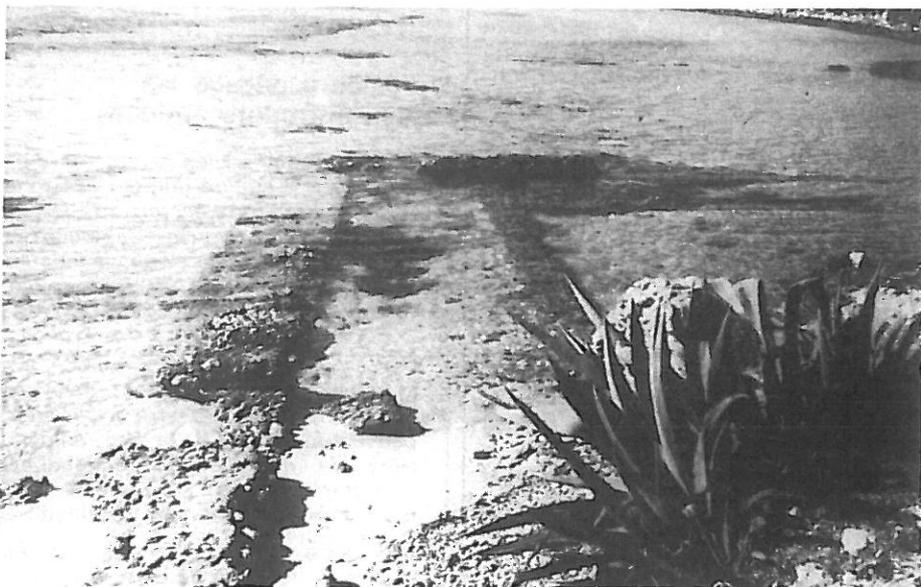
Fondations de l'usine dégageées par l'érosion marine à Cercina.

SALAKTA SULLECTUM

Un port marchand aujourd'hui disparu

Plusieurs ruines en partie recouvertes par la mer s'observent dans la partie sud du village sahélien de pêcheurs qui a succédé à l'antique *Sullectum*, port marchand, illustré sur la mosaïque des naviculaires d'Ostie par deux navires, des dauphins et un phare dont l'emplacement n'a pas été retrouvé.

Des vestiges situés immédiatement au nord du cap Salakta proprement dit, à proximité d'un établissement thermal



Murs immergés du cap Salakta.

l'époque. Enfin on aperçoit, déjà signalé par Despois (1937) et récemment par Burolet (1978), un socle de monument émergeant en très basses eaux à plusieurs dizaines de mètres du trait de côte.

L'ensemble de ces constatations suggère qu'une partie de la ville de *Cercina* a peut-être été affectée par une submersion. L'amputation de terres qui en résulte aurait pu, à en juger par certaines indications fournies par les auteurs anciens, modifier sensiblement les dimensions et la configuration de l'île principale de Kerkennah. Ainsi Hérodote et Plinè donnent-ils respectivement à *Cercina* une longueur de 200 stades et de 25 milles romains, soit 37 km. La convergence de ces chiffres exprimés en mesures différentes est significative ; or, la longueur actuelle de l'île n'excède guère 30 km si l'on exclut l'îlot de Roumedia. D'après Tissot qui attribuait ces changements à la seule action des vagues du nord-ouest dans des formations meubles, le centre et la partie nord de l'île auraient été particulièrement entamés tandis que la partie sud n'aurait pas changé puisque des vestiges du pont qui reliait les deux îles existent encore. Despois qui envisage à son tour cette éventualité conclut qu'il n'y a pas eu de changement appréciable de la configuration de l'île Chergui depuis l'Antiquité tout en reconnaissant que la falaise de Borj el Hassar a dû reculer notablement.

On peut se demander si l'érosion marine bien attestée en cet endroit précis par l'élaboration d'une falaise haute de plusieurs mètres dans des couches archéologiques suffit à rendre compte de l'évolution du littoral. L'établissement de fonds de cuves et de fondations de murs à une profondeur inférieure au niveau actuel de la mer semblerait prouver - même si ces installations étaient, à l'origine, à quelque distance en retrait du rivage - la réalité d'un relèvement du niveau relatif de la mer. Mais il est probable, comme nous le verrons, que ce relèvement apparent correspond davantage à une subsidence locale qu'à une remontée eustatique.

Cercina est mentionné comme « ville libre » par Plinè (V,7) qui fait état également de la liaison entre les deux îles.

Annibal, puis Marius y trouvèrent quelque temps refuge. Pendant la guerre d'Afrique, l'historien Salluste fut chargé par César d'y réquisitionner le blé entreposé par les Pompéiens. Déjà une colonie romaine aurait été déduite à *Cercina* par le père de César. C'est dans cette île que fut déporté puis mis à mort Sempronius Gracchus, amant de Julie fille d'Auguste. Selon V. Guérin (Voyage archéologique dans la Régence de Tunis, 1, p. 175) au XIX^e siècle encore, on déportait aux Kerkennah les femmes de la Régence convaincues d'adultère.

Sullectum devait être un des principaux débouchés maritimes du grand centre oléicole de *Thysdrus* (El Jem) et il n'est guère éloigné des pêcheries de thon du Ras Kaboudia. L'un de ses armateurs,

Leontius, est connu par une mosaïque découverte non loin des ruines submergées au sud du port. C'est du même établissement que provient la magnifique mosaïque du lion présentée au Musée de Sousse.

Leptiminius dont le nom, attesté sous cette forme par l'épigraphie ne saurait être confondu avec celui de *Lepcis Magna* en Tripolitaine, était sous l'Empire, le chef-lieu d'une circonscription domaniale à la tête de laquelle se trouvait un procurateur équestre. Parmi les ruines étendues de la ville se distinguent celles d'un forum, d'un théâtre et d'un amphithéâtre.

Horrea Caelia, du nom de la famille des *Caelii* devait être un grand entrepôt maritime. Située au fond du golfe d'Hammamet, entre mer et lagune, la ville était à la limite entre les provinces de Zeugitane et de Byzacène créées sous le Bas Empire.

réaménagé en usine à *garum*, qui a été mis au jour de l'autre côté de la route du littoral, montrent de petites pièces quadrangulaires dont, sur trois côtés, la base des murs est dans l'eau de façon permanente. Le sol n'ayant pas été conservé, il est difficile d'évaluer l'ampleur de la submersion. Tout ce secteur de côte est en voie de recul sous l'effet de l'érosion marine.

Juste au sud du cap, petit promontoire rocheux taillé dans des grès du Pliocène marin, on voit s'avancer dans la mer un double mur en retour d'équerre ; le mur extérieur est plus large dans sa section nord et une partie de son retour sud-est. Il semble qu'on puisse distinguer ici la fondation dont l'arase régulière est submergée à basse mer sous une vingtaine de centimètres d'eau. Au-dessus d'elle ne subsistent que quelques témoins du mur en blocage.

A proximité immédiate, se trouve un autre élément de mur également immergé ; il est fait de blocs en grand appareil et dessine un arc de cercle convexe en direction du large.

Bien que la nature de ces vestiges soit difficile à définir dans l'état où ils se présentent - l'hypothèse pourtant séduisante d'un vivier est à écarter car il s'agit d'une construction trop importante et trop soignée - on retiendra qu'ils se trouvent liés à un cap rocheux dont le recul par la mer n'a pu être que très faible depuis l'époque antique. Si l'on exclut l'hypothèse d'installations portuaires, la submersion de la fondation du mur pourrait être retenue comme un indice de relèvement du niveau relatif de la mer. Cette conclusion rejoint les observations faites en 1967 par Yorke qui a signalé de son côté des ruines submergées à Salakta parmi lesquelles il a identifié un entrepôt (warehouse) et un vivier à poissons (small tank, probably for holding fish) mais sans indiquer leur localisation précise.

LEMTA LEPTIMINUS

Vestiges de quais et d'une jetée submergée

Parmi les ruines très étendues mais le plus souvent informes de cette ville importante de l'antique *Byzacium*, des restes de quais et de constructions diverses avaient été signalés sur le rivage, près du village actuel et au voisinage de l'embouchure d'un petit oued. Par ailleurs, Yorke y a repéré une jetée d'environ 500 m de large, mais aujourd'hui entièrement submergée.

Plusieurs alignements de murs se suivent effectivement sur près d'une centaine de mètres en bordure du rivage. Ils sont faits en pierres plates irrégulières mais disposées en assises ; l'absence de parement vers la mer ne permet pas d'y reconnaître un appontement, hypothèse exclue du reste par les très faibles profondeurs littorales. Il s'agit vraisemblablement de fondations banales. Un peu plus au nord, deux sections de murs parallèles indiquent l'existence de bâtiments dont la surface d'utilisation soulignée par un sol en béton de tuileau, se situe à environ 30 cm au-dessus du plan d'eau à basse mer, la fondation de ce mur étant elle-même établie en-dessous du niveau marin actuel. Une légère submersion semble d'autant plus probable qu'on se trouve ici sur une partie de la côte tunisienne où la mer est dotée d'une faible énergie en raison de la présence d'une zone pré-littorale de très hauts-fonds : on peut donc exclure un recul de la ligne du rivage sous le seul effet de l'érosion marine.

MAHDIA GUMMI?

Les ruines imposantes du port de la cité fatimide

A la pointe du cap Afrique se remarque un groupe de tombes creusées à proximité de la mer dans le grès pliocène du promontoire, à peu de distance au nord des ruines imposantes du port et de la cité fatimides. Ces derniers vestiges comportent des remplois visibles de matériaux empruntés sur place, peut-être à des monuments du port antique de *Gummi* dont le nom figure également sur une mosaïque de la place des Corporations à Ostie. Cependant, l'étroitesse caractéristique de l'excavation des tombes, réduite à la largeur rituelle de deux mains ainsi que leur orientation préférentielle en direction de l'est, ne laissent aucun doute sur l'origine musulmane de ces sépultures antérieures à 1057 selon Lézine (1965) et contemporaines vraisem-

blablement des ruines voisines de la capitale fatimide.

La plupart de ces tombes se trouvent dans la zone supralittorale exposée aux embruns et aux paquets de mer (on y voit des lapiés et des mares à encorbellement). Mais certaines ont été creusées légèrement en contrebas des précédentes : elles sont aujourd'hui dans la zone intertidale soumise à une active corrosion qui les défigure. Il est tout à fait exclu que des inhumations aient pu être pratiquées dans des sépultures soumises comme c'est le cas aujourd'hui à une submersion partielle par mer haute. Force est donc, contrairement aux affirmations de Flemming qui estime que le niveau de la mer n'a pas changé, de conclure à un relèvement du niveau relatif de la mer en cet endroit depuis le X^e siècle de notre ère.

HERGLA HORREA CAELIA

L'érosion a dégagé les vastes entrepôts antiques

La côte reproduit ici les caractères déjà signalés pour le site de Borj el Hassar : la mer dotée d'une forte énergie a taillé une falaise haute de 3-4 m qui fait apparaître en coupe les couches archéologiques et seulement à la base une couche d'argile rouge. On remarque, en partie dégagées par l'éro-



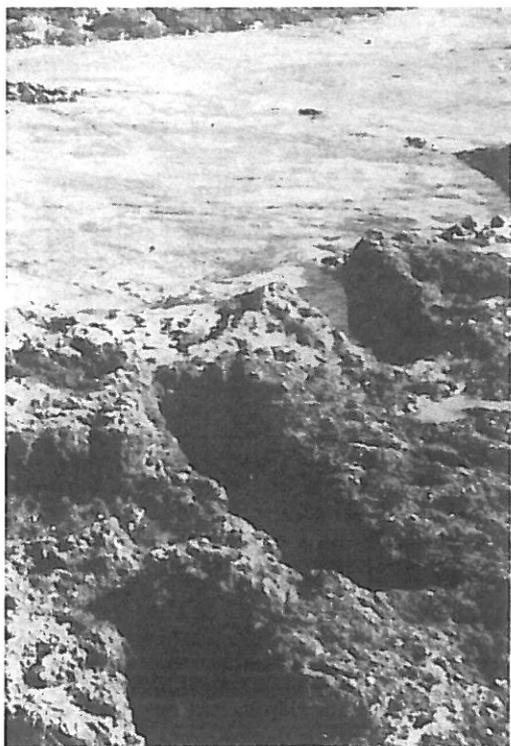
sion et se succédant sur plus de 100 mètres le long du front de mer, une série de constructions voûtées en berceau sur plan rectangulaire. Il est tentant d'y reconnaître les entrepôts (*horrea*) auxquels la ville devait son non antique, mais ceux-ci semblent en réalité pouvoir être identifiés

Les variations verticales dans la position relative de la terre et de la mer peuvent être le fait de la mer : on parle alors de *mouvements eustatiques*, d'*eustatisme* ou d'*eustasie*. Ces mouvements eustatiques résultent :

a) soit de variations dans la *capacité* des cuvettes océaniques à la suite :
- de déformations : c'est l'*eustatisme diastrophique* ou *tectono-eustasie* ;
- de l'accumulation de sédiments : c'est l'*eustatisme sédimentaire*.

b) soit de variations dans le *volume* de leur contenu liquide à la suite :
- de la formation et de la disparition de glaciers continentaux qui immobilisent sous la forme solide de l'eau prélevée dans les océans et les mers : c'est le *glacio-eustatisme* qui a joué un rôle majeur pendant l'ère quaternaire, ère caractérisée par des phases glaciaires et des phases interglaciaires (le niveau marin a été porté aux environs de - 100 m lors du maximum de la dernière glaciation) ;
- de variations de la *température* des eaux marines : c'est le *thermo-eustatisme* qui, en comparaison du précédent, est un phénomène mineur (un accroissement de température de 1° sur toute la profondeur des océans provoquerait seulement un relèvement de 2 m).

Les variations verticales dans la position relative de la terre et de la mer peuvent être le fait de la terre et de la plate-forme continentale adjacente par suite de mouvements de caractère *tectonique* (déformations localisées de la croûte terrestre : plis, failles, flexures) ou *épirogénique* (déformations à grand rayon de courbure ; soulèvements, affaissements, gauchissements), ces derniers liés à des phénomènes de type *isostatique*, c'est-à-dire en rapport avec des ruptures de l'équilibre relatif réalisé entre les différents compartiments de l'écorce terrestre. On parle de *mouvements glacio-eustatiques* lorsque les mouvements sont provoqués par l'apparition de calottes glaciaires épaisses (inlandsis) sur des parties de continent (Canada, Scandinavie au Quaternaire) entraînant leur affaissement par suite de la surcharge de la glace, leur disparition déclenchant un soulèvement par suite de la décharge. Le fond des océans est lui-même sensible au poids de la colonne d'eau qui le surmonte. L'épaisseur de celle-ci varie en fonction du volume d'eau stockée sur les continents sous la forme de glace, les planchers océaniques peuvent se soulever ou s'affaisser suivant le cas, provoquant un changement dans la position relative du niveau marin : c'est l'*hydro-isostasie*.



blocs équarris, apparaissent submergés de façon permanente sous quelques centimètres d'eau.

Les observations de Yorke (1975) dans l'ancien port circulaire et dans le Quadrilatère de Falbe, un peu plus au sud dans la baie du Kram, parlent en faveur d'une submersion de 1,1 à 1,5 m depuis l'Antiquité. D'après les relevés plus récents faits par Hurst et Stager (1978) dans les alentours des ports puniques, le niveau de la mer aurait été à - 1 m par rapport au 0 actuel au III^e siècle avant J.-C. tandis qu'à l'époque byzantine il se serait trouvé à - 0,15 m. A l'ouest du cap Gammarth, là où commence la grande plage de Raouad, des traces de carrières antiques sont visibles dans un affleurement de grès coquillier probablement pliocène. Elles se suivent sur une distance d'une centaine de mètres. Le plancher d'extraction est en permanence inondé sous une profondeur minimale de 35 cm d'eau de mer.

Ci-dessous : carrières antiques submergées de R'mel à l'est de Bizerte.

En bas : coupe de la carrière orientale de R'mel : 1. plancher de la carrière antique ; 2. niveau maximum atteint par la mer (présence de cuvettes de dissolution par l'eau de mer dans le grès calcaire). 3. niveau actuel de la mer.

R'MEL

Le transport par mer des blocs de pierre

Immédiatement à l'est de Bizerte, en allant de la plage du R'mel vers le Ras ez Zebib, on suit sur plusieurs kilomètres de très vastes carrières antiques qui jusqu'à présent n'ont fait l'objet d'aucun relevé. Le matériel enlevé, un grès calcaire d'origine éolienne et d'âge tyrrhénien, était très probablement destiné à Carthage. Des blocs abandonnés en cours de délogement montrent que la technique d'extraction utilisée était la saignée. On n'a pas relevé de traces de coin. L'exploitation de la pierre se faisait en ménageant du côté de la mer une paroi de protection naturelle, large d'environ 3 m, haute de 2 m, percée d'ouvertures qui permettaient l'évacuation des blocs vers des barques amarrées à proximité. Les planchers les plus bas de ces carrières sont aujourd'hui inondés, parfois sous plusieurs dizaines de centimètres d'eau. C'est dans la carrière la plus orientale que la submersion a été la plus forte : elle est de l'or-

Tombes musulmanes creusées dans le roc à Mahdia.

en un autre point du site, en retrait de la plage. A en juger par leur revêtement de béton étanche et par leur position basse, en-dessous de l'indication d'une surface habitable, ces constructions plus ou moins éventrées par la mer ou en passe de l'être sont assurément d'anciennes citernes.

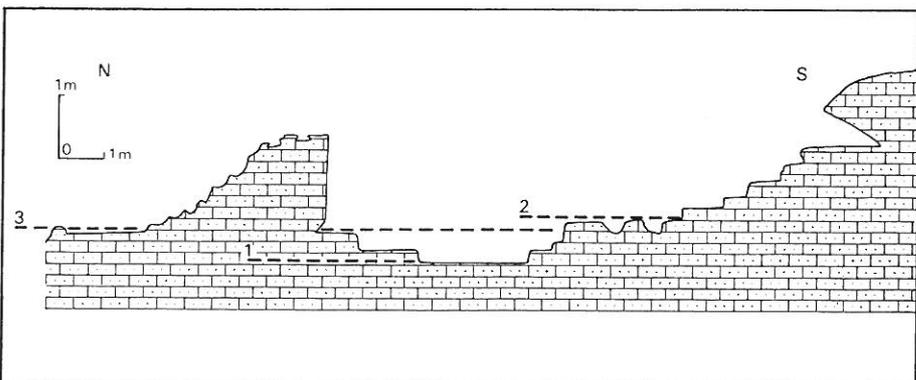
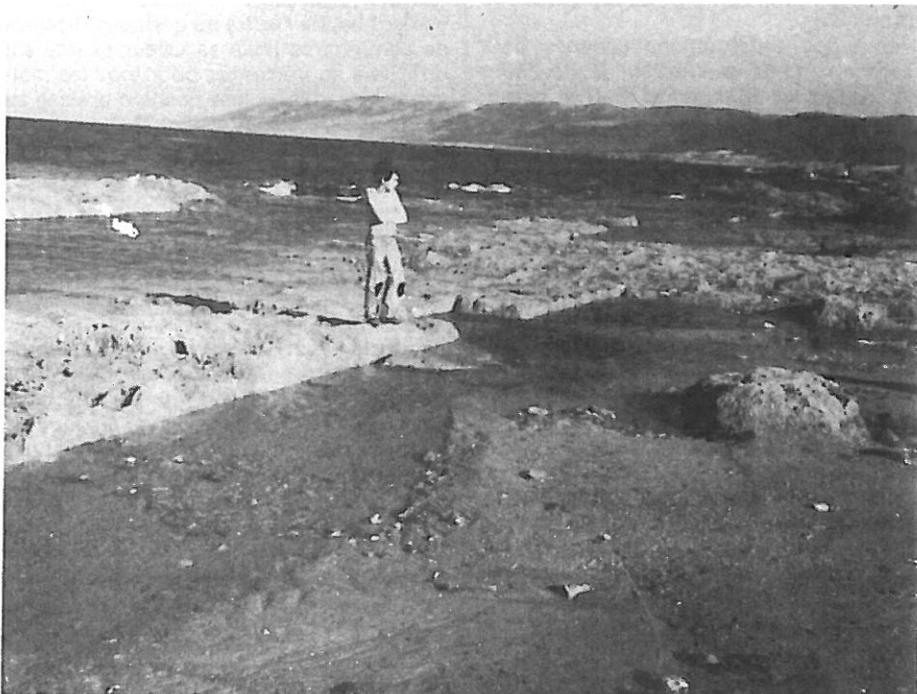
On observe également au-dessous des traces d'habitats, plusieurs conduites d'égouts, sectionnées par la falaise ; elles sont à environ deux mètres au-dessus de la grève ce qui suffit à souligner le recul du littoral par rapport à un rivage ancien auquel elles devaient aboutir.

Au pied de la falaise, la mer s'avance jusqu'à une citerne plus largement éventrée. Le radier de cette dernière se situe à 15 ou 20 cm environ au-dessous du niveau des plus hautes eaux actuelles.

CARTHAGE

Les carrières antiques envahies par les eaux

Entre le palais présidentiel et les ports puniques l'examen morphologique montre un littoral sableux en cours de recul. A en croire les observations d'archéologie sous-marine de Yorke et Little le retrait de la ligne de côte aurait été de 50 à 60 mètres depuis le I-III^e siècle de l'ère chrétienne. Au sud des thermes d'Antonin, des vestiges de murs s'avancent dans la mer à partir du rivage ; ils limitent des pièces dont le sol de mortier se trouve au niveau moyen de la mer. Des restes de dallages, faits de gros



dre de 0,50 m. Des indices (cuvettes de dissolution par l'eau de mer aujourd'hui non fonctionnelles) suggèrent que cette submersion a dû être de 0,80 m à un moment donné.

Evaluation des indices archéologiques retenus

Seuls ont été signalés les sites côtiers qui ont fait l'objet d'un examen sur le terrain et sur lesquels des indices ont été relevés qui parlent en faveur d'une variation relative du niveau de la mer depuis l'Antiquité sur la côte nord-orientale de la Tunisie. Aucun indice ne suggère une émergence ; tous, au contraire, témoignent d'une submersion mais ils ne sont pas également probants. Aussi convient-il de s'entourer de précautions avant d'en tirer des conclusions. Certains des vestiges repérés ont pu être, au moins partiellement immergés dès l'origine s'ils appartiennent à d'anciens quais ou môles. C'est pourquoi nous avons écarté de notre investigation la jetée submergée de Lemta et celle signalée par Yorke de Ras Botria (*Acholla*) de même que le môle de *Thapsus* étudié par Lézine (1961). Parce que nous ignorons ce que représentent les ruines submergées de Salakta, juste au sud du cap, leur signification pour le problème ici débattu apparaît discutable.

Même des constructions conçues pour rester émergées, aujourd'hui déchaussées par les vagues et inondées (Borj el Hassar, Hergla), ne sont pas nécessairement démonstratives si elles se rencontrent sur une côte en voie de recul rapide (haute énergie de la houle, roches basales peu résistantes). On peut en effet penser que les fondations des murs et même le sol de pièces ou le fond de cuves, primitivement localisées à une certaine distance du rivage, avaient pu être implantés à une cote légèrement inférieure à celle de la mer de l'époque. Cependant la présence probable d'une nappe à ce niveau devait gêner les creusements et la mise en place d'assises maçonnées dans une roche gorgée d'eau. Les carrières littorales (Raouad, R'mel) représentent un indicateur des variations relatives du niveau marin à ne pas négliger. Elles se localisent sur des rivages rocheux, à évolution géomorphologique lente, dont la configuration depuis l'Antiquité a peu changé. L'exploitation de la pierre par la technique des saignées ne pouvait se faire sous une tranche d'eau. La présence de planchers de carrières recouverts de façon permanente par la mer, alors que rien ne s'opposait à leur élargissement, témoigne indubitablement d'une submersion. En revanche, il est difficile de dater avec précision ces carrières. On peut dire qu'elles sont antiques - à l'époque arabe on a peu extrait, on a surtout réemployé des matériaux romains - mais dans certains cas elles ont dû être utilisées pendant plusieurs siècles. Cependant c'est incontestablement la période romaine qui a connu l'activité extractive la plus intense.

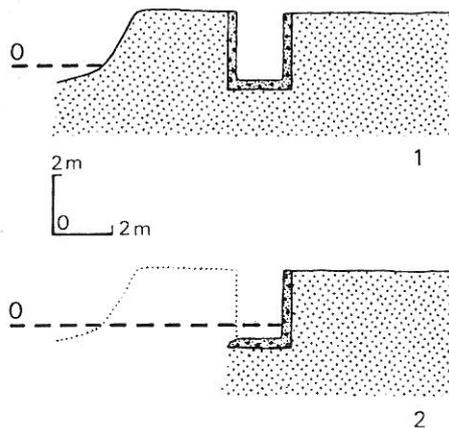
La présence de tombes creusées dans le roc (Mahdia) et situées aujourd'hui dans la zone intertidale constitue un bon indice de changement positif du niveau relatif de la

mer car il est impensable que des inhumations aient été pratiquées dans des sépultures périodiquement recouvertes par la marée. Dans ce cas encore la datation exacte est difficile car les tombes ont été nettoyées de leurs ossements et de leur mobilier par les vagues. Du moins est-il possible de distinguer les tombes puniques ou romaines d'une part, les tombes musulmanes d'autres part.

Les viviers à poissons qui peuvent être datés avec assez de précision, donnent également des renseignements justes sur le niveau marin, en particulier sur sa limite supérieure (hautes mers) car le sommet des parois qui limitent les bassins doit toujours émerger. Il ne nous a pas été possible d'en trouver au cours de nos recherches mais Flemming signale dans la plus grande des îles de Monastir (Djeziret Sidi el Rhedamsi) un vivier dont le trottoir est aujourd'hui submergé sous 10 cm d'eau.

Résultats obtenus

A la lumière des différents indices relevés, même s'ils sont d'inégale valeur, on est autorisé à affirmer que le niveau relatif de la mer sur la côte nord-orientale de la Tunisie s'est relevé depuis l'époque romaine. L'ampleur minimale de ce relèvement est de l'ordre de quelques dizaines de centimètres mais sa valeur exacte est difficile à apprécier car pour tous les indicateurs examinés, leur position précise au moment où ils sont apparus, par rapport au niveau marin de l'époque, est inconnue. On peut encore ajouter que la mer était déjà basse avant l'époque romaine puisque, selon des observations faites dans les environs des anciens ports de Carthage par Hurst et Stager, elle était à - 1 m par rapport au 0 actuel au III^e siècle avant J.-C. Elle était encore déprimée au début de l'époque arabe comme le suggèrent les tombes de Mahdia, mais elle a sans doute aussi été, à une époque que nous ignorons, un peu plus haute qu'aujourd'hui comme l'indique la carrière la plus orientale de R'mel. De fait, il a pu se produire une suite d'oscillations positives et négatives, d'ampleur diverse, dont nous n'avons pas vu de trace. Cependant à en juger par le trottoir de corrosion qui précède du côté



Submersion à marée haute d'un fond de cuve éventré par l'érosion des vagues sans relèvement du niveau relatif de la mer.

En haut : ruines romaines submergées au nord du cap Salakta.

En bas : carrière antique inondée de R'mel. Photos C.N.R.S., R. Paskoff.

de la mer les grandes carrières de R'mel, c'est le niveau marin d'aujourd'hui qui a été le plus fréquent depuis la fin de la transgression post glaciaire. En effet il n'existe qu'un seul trottoir et il correspond exactement au 0 actuel.

Interprétation des résultats

Les changements relatifs du niveau de la mer résultent généralement de la combinaison de plusieurs causes qui peuvent se regrouper en deux grandes catégories : d'abord les variations propres de la mer appelées eustatiques (modifications dans le volume des eaux océaniques : glacio-eustatisme, thermo-eustatisme, modifications dans le contenu des eaux océaniques : tectono-eustatisme, hydro-isostasie) ; ensuite les mouvements des continents (tectonique locale, déformations plus amples de type isostatique). La généralité de la submersion constatée sur la côte nord-orientale de la Tunisie au cours des deux mille dernières années suggère une origine eustatique. Certes cette submersion est particulièrement nette dans des régions connues pour leur tendance subsidente : aux îles Kerkennah qui appartiennent à l'aire d'affaissement du golfe de Gabès, selon Buroillet, et à Raouad dans celle du delta de la Medjerda. Mais elle apparaît aussi dans des secteurs dont le comportement récent est au soulèvement comme le montre l'exemple de R'mel où les terrains tyrrhéniens sont déformés en anticlinal d'après des travaux récents de N. Ben Ayed.

Comparaison avec d'autres résultats

Dans son étude - qui inclut vingt-deux sites tunisiens - sur les indices archéologiques des variations relatives du niveau de la mer en Méditerranée occidentale pendant les deux mille dernières années, Flemming conclut à l'absence de variations eustatiques pendant cette période, sans écarter cependant la possibilité d'oscillations de ce type mais d'ampleur très réduite ($\pm 0,50$ m). Il explique les sites submergés, beaucoup plus fréquents que les sites soulevés, par des mouvements tectoniques. Ce n'est pas l'opinion de Hafemann qui, après avoir examiné l'ensemble des côtes de la Méditerranée - huit sites tunisiens sont pris en compte - pense à un mouvement eustatique positif de 1,70 à 2,20 m pendant l'ère chrétienne. En Méditerranée nord-occidentale Pirazzoli reconnaît qu'à l'époque romaine le niveau marin était effectivement légèrement plus bas que l'actuel, de l'ordre de 0,50 m. Sa remontée depuis lors a dû se faire avec des oscillations de valeur décimétrique. Au total, après ces travaux et les nôtres, la « Roman emergence » signalée par Fairbridge dès 1961 paraît être confirmée même si elle ne semble pas avoir eu l'ampleur de 2 m postulée par cet auteur.



VARIATIONS DU NIVEAU DE LA MER SUR LES COTES DE CYRENAÏQUE A L'EPOQUE HISTORIQUE

André LARONDE

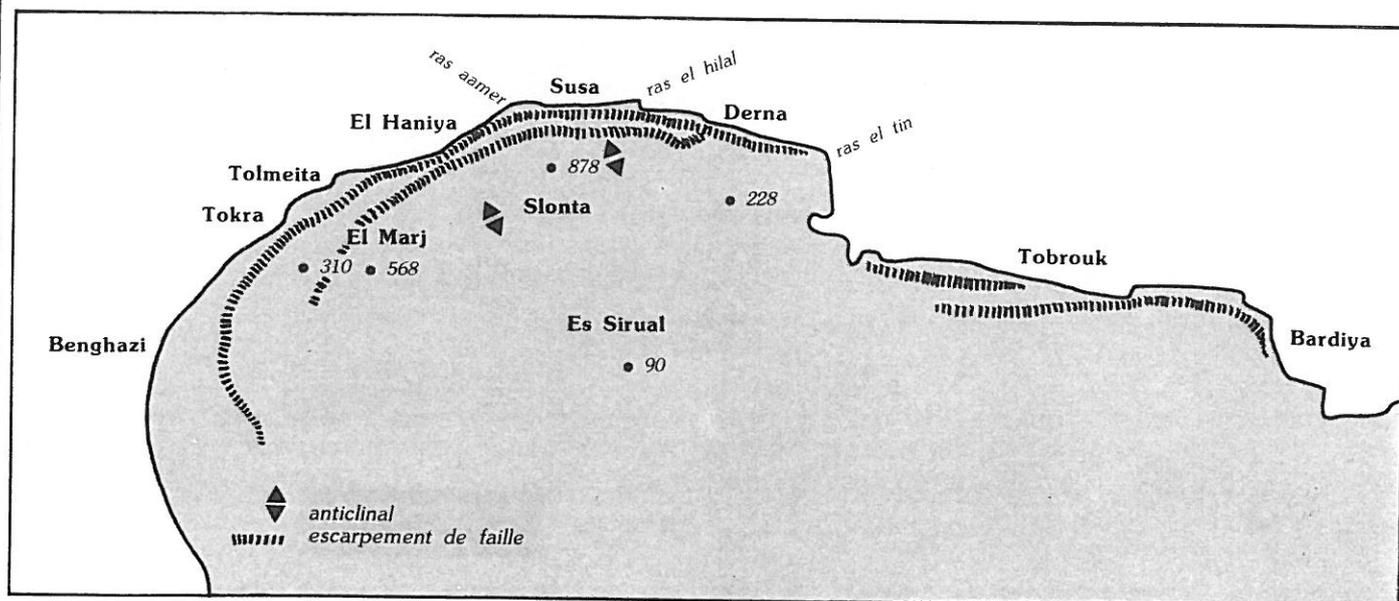
Professeur à l'Université des Sciences Sociales (Grenoble II)

La zone côtière de la Cyrénaïque entre en composition dans l'ensemble de plateaux calcaires, essentiellement tertiaires, qui forment le djebel Akhdar - la montagne verte. Ces plateaux, qui s'abaissent en pente douce vers le sud-est, soit la région d'es Sirual, sont au contraire redressés en direction de la Méditerranée, qu'ils dominent par deux abrupts plus ou moins parallèles, et qui se développent en arc de cercle du sud-ouest au nord-est de la région à laquelle ils donnent sa forme caractéristique en avancée dans la Méditerranée. Le premier de ces emmarchements correspond en gros à la cote 300 m au-dessus du niveau de la mer ; le second emmarchement s'élève à la cote 600 m dans la partie centrale du djebel Akhdar, non loin de Cyrène, aujourd'hui Shahat, pour atteindre un peu au sud son point culminant à 878 m, non loin de Sidi Mohamed el Homri.

La simplicité apparente des grandes lignes de ce schéma structural ne doit pas dissimuler une morphologie infiniment plus complexe et diversifiée dans le détail. Il existe une nette dyssymétrie entre la partie Ouest de la région, plus calme, plus proche des grandes lignes définies ci-dessus, et la partie Est, beaucoup plus tourmentée. Dans l'Ouest, le soulèvement des trois plateaux a déterminé trois gradins très réguliers ; la plate-forme côtière a environ 30 km de large au droit de Benghazi, et le plateau intermédiaire a encore une largeur à peu près égale à la hauteur d'el Marj, l'ancienne Barca. Au contraire, dans la partie centrale du djebel Akhdar, les deux emmarchements se rapprochent au point de n'être plus qu'à 9 km l'un de l'autre en contrebas de Cyrène, tandis que la plate-forme côtière n'atteint jamais cette largeur là où elle existe encore. A l'est de ras el Hilal, les deux abrupts se confondent pour ne plus

former qu'une seule falaise qui, à l'est de Derna, atteint directement le rivage. Il faut sans doute mettre cette différenciation en rapport avec la présence d'une série d'anticlinaux orientés sud-ouest - nord-est, qui prennent naissance au sud-ouest de Slonta pour atteindre la côte à l'est de ras el Hilal. Ces anticlinaux ont contribué à la création de vallées fluviales orientées tantôt vers le bassin endoréique d'es Sirual, tantôt vers le rivage méditerranéen : ces dernières vallées ont violemment échancré les deux emmarchements, en particulier au moyen de tout le complexe de vallées qui se regroupent finalement dans le wadi el Cuf. Le relief de la partie centrale du djebel Akhdar est donc beaucoup plus compartimenté et lacéré, et cela jusqu'à proximité même de la côte.

Photo Roger-Viollet

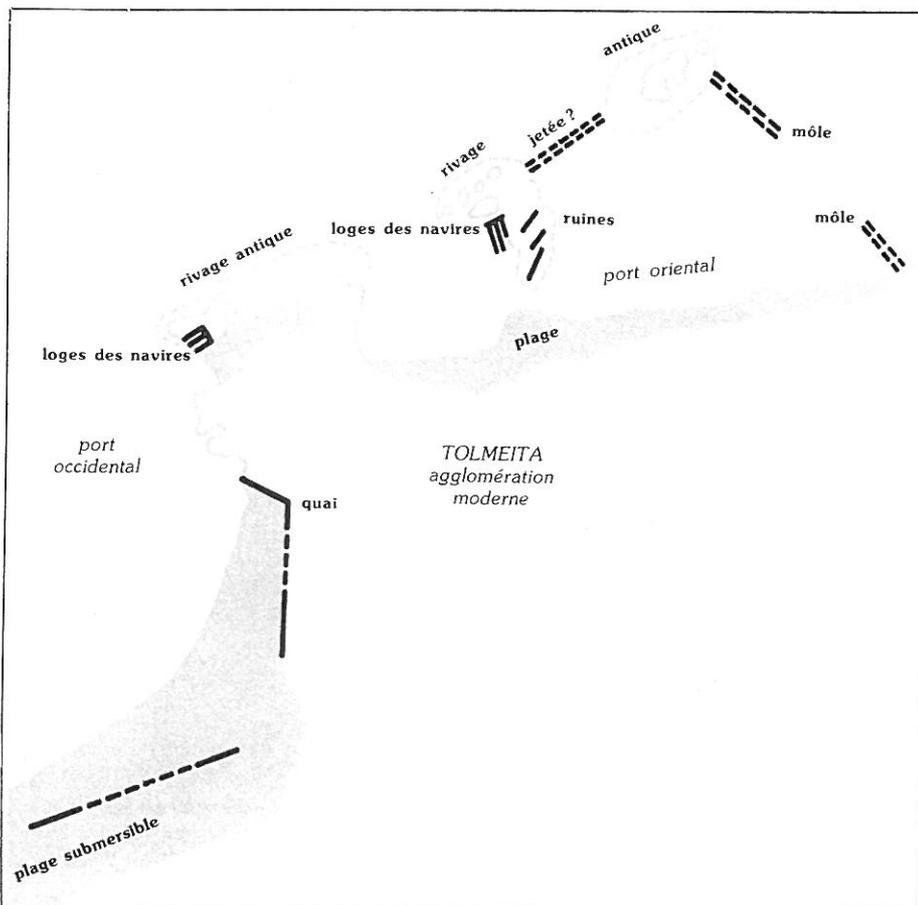




LES DEUX PORTS ANTIQUES DE PTOLEMAÏS DISPARAISSENT SOUS LES EAUX

	2	3
	4	5
1	6	7

1. Plan schématique du port de Ptolémaïs
2. Ptolémaïs, port occidental : quai submergé.
3. Ptolémaïs, port occidental : loge de navire taillée dans le grès.
4. El Haniya, falaise récente entamant la colline qui porte le site antique ; au premier plan, le niveau tyrrhénien taillé dans le calcaire éocène blanc reparait sous les dépôts gréseux.
5. El Haniya, silo romain éventré par l'action récente de la mer.
6. Zauiet el Hamama, les carrières antiques submergées.
7. Ras ben Gebara, l'action de la mer à mis en évidence le soubassement de calcaire éocène surmonté du diluvium gréseux.

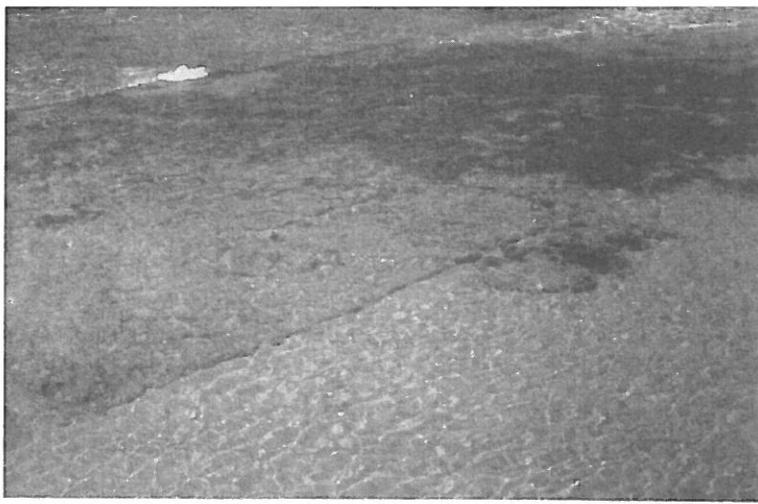


La zone côtière elle-même présente donc un aspect très différent selon que l'on se situe près de Benghazi ou près de Derna. A l'ouest une plaine côtière très large laisse à peine deviner le premier emmarchement qui barre l'horizon de plus en plus nettement au fur et à mesure que l'on se dirige vers le nord-est, en direction de Tolmeita, l'ancienne Ptolémaïs. Cette plaine structurale côtière domine à peine le rivage dont elle est séparée par une ligne de dunes qui contribuent à former un chapelet de lagunes ou de sebkas entre celles-ci et celui-là. La plaine côtière perd très rapidement de son importance au-delà de Tokra - où elle ne mesure plus que 4 km de large - pour disparaître au-delà de Tolmeita ; jusqu'à l'embouchure du wadi Giargiarummah, émissaire du wadi el Cuf, le premier emmarchement plonge directement dans la mer. La plaine côtière reparait du wadi Giargiarummah à Derna, ne prenant un certain développement que dans la partie septentrionale de la Cyrénaïque, entre ras Aamer et ras el Hilal, où elle dessine une sorte de large baie concave au centre de laquelle se trouve Susa, l'ancienne Apollonia. C'est dans ce secteur que la côte offre son plus caractéristique aspect tabulaire (l'expression est de Strabon, XVII, 837), celui que notaient tous les navigateurs de l'Antiquité, qu'ils vinsent de la Crète, au nord-est, ou de l'Egypte, à l'est. L'étagement des plateaux est renforcé ici par la présence de trois plates-formes ou terrasses, à 10-15 m, à 30 m et à 55 m, qui sont certainement des plates-formes d'abrasion marine. Au-delà

de Derna, la plaine côtière disparaît à nouveau et la falaise du plateau intérieur vient plonger directement dans la mer par un abrupt impressionnant de plus de 100 m de hauteur. Cette structure uniforme n'est pas sans annoncer les rivages de la Marmarique, presque toujours dominés par cette falaise jusqu'à la frontière égyptienne.

Entre ras Aamer et Derna, la partie centrale de cette côte a subi des attaques récentes de la mer, qui ont mis en évidence les divers éléments entrant en composition dans la structure locale. La roche en place est constituée par un calcaire blanc de l'Éocène moyen, découpé en falaise et en îlots à l'époque tyrrhénienne, et qui reparait aujourd'hui sous l'effet de l'érosion marine, comme à el Haniya ou à ras ben Gebara, à l'ouest de Derna. Audessus du calcaire éocène, on aperçoit une couche de cailloutis, véritable mortadelle, consolidée par un ciment de couleur sombre, postérieur à la régression marine qui a vu la formation de ce niveau. Le tout est surmonté par un grès continental épais, de couleur rouge sombre, dont l'origine est éolienne, donc d'une époque où le rivage était assez éloigné : J. Demangeot a proposé de voir là une formation datant de la régression marine contemporaine de la glaciation de Würm II, vers 40 000 B.P. Aux niveaux supérieurs, on trouve enfin des sables dunaires consolidés, qui pourraient dater de la régression marine contemporaine de la glaciation de Würm III, soit vers 32 000 B.P.

Ces grès continentaux et surtout ces dunes consolidées forment une ligne de collines disposées parallèlement au rivage. Tantôt elles sont au contact direct de ce dernier, comme entre l'embouchure du wadi Giargiarummah et zauiet el Hamama, immédiatement à l'ouest de ras Aamer. Tantôt elles se trouvent en avant de la ligne du rivage actuel et, là où elles ne sont pas submergées, elles forment un alignement d'îles et d'îlots qui étaient seuls capables d'offrir aux navigateurs des Anciens un abri sur une côte généralement rectiligne et dépourvue de ports naturels. C'est en particulier le cas à Ptolémaïs et à Apollonia. Ptolémaïs est l'ancienne échelle de Barca ; elle prit son nom en 246 av. J.-C., lors de la reconquête de la région opérée par Ptolémée III Evergète I^{er}. Le port antique s'appuyait sur un promontoire et deux îlots gréseux ; ces deux derniers étaient reliés entre eux par un môle et déterminaient un vaste abri à l'est du promontoire ; à l'ouest de celui-ci, il y avait une rade foraine aménagée, comme le prouvent les loges de navires encore visibles, ainsi que des restes de quai. Selon un principe bien connu des Anciens, Ptolémaïs disposait donc de deux ports accessibles par tous les temps. Actuellement, les vestiges des installations portuaires sont pour la plupart recouverts par une mince couche d'eau, si bien que l'on peut estimer à 1,5 m en moyenne la hausse du niveau marin depuis 2 000 ans. Cette évolution marine positive s'est accompagnée d'une disparition totale des môles du port oriental, ainsi que d'une



forte dégradation des deux îlots.

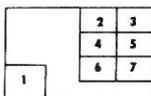
Un mouvement de submersion d'une ampleur similaire s'est produit à el Haniya, site que je propose d'identifier avec l'antique Aptouchos. En ce point, la mer avait rompu le cordon des dunes littorales, déterminant la formation d'une baie protégée par quelques îlots. Aujourd'hui, les flots viennent entamer la colline qui, au sud-est de la baie, portait l'habitat antique. Les vestiges d'un port qui fut sans doute modeste, ont totalement disparu, et une falaise récente en pleine évolution fait apparaître les restes de silos romains tranchés à vif.

Un intérêt particulier s'attache au site de zaiet el Hamama, antique Phycous, un peu à l'ouest de ras Aamer, le cap le plus septentrional de la Cyrénaïque. Le site antique se trouve sur le promontoire qui clôt à l'ouest une large baie ouverte au nord-est. Ce promontoire est formé par une couche de plus de 10 m d'épaisseur de grès continentaux rouge sombre. Ces grès ont servi de matériau de construction dans l'Antiquité et jusqu'à l'époque byzantine.

Ces carrières offraient l'avantage de fournir des pierres faciles à travailler dans d'excellentes conditions d'exploitation,

puisque les blocs pouvaient être transportés par mer sur n'importe quel point du littoral. Comme à Cyrène ou à Apollonia, ces carrières, une fois abandonnées, furent utilisées pour installer des tombes rupestres ; les *arcosolia* des chambres funéraires correspondent à des tombes d'époque impériale tardive dans l'ensemble de la région. Autrement dit, ces carrières n'étaient pas encore envahies par les eaux à l'époque impériale romaine, et ce n'est que postérieurement que s'est produite une invasion marine qui a porté le niveau actuel à 2 m au-dessus du niveau des premiers siècles de notre ère.

APOLLONIA LA SUBMERSION PAR LA MER DU RIVAGE ANTIQUE EST PLUS FORTE QU'À PTOLEMAIS



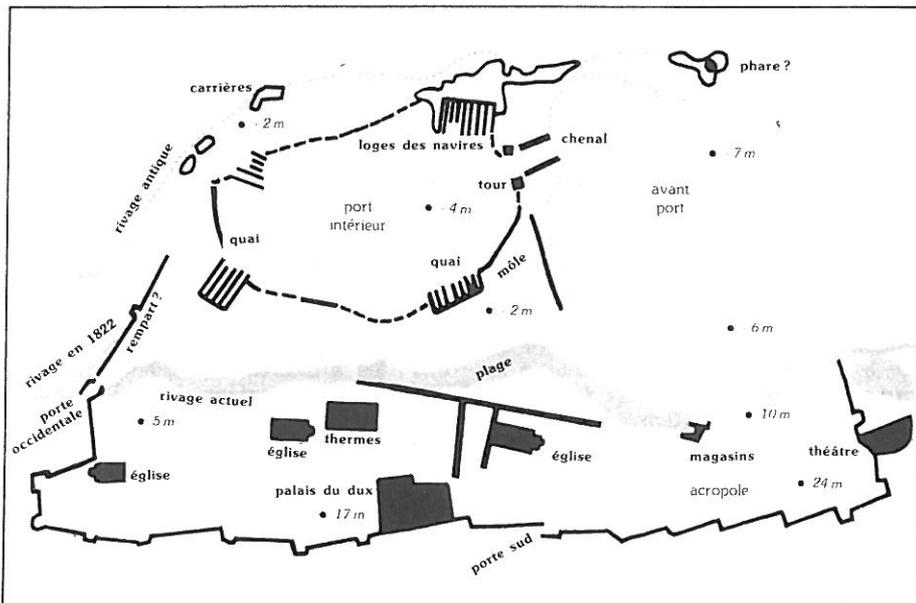
1. Plan schématique du port d'Apollonia.
2. Apollonia, le port antique submergé ; au premier plan, les thermes romains (fouilles de la mission archéologique française).
3. Apollonia, la plage récente au pied de l'Acropole ; au premier plan, magasins romains.
4. Apollonia, silos envahis par les eaux au pied de l'Acropole.
5. Falaise ennoyée à l'est de Derna.
6. Wadi el Chalig, colmatage récent du fond de vallée ennoyé.
7. Bardiya, l'estuaire ennoyé des deux oueds.

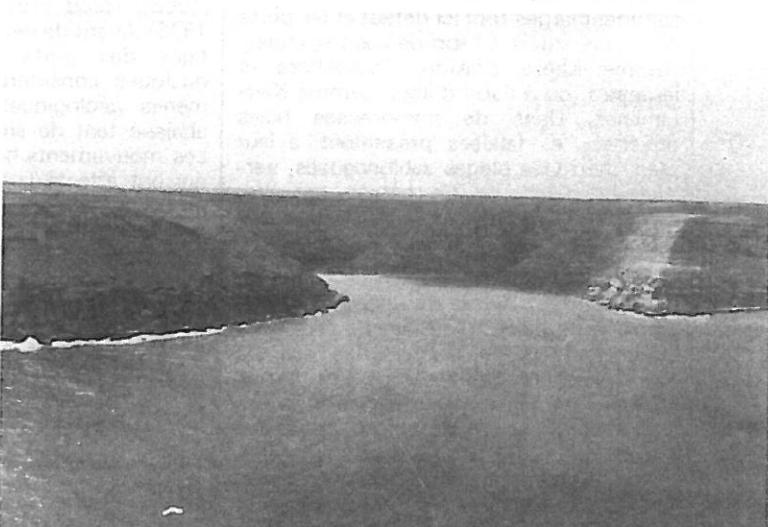
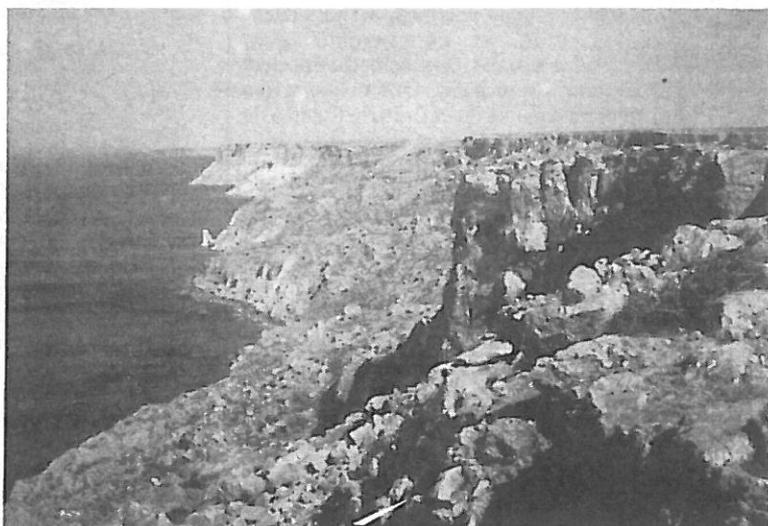
C'est cependant Apollonia, actuelle Susa, qui a retenu l'attention de tous les voyageurs depuis la première visite que Paolo della Cella, médecin de la marine du roi de Sardaigne, effectua en 1817. Le port antique était délimité par deux îlots de grès reliés entre eux et au rivage par des môles naturels ; ces îlots se trouvent aujourd'hui isolés à 300 m du rivage. Comme, tout au long du site d'Apollonia, la mer attaque aujourd'hui des silos et des magasins à l'est et qu'elle tranche au centre et à l'ouest une rue et diverses constructions, il est clair que nous assistons à un recul du rivage depuis l'Antiquité. Cependant, faute d'études détaillées, il est difficile d'apprécier l'ampleur exacte de ce recul. Le premier relevé précis du port d'Apollonia fut effectué en 1822 par deux officiers de la marine britannique, les frères F.W. et H.W. Beechey ; leur travail montre que, depuis un siècle et demi, le rivage n'a reculé sensiblement qu'à la hauteur de la porte occidentale du rempart. La plage qui s'est formée dans la partie centrale du site confirme du reste cette observation.

Entre l'îlot central et le rivage, la profondeur n'excède jamais 4 m. Et, par mer calme, il est possible de discerner quelques structures à travers la mince couche d'eau. Ces impressions, jointes à celles que l'on peut faire en nageant, sont pourtant trompeuses : les vagues ont considérablement bouleversé les vestiges apparents qu'il est d'autre part facile de confondre avec les alignements dessinés par la roche en place. La Cambridge Underwater Expedition conduite par Nicholas C. Flemming en 1958-59 a relevé, semble-t-il, le maximum de ce qui est observable. Aux 9 loges de navires encore visibles sur l'îlot central répondaient d'autres loges actuellement sous les eaux, à l'ouest et au sud du bassin intérieur. Ce bassin était délimité à l'est par un môle ; les navires y accédaient par un chenal encadré par deux tours ; celle du sud affleure à peine par temps calme. A l'est, l'avant-port, délimité par l'îlot oriental, ne semble pas présenter beaucoup de ves-

tiges sous les eaux. Les travaux que la mission archéologique française poursuit actuellement sur le rempart montreront de plus que le dispositif terminal de ce mur se trouvait à l'est à l'endroit même où se situe le rivage actuel. Le rivage semble donc avoir faiblement reculé à l'est, au pied de l'Acropole ; il est vrai que nous sommes là dans la partie la plus déclive du site, et le faible déplacement de la ligne du rivage s'est cependant accompagné d'un ennoyage de la base de l'Acropole où la mer a envahi des silos antiques taillés dans la roche en place.

En revanche, dans la partie centrale et occidentale de la ville, beaucoup plus plane, la ligne du rivage semble avoir reculé d'une centaine de mètres en direction du sud, faisant disparaître le port antique sous une couche de 2 à 3 m d'eau. En tout état de cause, la variation négative du rivage paraît ici plus forte qu'elle ne l'est à Ptolémaïs. Si nous nous dirigeons vers l'est, la variation négative du rivage semble prendre encore plus d'ampleur. Il est impossible de faire la moindre observation sur le site de ras el Hilal, antique Naustathmos, où il n'est pas sûr du reste que les aménagements des Anciens aient jamais été bien considérables. Mais on ne voit plus aucun vestige de port à Erythron, actuel el Atrun : le site antique domine du haut d'une falaise de quelques dizaines de mètres un rivage hérissé de brisants qui est absolument inabordable en l'état actuel des choses. A el Atrun, comme sur la falaise à l'est de Derna, les traces d'ennoyage récent sont manifestes surtout à l'embouchure des oueds. Au wadi el Chalig, à l'est de Derna, qui est probablement le site d'Aziris, occupé par les Grecs neuf ans avant la fondation de Cyrène, des atterrissements modernes ont provoqué le colmatage du fond du wadi, et les eaux hivernales en provenance du plateau sont incapables de faire disparaître ce bouchon en amont duquel une lagune s'est créée. Sur le rivage de la Marmarique, le phénomène revêt une ampleur exceptionnelle à Bardiya, non loin de la frontière orientale de la Libye. La mer a envahi ici l'embouchure de deux oueds et vient battre directement le pied des falaises, donnant l'impression d'une ria de 200 m de large. En fait, à la confluence des deux oueds, la profondeur est de l'ordre de 8 à 9 m, et c'est seulement leur embouchure commune sur la mer qui connaît des fonds de l'ordre de 10 à 20 m. Une fois dépassé l'alignement des falaises du plateau, les fonds tombent rapidement à plus de 50 m. A Bardiya, le niveau marin a varié de l'ordre de 20 m environ depuis l'époque où le site portait le nom de Petras Major. On le voit donc, l'ampleur des variations du niveau marin diffère beaucoup selon que l'on se place à l'ouest ou à l'est de la Cyrénaïque. Rien ne semble dénoter un changement notable dans la région de Benghazi où, au contraire, on assiste à un phénomène de comblement des lagunes bien antérieur au développement de l'agglomération actuelle ; déjà les marins français du XVIII^e siècle avaient noté ce phénomène. Ici, le plateau calcaire du





Miocène moyen ne semble avoir été affecté par aucun mouvement. C'est plus au nord, en atteignant le plateau calcaire éocène à Tolmeita que nous observons les premiers jeux d'un ensemble complexe parce que parcouru par de nombreuses failles qui donnent à la falaise son aspect caractéristique « en touches de piano. » Les divers compartiments ont joué inégalement, mais le mouvement prend de l'ampleur en direction de l'est, et l'ensemble du plateau de la Marmarique semble avoir encore plus fortement enregistré ce phénomène. La Cyrénaïque septentrionale semble avoir basculé en direction de l'est, comme si les failles situées au-delà de l'anticlinal central avaient continué à jouer à l'époque historique.

Il est difficile de donner des dates à ces mouvements, qui résultent plutôt d'une action lente que d'une variation brutale. Les effets du tremblement de terre de 365, si dévastateur par ailleurs dans la région, durent être sans conséquence sur le niveau marin puisque nous voyons Apollonia conserver toute son importance sous le nom nouveau de Sozousa et devenir même la capitale de la province byzantine de Libye pentapole. A Ptolémaïs, au XII^e siècle encore, le géographe Edrisi atteste le maintien d'une activité commerciale liée naturellement au port : la dégradation des installations antiques liée à un lent mouvement de subsidence a pu être cause de ce que, jamais plus, Tolmeita n'ait pu redevenir un port. Il faut aussi remarquer que, à

Apollonia, les parties du site restées émergées ne présentent pas de traces de bouleversements ou de déformations traduisant une action tectonique locale ; ainsi les thermes fouillés par la mission archéologique française ne présentent ni déformation ni affaissement à mesure que l'on se dirige vers le rivage, qui jouxte l'édifice au nord. Indépendamment des variations propres du niveau de la Méditerranée, seul un jeu de failles a pu agir sur un compartiment entier du secteur côtier.

Il reste à souhaiter qu'une étude menée par des spécialistes permette de développer ces quelques observations et d'aborder à fond ce sujet neuf sur un terrain extrêmement prometteur.

ARCHEOLOGIE DES COTES DE LA CRETE

La civilisation minoenne fut le berceau, aux III^e et II^e millénaires avant notre ère, d'une civilisation essentiellement maritime s'étendant aux îles voisines, à Thera (Santorin) surtout, et commerçant avec l'Égypte et le Levant. Depuis cette époque, sa position stratégique, tant militaire que commerciale, a fait de la Crète le théâtre de batailles et d'invasions. On pourrait donc s'attendre à ce que les côtes crétoises portent les vestiges de nombreux ports importants. Si certains de ces ports ont été découverts et étudiés, deux facteurs rendent cependant les recherches particulièrement complexes : l'escarpement des côtes et l'importance des mouvements tectoniques, qui ont soulevé certains ports et en ont submergé d'autres.

L'île est très montagneuse, avec des sommets de plus de 2 400 m et une ligne de faite proche de la côte méridionale, où le littoral abrupt présente très peu de ports naturels pourvus d'un débouché vers l'intérieur. Les anses et les baies suffisamment larges font ici défaut et les ports sont tous situés à l'abri de caps spatulés, comme Khora Sfakion, Palaiokhora et Ierapetra, ou à l'abri d'îlots, comme Kaloi Limenes. Dans de nombreuses baies ouvertes, les falaises présentent, à leur pied, d'étroites plages sablonneuses, permettant d'échouer un bateau par mer calme, mais battues en cas de tempête et mal reliées avec l'intérieur du pays.

La côte septentrionale est moins à pic et plus indentée : la baie de Soudha offre un superbe port naturel ; d'autres excellents abris sont situés derrière les îles de Spinalonga, Psira et Mokhlos. Les plaines littorales, en pente douce, facilitent l'accès aux mouillages, ce qui permet, surtout à l'époque romaine, la construction de ports artificiels, comme à Kisamos (Kastelli) et Khersonisos. Sur les côtes occidentale et

N.C. FLEMMING

*Institute of Oceanographic
Sciences, Wormley
Angleterre*

P.A. PIRAZZOLI

*E.R.A. n° 867 du C.N.R.S.
Laboratoire de géomorphologie
de l'E.P.H.E Montrouge*

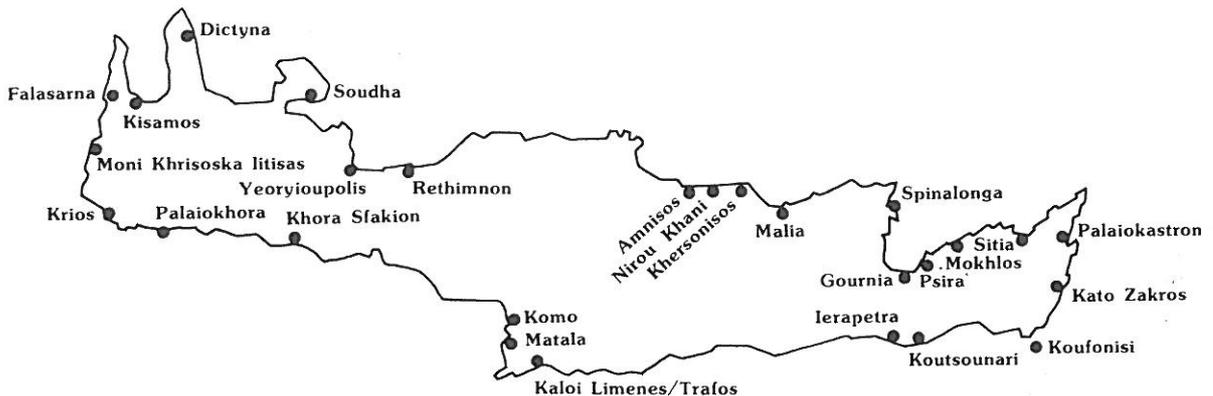
orientale, enfin, certaines criques comme Falasarna et Kato Zakros offraient également un abri aux bateaux de l'Antiquité. Une liste exhaustive des sites littoraux, toutes époques confondues, serait longue (cf., par ex., Flemming 1978, Tab. 1) et, si la majorité des ports fut utilisée à l'époque romaine, leur date de fondation est souvent antérieure. La topographie et la structure des sites littoraux ont été étudiées par de nombreux archéologues et voyageurs : Pashley (1837), Spratt (1865), Raulin (1869), Pendlebury (1939), Leatham et Hood (1959), Frost (1963), Spanakis (1965), Platon (1966), Hood et Warren (1966), Hood (1967) et Davaras (1974 ; 1978). Avant de décrire les principaux vestiges des ports les plus importants, quelques considérations sur les phénomènes géologiques qui ont soulevé ou abaissé tant de sites sont nécessaires. Les mouvements horizontaux et verticaux qui ont affecté la Crète ont été replacés dans leur contexte géologique par Hafemann (1965), Dewey *et al.* (1973), Flemming (1978), Angelier (1979) et Le

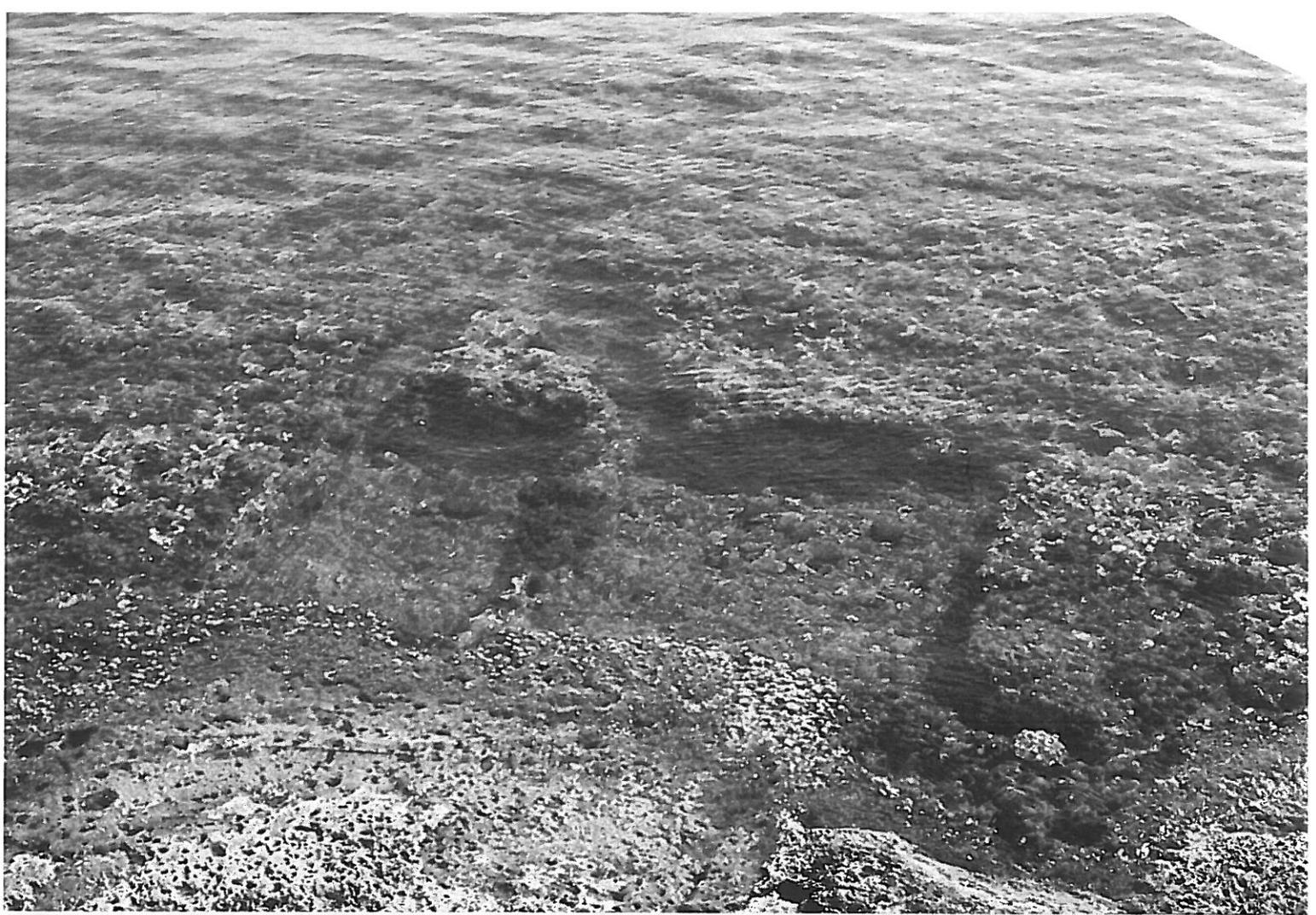
Pichon et Angelier (1980). L'île, située à l'extrémité méridionale de la sous-plaque Egée, a participé à l'expansion marginale vers le sud de cette sous-plaque chevauchant la plaque Afrique. Des masses de sédiments arrachés à la plaque plongeante africaine, se sont probablement accumulées au-dessous de l'arc hellénique, basculant et soulevant les formations supérieures. Ce processus est suggéré par un ensemble de données convergentes : corrélations géologiques à l'échelle régionale (Auboin et Dercourt, 1965 ; Le Pichon et Angelier, 1980), terrasses marines pléistocènes soulevées (Angelier, 1979), données archéologiques (Hafemann, 1965 ; Flemming *et al.*, 1973) et lignes de rivage des derniers millénaires (Pirazzoli, 1979 ; Laborel *et al.*, 1979 ; Kelletat, 1979 ; Thommeret *et al.*, 1980 ; Pirazzoli, 1980). Parmi les vestiges archéologiques, certains ouvrages (quais portuaires, cales, salines, darses, viviers à poissons, bittes d'amarrage, etc...), du fait de leur fonction même, indiquent la position approximative du niveau de la mer à leur époque d'utilisation (Flemming, 1979). Etant donné que plusieurs lignes de rivage datées au C 14 ont le même âge que ces ouvrages (entre 3 000 av. et 1 000 ap. J.-C.) et que des encoches de corrosion marine les traversent parfois, les données archéologiques et géomorphologiques apparaissent complémentaires et se renforcent mutuellement. Il n'est pas question, ici, de décrire tous les vestiges littoraux de la Crète. Nous nous limiterons donc à quelques exemples, notamment à Rethimnon, Diktyna, Kisamos, Falasarna, Antikythira (Cerigotto) et Krios dans la partie occidentale de l'île ; Matala, Trafos, Amnisos, Nirou Khani, Khersonisos et Mallia, dans la partie centrale ; enfin Mokhlos, Sitia, Palaioastron, Kato Zakros, Koufonisi et Ierapetra dans la partie orientale.

Page de droite. Le vivier à poissons (?) de Falasarna. Deux escaliers permettaient d'atteindre des banquettes en saillie par rapport au fond (Cliché P.A. Pirazzoli).

Mokhlos. On distingue nettement les deux bassins du vivier, séparés par une paroi centrale, et les deux canaux d'alimentation qui se dirigent au nord, vers le large. Un troisième canal, moins bien visible, alimente le bassin le plus grand vers l'ouest. (Cliché P.A. Pirazzoli)

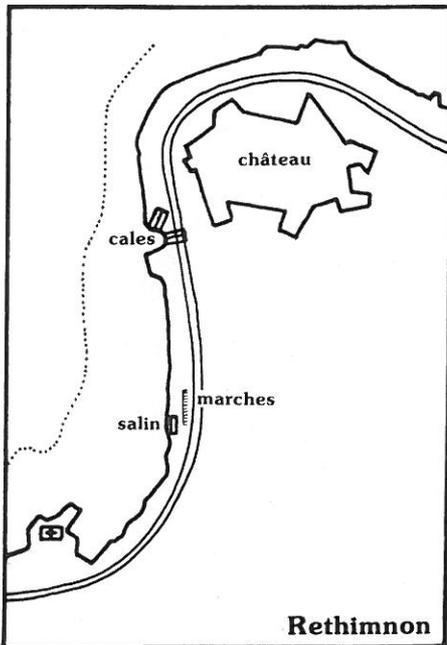
Antikythira



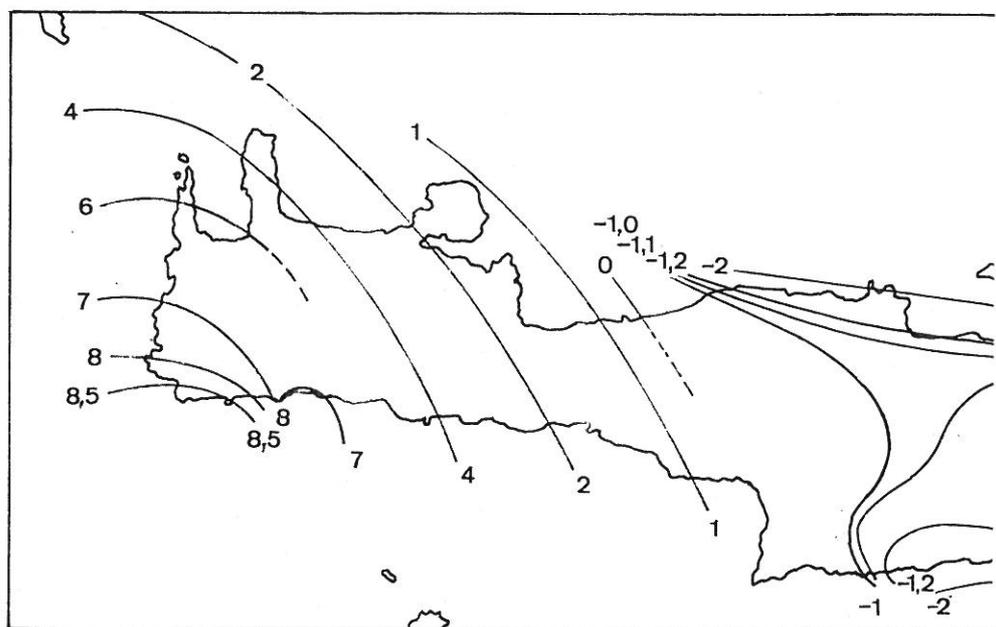
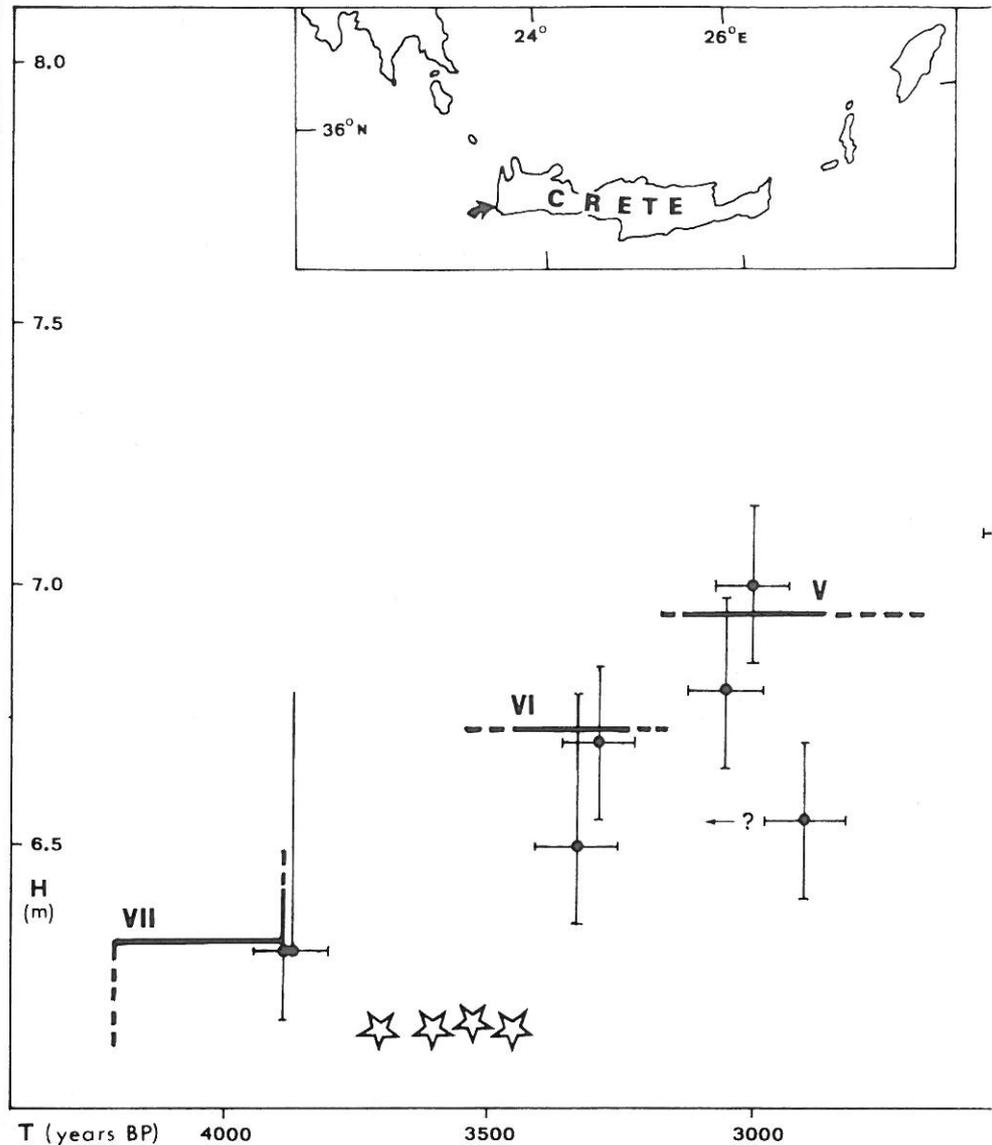


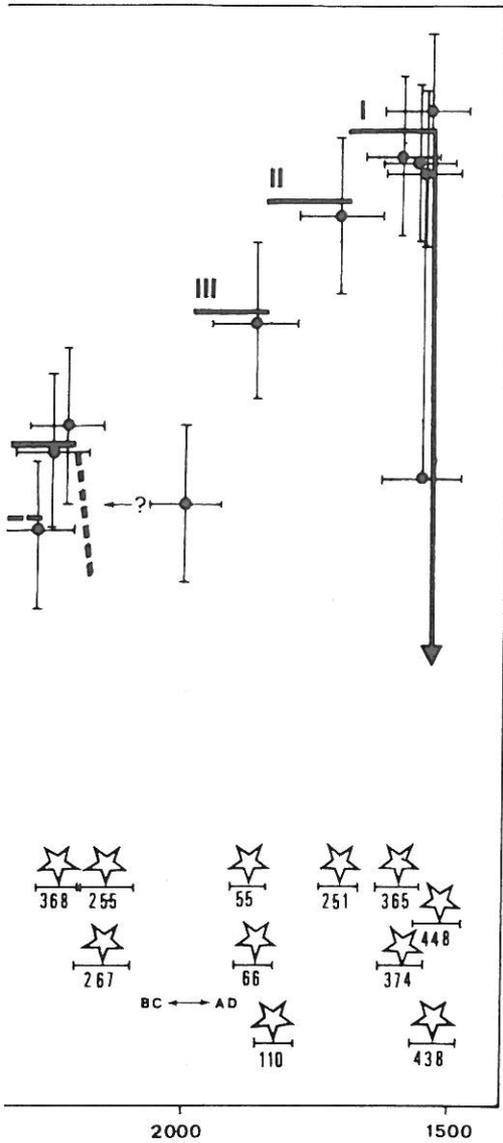
LA CRETE OCCIDENTALE

L'étude sur le terrain montre, sans possibilité de doute, qu'une série d'anciens rivages commence à émerger à l'ouest de Rethimnon, sur la côte nord, et de la plaine de Mesaras, sur la côte sud. L'altitude des lignes de rivage s'accroît progressivement en procédant vers l'extrémité sud-ouest de l'île où elle atteint, pour le rivage le plus élevé, environ +9 m. On a cru pendant longtemps que les rivages émergés étaient la conséquence d'un soulèvement par saccades. En fait, d'après les résultats les plus récents (Thommeret *et al.*, 1980), le soulèvement semble s'être produit d'un seul coup vers le début du V^e siècle de notre ère, vraisemblablement lors du tremblement de terre de 438 ap. J.-C. Ce soulèvement a été précédé par une série de petits effondrements brusques, également liés à des séismes, ce qui donne à la courbe des variations locales du niveau de la mer un aspect en marches d'escaliers. Le terme de « niveau de la mer de l'Antiquité » n'a donc pas beaucoup de sens, en Crète occidentale : pendant la seule période romaine, en effet, la mer a laissé au moins trois lignes de rivage distinctes, que traversent certains vestiges archéologiques.

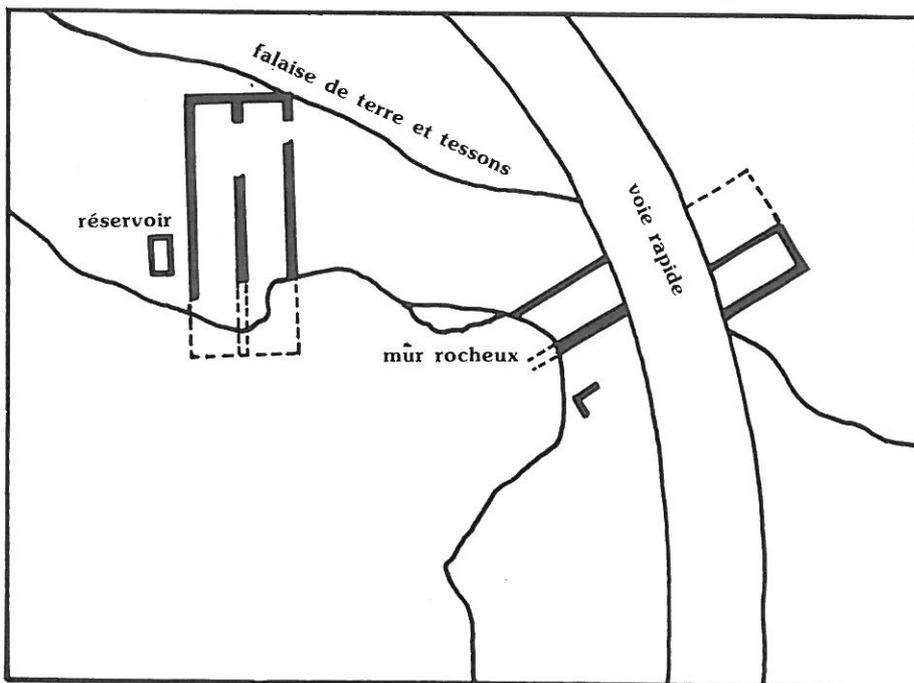


Rethimnon. Le port moderne, vraisemblablement construit sur des vestiges plus anciens, est situé à 400 m à l'ouest de la zone représentée sur la photo ci-contre. Sur la côte ouest du promontoire, Fleming *et al.* (1973) ont découvert en 1972 un ensemble de quatre cales anciennes taillées dans la roche. Leur pente est de 5° à 10° et elles semblent ajustées, à ± 10 cm près, au niveau actuel de la mer. A 150 m plus au sud, un petit bassin rectangulaire,





Vue des cales à Rethimnon (Cliché N.C. Flemming).



Détail des cales de Rethimnon.

dont les bords sont submergés sous 5 cm d'eau, est taillé dans la banquette rocheuse en aval de la route. Les encoches de corrosion marine émergées, si fréquentes plus à l'ouest, sont absentes de Rethimnon. On peut toutefois observer, entre Rethimnon et Yeoryioupolis, que l'encoche située au niveau actuel

de la mer s'élargit progressivement jusqu'à laisser apparaître une deuxième encoche, dont le niveau s'élève progressivement vers l'ouest. Bref, il semble y avoir un axe de basculement à quelques kilomètres à l'ouest de Rethimnon, ce qui est en accord avec la légère submersion des vestiges archéologiques.

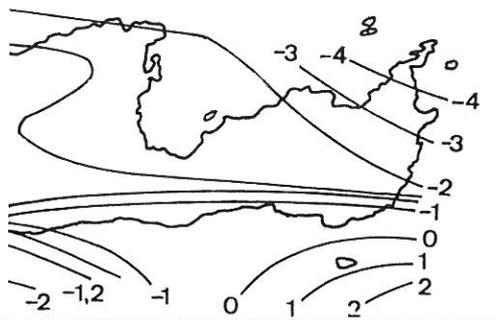
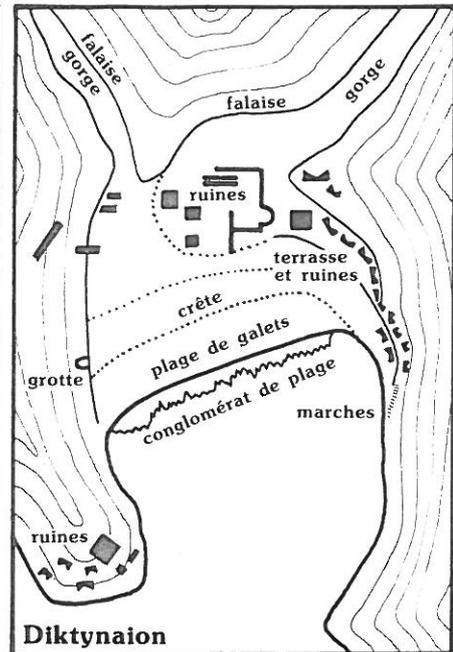


Schéma en haut.

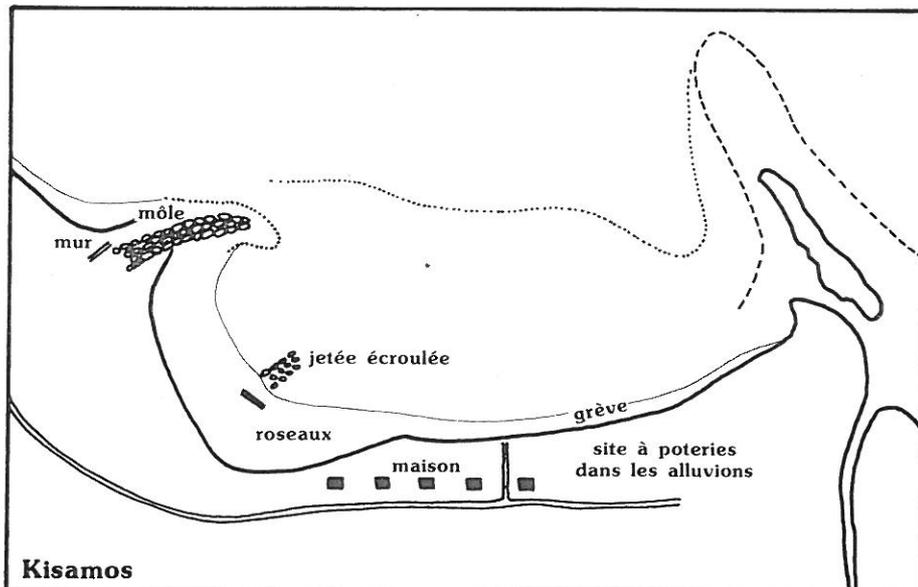
Variations récentes du niveau relatif de la mer à Moni Khrisoskalitias. Les données disponibles montrent l'existence d'au moins sept niveaux, séparés par des petits affaissements brusques, vraisemblablement d'origine séismo-tectonique. La submersion du niveau IV semble avoir été précédée par une brève émergence d'ordre décimétrique. Vers 1550 BP (vraisemblablement en 438 ap. J.-C.) un soulèvement brutal de 7,8m ramène d'un seul coup la mer du niveau I à sa position actuelle. Les étoiles indiquent des séismes destructeurs en Crète dans l'Antiquité (d'après Thommeret et al., 1980).

Ci-contre.

Carte des mouvements verticaux en Crète depuis 2000 ans, en mètres. (d'après un modèle mis au point par N.C. Flemming (1978), pour la Crète centrale et orientale, et des mesures effectuées par P.A. Pirazzoli pour la Crète occidentale).



Diktynaion semble avoir été un site religieux éloigné des villes et des ports. De nombreux vestiges, dont certains d'époque byzantine ou médiévale, subsistent autour de la baie. Un conglomérat de plage borde le littoral, où il est facile d'échouer un bateau. Les constructions se trouvent à plusieurs mètres au-dessus du niveau de la mer, bien que le site soit bien abrité.



Kisamos a été décrit par plusieurs auteurs (Pashley, 1837 ; Spratt, 1865 ; Pendlebury, 1939). Une digue subsiste au nord-ouest de l'ancien port, délimitant un petit bassin entièrement ensablé. Elle est composée de gros blocs rocheux, recouverts d'incrustations marines, qui s'élèvent à plusieurs mètres au-dessus du niveau de la mer et se prolongent sur une cinquantaine de mètres vers la terre émergée et vers le large. Cette digue témoigne d'un soulèvement que les encoches marines à proximité permettent d'évaluer à environ 6,5 m.

Photos couleurs:

A gauche : vue de la digue soulevée de l'ancien port de Kisamos (Cliché P.A. Pirazzoli).

A droite : vue sur les carrières de Falasarna. Sur le fond : la crique par laquelle on accédait à l'ancien port (Cliché P.A. Pirazzoli).

Falasarna. Le site, décrit par Pashley (1837, Vol. 2, p. 61-73), Spratt (1865, Vol. 2, p. 227-235), Pendlebury (1939) et Fleming *et al.* (1973), s'étend au pied de l'Acropole. Celle-ci domine de 90 m une étroite plaine verdoyante qui se termine par l'ancien port. L'énigmatique sculpture rocheuse qualifiée de « trône » par Pashley et Spratt est une moitié de sarcophage posée debout sur un des petits côtés. L'émersion de Falasarna est surtout prouvée par des incrustations d'organismes marins, qui tapissent le littoral jusqu'à 6,6 m au-dessus du niveau actuel de la mer et par des traces de corrosion marine en rainures horizontales ou prenant par endroits la forme de plusieurs encoches superposées.

La localisation du port a été l'objet de controverses ; il semble cependant admis qu'il se trouvait au pied de l'Acropole, flanqué par les deux larges tours dont on peut deviner la base parmi les broussailles. Là, en tout cas, où Spratt situait l'ancien port de Polyrrhenia, que mentionnent Scylax, Strabon, le Stadiasme et Ptolémée, des vestiges font penser à un quai, ou à la bordure d'une route, ou à des fondations aménagées près de l'eau (Flemming *et al.*, 1973). Certaines structures portent près de la base, à environ +6,3/ +6,6 m, des traces indiscutables de corrosion marine : il s'agit soit de trous de lithophages, soit d'une véritable encoche creusée dans le calcaire des vestiges, indiquant avec précision l'ancienne position du niveau de la mer.

Immédiatement au sud de l'ancien port,



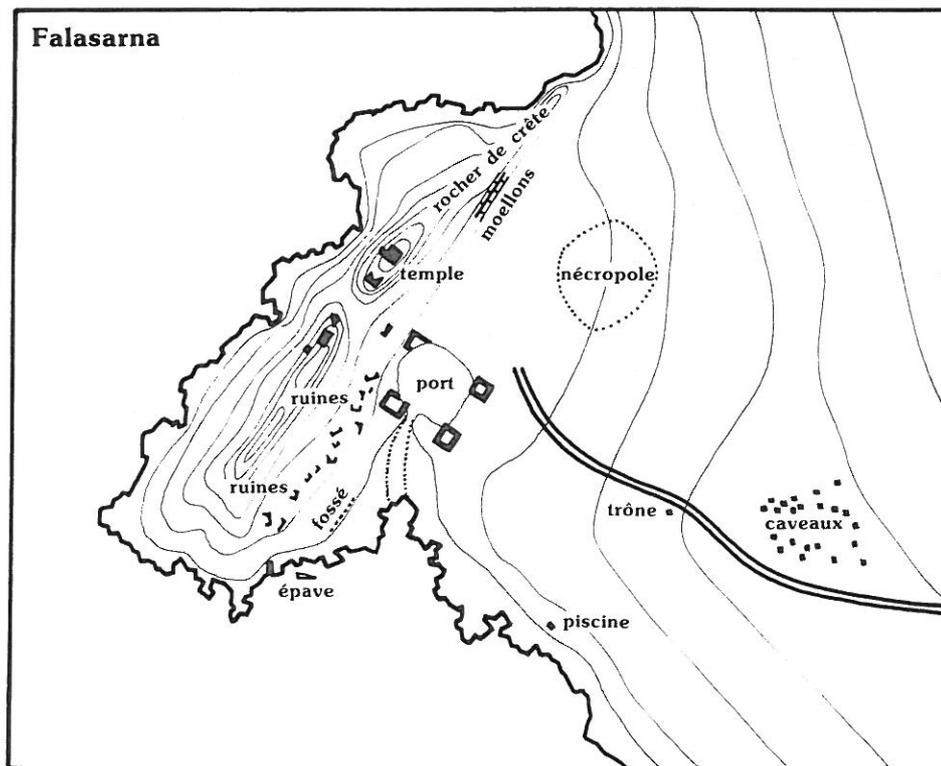
des carrières antiques subsistent. Leur fond descend jusqu'à la cote + 5,8 m, c'est à dire 0,8 m au-dessous des traces de corrosion marine les plus élevées. Côté mer, cependant, un rempart avait été laissé en place ; son sommet, à + 7,0 m au minimum, se trouvait à une cote suffisante

pour empêcher l'eau de mer de pénétrer dans les carrières. Contrairement à l'opinion de Cayeux (1907), ces carrières ont donc pu être utilisées lorsque le niveau marin se trouvait entre 6,0 et 6,6 m au-dessus de sa position actuelle. Plus à l'ouest, un bassin carré d'environ

6 m de côté a été creusé dans la roche en place, sur près de 3,5 m de profondeur. Son fond, auquel on accède par deux escaliers entaillés dans le calcaire se trouve à environ + 5,7 m et est entouré par des banquettes légèrement inclinées. Cayeux (1907) interprète ce bassin comme une grande chambre funéraire. Fleming *et al.* (1973) estiment, par contre, qu'il pouvait s'agir d'un réservoir pour stocker de l'eau douce ou des marchandises, d'autant plus que l'absence d'ouvertures côté mer rend problématique, à première vue, l'identification du bassin comme un vivier à poissons. En fait, lorsque les très fréquents vents de nord ou de nord-ouest soufflaient (tempêtes de l'hiver et vents Étésiens de l'été) et que la mer venait battre contre la paroi extérieure du bassin, de fréquents paquets de mer devaient pénétrer à l'intérieur. Dans ces conditions, le bassin pouvait difficilement être utilisé comme une tombe ou comme un réservoir d'eau douce.

D'autre part, un vivier à poissons romain identifié récemment près d'Ierapetra (Davaras, 1978) présente des similitudes frappantes avec le bassin de Falasarna : même mode d'excavation, même type d'escalier d'accès, mêmes banquettes en saillie sur le pourtour du fond. La principale différence consiste dans les deux ouvertures de communication avec la mer, aménagées dans le bassin d'Ierapetra mais absentes à Falasarna.

Cependant, si aujourd'hui la mer pouvait remonter à son niveau d'il y a 2 000 ans à Falasarna, le fond du bassin serait vite en-





Falasarua. Une fissure traverse la paroi extérieure du vivier (?) sur toute la hauteur. (Cliché P.A. Pirazzoli).

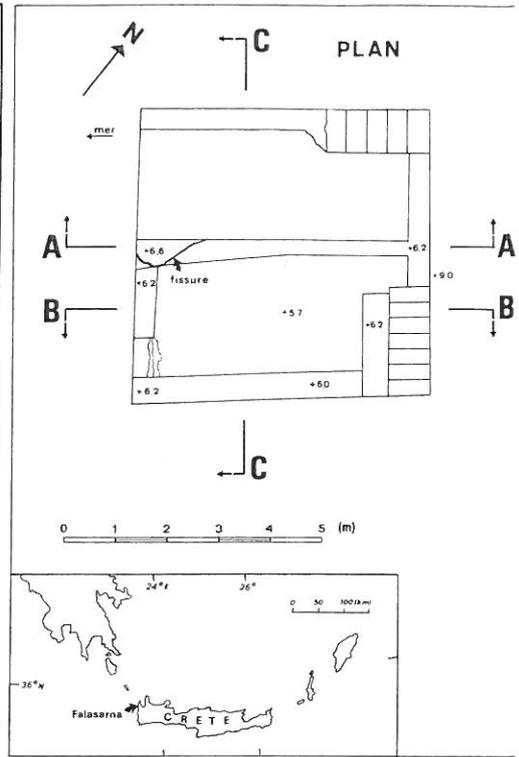
vahi par l'eau marine. En effet, une fissure de plusieurs millimètres de large traverse la paroi côté mer et la banquette centrale du bassin sur toute la hauteur. On peut

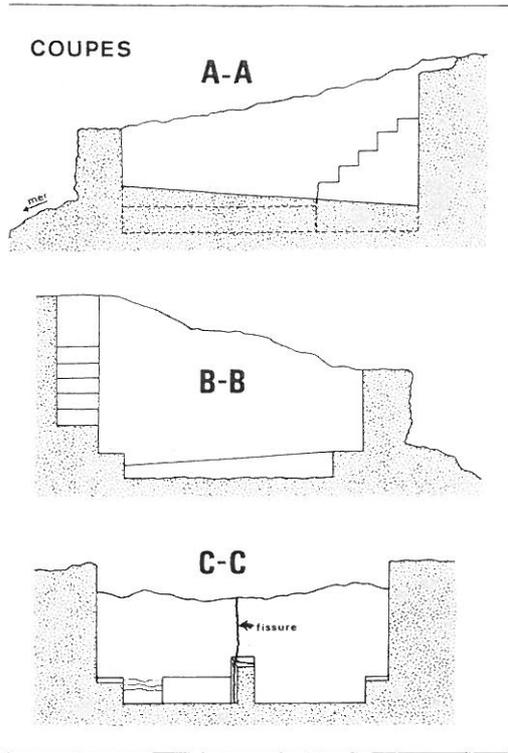
Les anciens rivages à l'extérieur du vivier (?) de Falasarua, en regardant vers le sud. La base du mètre se trouve à + 6,3 m. (Cliché P.A. Pirazzoli).

Vue en plan et coupes du vivier (?) de Falasarua. Les cotes verticales se rapportent au plan d'eau du 25 septembre 1979, à 13 h, avec une précision de l'ordre de ± 10 cm.

alors supposer que le séisme qui a provoqué, vraisemblablement en 55 ou en 66 ap. J.-C., l'affaissement d'une vingtaine de centimètres de la partie ouest de la Crète (correspondant au saut entre le niveau III et le niveau II du plan) s'est produit pendant la construction à Falasarua d'un vivier à poissons de même type que celui d'Ierapetra. A cette époque, la mode des viviers à poissons était très répandue en Méditerranée (Pirazzoli, 1979 b ; Schmiedt, ces dossiers). Ainsi, dans la roche que le creusement du bassin avait affaibli, les secousses du séisme ont pu ouvrir une fissure, par où l'eau de mer aurait pénétré, empêchant l'achèvement des travaux dans la partie inférieure du vivier.

Cette interprétation peut paraître aventureuse. Il reste, cependant, que si la fissure s'est produite pendant la construction, le bassin a pu être utilisé par la suite comme un vivier à poissons même en l'absence d'ouvertures côté mer, puisque la fissure permettait un certain renouvellement de l'eau, compensant l'évaporation et évacuant les paquets de mer.

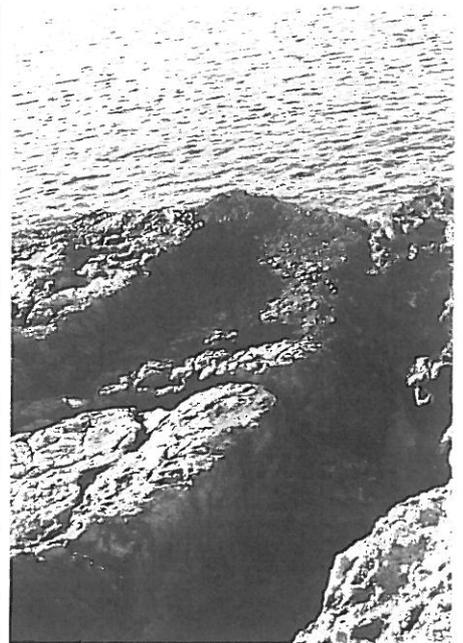




Antikythira (Cerigotto). Cette île, située à 35 km au nord-ouest de la Crète, présente comme la Crète occidentale une série de lignes de rivage superposées, atteignant la cote de + 2,7 m en plusieurs points de l'île. D'après les résultats d'analyses diverses, comprenant douze datations au C 14 (Pirazzoli *et al.*, 1981), l'île semble avoir suivi solidairement la Crète occidentale lors des derniers mouvements séismo-tectoniques.

Dans la baie de Potamos, les vestiges d'une cale de halage émergée, découverte par P.A. Pirazzoli en 1979, confirment que le soulèvement date de l'époque historique. Cachée parmi les rochers en bas du Palaiokastro, cette cale donne sur la partie est de la baie, juste au nord de la crique où Fleming *et al.* (1973 b) situent l'ancien port. La cale, dont le fond émerge de près de 1,5 m, a été taillée dans une dépression préexistante de la roche. Sa largeur est d'au moins 3 m et le plan incliné se poursuit assez loin, jusqu'à une dizaine de mètres de hauteur. Dans cette baie exposée à la houle du nord, en effet, il faut tirer à sec les bateaux dès que les vagues se forment et, si la force du vent s'accroît, il faut pouvoir les haler de plus en plus haut pour les mettre à l'abri. Nous avons vu utiliser cette technique, par mauvais temps, au fond de la baie, sur la cale en béton qui dessert le village actuel de Potamos.

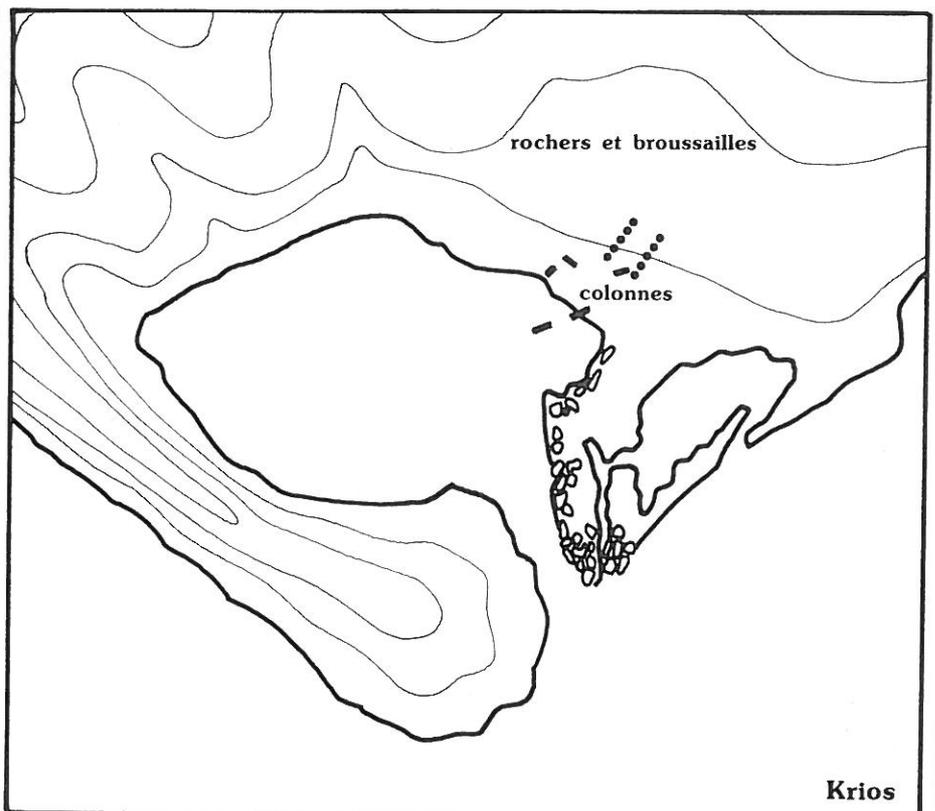
Krios, situé à côté du cap du même nom, à l'extrémité sud-ouest de l'île, a été soulevé d'environ 9 m, mesure que révèlent les lignes de rivage émergées à proximité plus que le site lui-même. Il ne subsiste en effet du site que quelques ruines et une colonne près de l'eau, sur le bord d'une baie peu profonde. Plusieurs éléments font penser à



Antikythira (Cerigotto). La partie inférieure de la cale de halage émergée. (Cliché P.A. Pirazzoli).

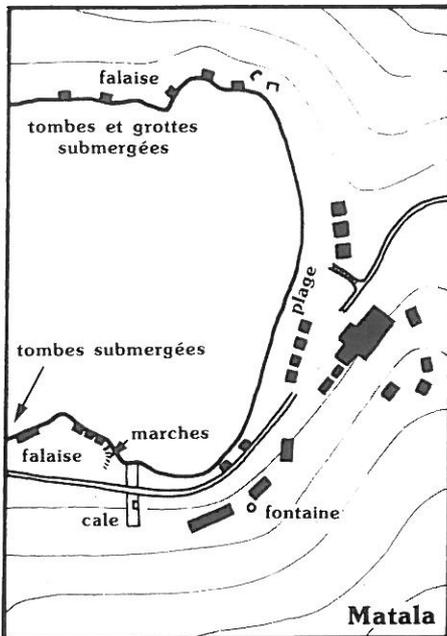
des mouvements verticaux de signe opposé. Warren (comm. pers.) et le regretté Ian Sanders (comm. pers.) ont suggéré, à partir de la céramique retrouvée au-dessous des traces laissées par la corrosion marine, l'hypothèse d'une alternance d'affaissements et de soulèvements dans le Sud-Ouest de la Crète. Cette hypothèse vient maintenant d'être confirmée.

Plan de Krios.



LA CRETE CENTRALE

Au sud et à l'est de la plaine de Mesaras les mouvements tectoniques deviennent plus complexes et les traces d'émersion récente disparaissent totalement. Sur la côte nord, la submersion prédomine. Les données disponibles, éparées et peu nombreuses, ne permettent pas encore une vue d'ensemble.



Matala.

Des tombes ont été creusées dans les falaises autour de la baie. Elles se poursuivent au-dessous du niveau de la mer, jusqu'à la profondeur de 2 m, indiquant une submersion récente. Dans le coin sud-est de la baie une seule cale, assez raide, semble ajustée au niveau actuel de la mer. Cette cale, qui serait plus ancienne que les tombes, a été décrite en détail par Blackman (1972) dans une étude inédite. Un soulèvement du sol, après la construction de la cale, aurait ainsi permis le creusement des tombes actuellement submergées. Plus tard, un affaissement a ramené (à ± 10 cm près) le niveau de la mer là où il se trouvait avant le soulèvement. Ce nouvel exemple d'inversion de tendance tectonique diffère, cependant, des mouvements observés dans l'ouest de la Crète. On peut donc supposer que la région de Matala se trouve sur un bloc d'écorce terrestre différent de celui qui porte la partie occidentale de l'île.

Tombes taillées dans les falaises à Matala (Cliché N.C. Flemming)

Trafos.

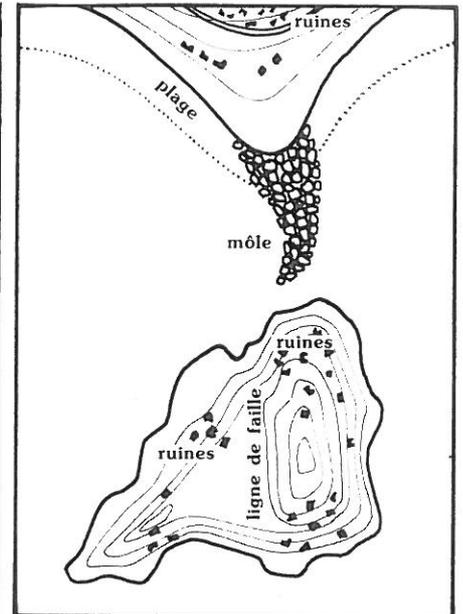
Cet îlot de la côte sud, près de Kaloi Limenes, présente, comme le littoral crétois qui lui fait face, de nombreuses ruines qui cependant n'atteignent pas l'eau. Une digue, formée de gros blocs rocheux, part du littoral crétois vers l'îlot, mais s'incurve et s'interrompt peu avant de l'atteindre. Comme l'observait Blanc (1958), on ne trouve pas ici d'indications précises de variations du niveau relatif de la mer.

Amnisos.

Ce site a été décrit par Marinatos (1929; 1930; 1935) et Pendlebury (1939). Des vestiges minoens s'étendent sur une colline basse près du littoral, en un point qui aurait pu convenir pour le port de Cnossos. Un mur épais, constitué de pierres non taillées, part de la plage et se poursuit à angle droit jusqu'à la zone de déferlement des vagues, sans cependant la dépasser. En 1972, la longueur visible de ce mur ne dépassait pas 10 m, mais le mur se prolonge peut-être sous le sable. Il est difficile d'interpréter ce mur comme faisant partie d'un port ou d'une digue, d'autant plus que d'autres segments de mur apparaissent dans le sable au bout de la plage. Il s'agissait, plus vraisemblablement, d'une maison assez grande ou d'un bâtiment public. On peut en déduire, pour Amnisos, une submersion d'environ 1,5 m depuis l'époque minoenne.

Nirou Khani.

Une structure rectangulaire taillée dans la roche a été différemment interprétée. Marinatos (1926), qui estimait la profondeur de l'eau à 1,8 m, à l'intérieur, y voyait une darse ou un chantier de construction navale. Frost (1963, p. 107-109)



Ci-dessus : l'île de Trafos.

Page de droite.

Vue sur l'île de Trafos et sur la chaussée en pierre submergée. Des ruines couvrent l'île et la côte crétoise à proximité. (Cliché N.C. Flemming).

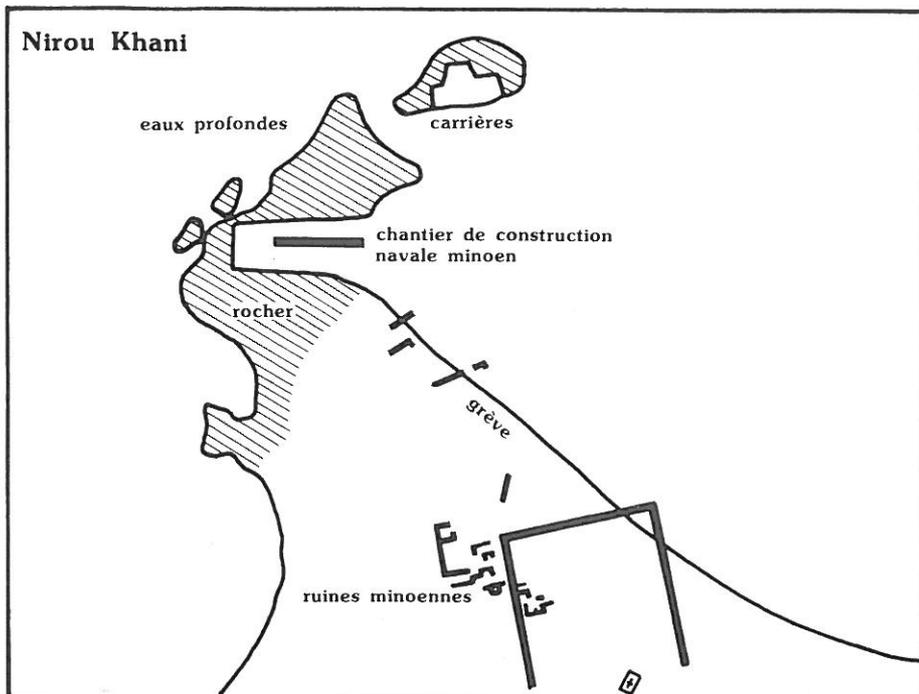
Amnisos. Vue du mur minoen près de l'eau, en regardant vers l'est. (Cliché N.C. Flemming).

parle pour Nirou Khani de carrières et de ce qu'elle croit être une construction submergée. Elle en déduit pour ce site une submersion de 4-5 m. Cette interprétation implique que la « darse » était à sec. Or, d'après les observations de N.C. Flemming, la submersion a été inférieure à 5 m.



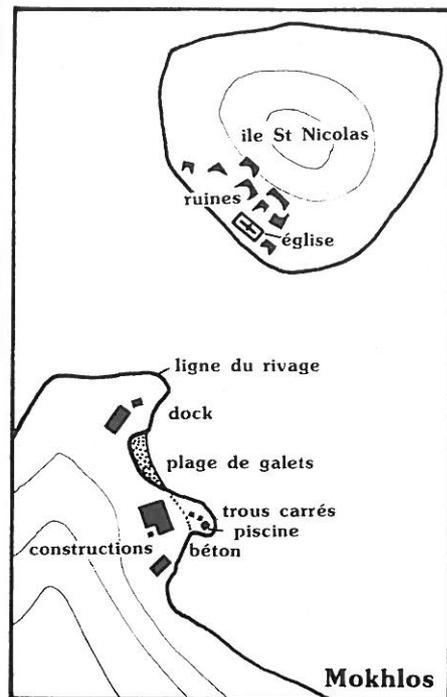


Nirou Khani



LA CRETE ORIENTALE

A l'est de l'isthme d'Ierapetra, les vestiges montrent que des situations opposées coexistent parfois dans des régions très proches.



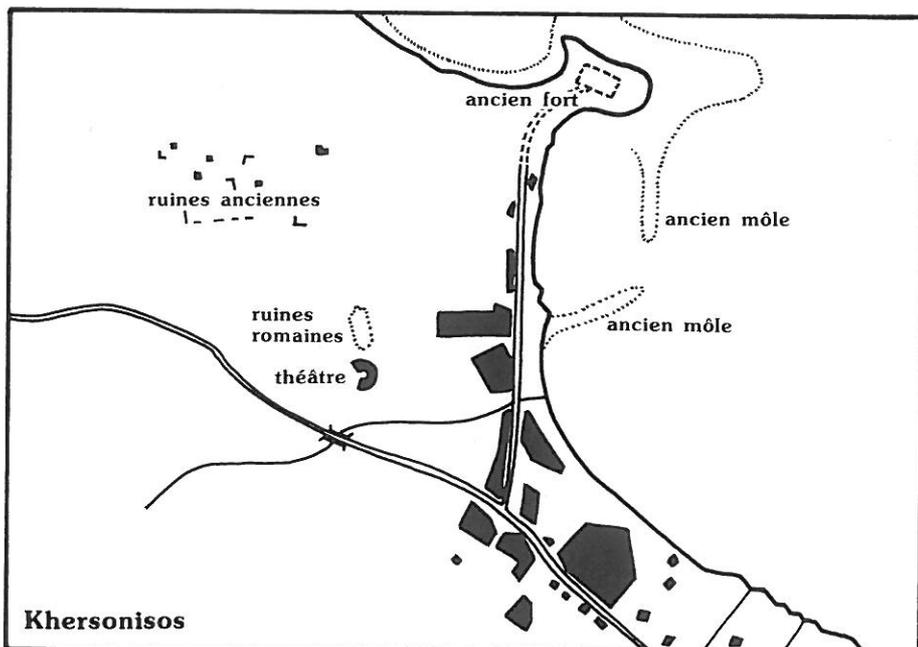
Mokhlos.

Le site a été fouillé par Seager (1912); les vestiges sous-marins ont été ensuite étudiés par Leatham et Hood (1959) et Frost (1963). L'îlot, couvert de fondations minoennes, est séparé de la côte crétoise par un chenal atteignant 4 m de profondeur dans sa partie centrale. Les fondations vont jusqu'à l'eau et on trouve des tessons sous l'eau.

En face de l'îlot, à 70 m à l'est de l'actuel village de Mokhlos, deux bassins rectangulaires subsistent entièrement submergés et mesurant respectivement 4 x 4,5 m et 3,7 x 4 m. Il s'agit d'un vivier à poissons d'époque romaine, alimenté par trois canalisations (Leatham et Hood, 1959). Les bords côté mer des bassins sont aujourd'hui couverts par environ 0,4 m d'eau. Puisqu'ils devaient émerger lors de leur construction, on peut estimer la montée relative du niveau de la mer depuis l'époque romaine à environ 0,6 ou 0,7 m. A la différence du bassin de Kato Zakros (cf. plus loin), la corrosion marine n'a pas laissé d'encoches sur les parois de ce vivier. Ainsi, il y a des indications de submersion aussi bien depuis l'époque minoenne que depuis l'époque romaine.

Sitia.

Des vestiges de bassins taillés dans la roche sont visibles en bordure de la ville de Sitia, entre les deux quais du port. Davaras (1974) interprète ces constructions comme



Cependant le bassin ne semble avoir la forme ni d'une darse, ni d'une cale, ni même d'un chantier de construction. D'autre part, la submersion des carrières et des murs minoens à l'est du bassin indique une montée du niveau de la mer d'au moins 1,75 m. Cette submersion apparaît insuffisante pour inonder la structure rectangulaire, qui était donc à sec lors de son utilisation.

Kheronisos.

Le port a été étudié de façon assez détaillée par Leatham et Hood (1959), lors d'une des premières reconnaissances sous-marines en plongée menée en 1955 avec le concours de la British School at

Athens. Des parties du brise-lames romain émergent légèrement et une série de viviers à poissons ont été mesurés par Leatham et Hood. Ce site témoigne d'une submersion d'environ 1,0 m.

Malia.

Les travaux de l'Ecole française d'Athènes (1963) mentionnent, sur ce site, l'existence de vasques de dissolution marine et d'une chaussée d'âge non déterminé submergées sous environ 0,8 m d'eau. Plus récemment, un important bâtiment, immergé sous 0 à 2 m d'eau, vient d'être découvert dans la baie du Moulin par Guest-Papamanoli et Treuil (1979).

un ensemble d'époque romaine comprenant des viviers à poissons et un bassin pour des bains d'eau de mer. En fait, comme à Kato Zakros, le mauvais état de conservation ne permet pas une compréhension suffisante du mode de fonctionnement de ces bassins pour confirmer l'identification. Le fond d'une canalisation mettant en communication l'un des bassins avec la mer émerge actuellement d'une dizaine de centimètres, laissant supposer qu'une émergence d'une trentaine de centimètres s'est produite depuis l'époque d'utilisation des bassins. Cette possibilité d'une légère émergence récente semble corroborée par l'existence, à un kilomètre plus à l'est, de conglomérats de plage qui restent hors de l'eau même à marée haute.

Palaiokastron.

A la base du site de l'acropole, là où la route se termine au bord de l'eau, des vestiges d'une construction submergée subsistent (Pirazzoli, 1980). Il s'agit d'un mur atteignant jusqu'à 1,5 m de hauteur et dont la base, courbe, se situe entre 1,6 et 1,8 m au-dessous du niveau de la mer. Des tuiles et des tessons prélevés du mur ont été examinés par F. Villard. La construction semble dater de l'époque hellénistique ou romaine (III^e s. av. - IV^e s. ap. J.-C.). L'aspect recuit des tessons laisse supposer qu'il s'agissait d'un four, qui devait nécessairement se trouver à sec lors de son utilisation. La montée du niveau relatif de la mer peut être évaluée ici à au moins 2 m.

Vue sous-marine du vivier de Mokhlos. Des vestiges de la paroi de séparation entre les deux bassins font saillie près du fond. (Cliché P.A. Pirazzoli).



Mur submergé à Palaiokastron, dont la base se situe entre 1,6 et 1,8 m de profondeur. Il semble s'agir d'un four d'époque hellénistique ou romaine (cliché P.A. Pirazzoli).

Kato Zakros.

Le site a été décrit par Spratt (1865) et fouillé par Platon (1966). Une vaste zone de vestiges (le « Palais » minoen) est située à une centaine de mètres du rivage, dans la partie nord d'une petite plaine alluvionnaire marécageuse. Plusieurs locaux du « Palais » sont actuellement recouverts par de l'eau stagnante atteignant, par endroits,

70 cm de profondeur. On trouve également, dans cette partie du « Palais », des installations hydrauliques ainsi que des bassins destinés à recevoir de l'eau, parmi lesquels une piscine circulaire. Un escalier de huit marches, dont six sont actuellement recouvertes d'eau, permet de descendre au fond du bassin. Vers 1450 av. J.-C., le niveau de la nappe d'eau douce

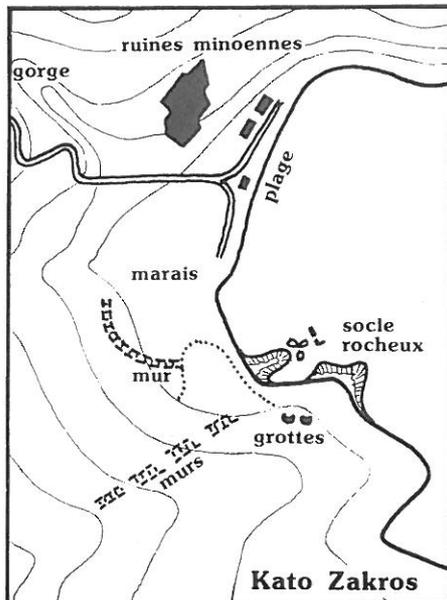


devenait être inférieur à l'actuel d'environ un mètre. Étant donné la proximité du bord de mer, la montée du niveau marin depuis l'époque minoenne a dû être du même ordre. Cette estimation est confirmée par la présence, dans la partie nord de la baie de Kato Zakros, d'une encoche de corrosion marine très nette qui témoigne d'une ligne de rivage actuellement située à un mètre de profondeur (Pirazzoli, 1980).

Au même endroit, un petit bassin rectangulaire (3,0 × 3,6 m), aujourd'hui entièrement submergé, est taillé dans une plateforme rocheuse. Sur ses parois, toujours à -1 m, on peut observer une cannelure de corrosion marine qui indique que lorsque le niveau de la mer était situé à un mètre au-dessous de l'actuel, le bassin était dans l'eau mais ses bords émergeaient. Ce

Ci-dessous : bassin submergé dans la baie de Kato Zakros. A 1 m de profondeur, traces de corrosion laissées par le niveau de la mer du temps de son utilisation.

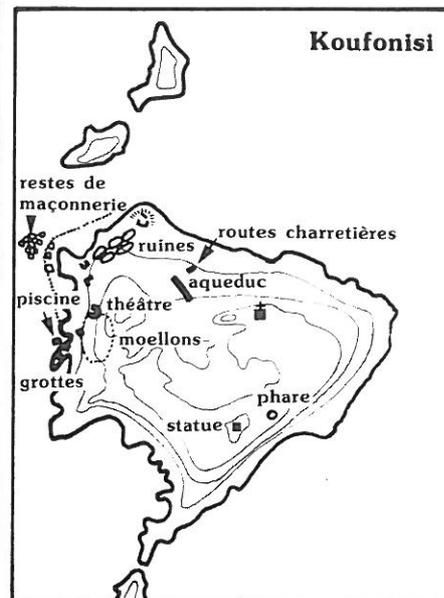
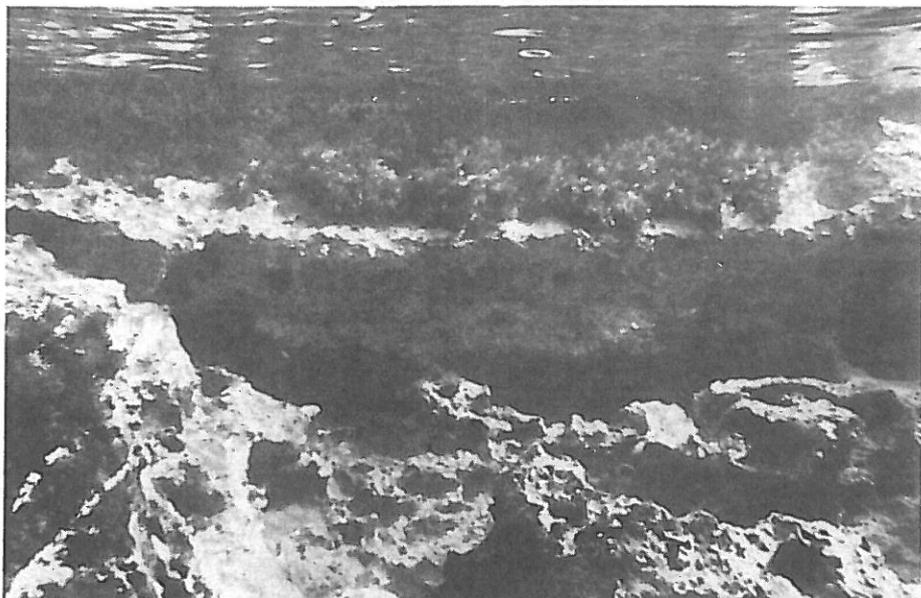
En bas : le vivier à poissons d'Ierapetra.



« Palais » minoen de Kato Zakros : piscine. Le vivier d'Ierapetra. Deux ouvertures trapézoïdales permettent à chaque compartiment du vivier de communiquer directement avec la mer. Les deux orifices carrés taillés dans la roche au-dessus de chaque ouverture étaient destinés à accrocher des grilles pour empêcher la sortie des poissons.

réservoir semble avoir communiqué avec la mer par deux ou trois conduits, dont il reste quelques traces incertaines. Il pourrait s'agir d'un petit vivier à poissons d'époque romaine, peut-être destiné aux murènes. Une identification sûre n'est cependant pas possible, l'érosion ayant emporté, côté mer, tout élément caractéristique.

Quoi qu'il en soit, les vestiges de Kato Zakros indiquent que le niveau de la mer est resté un mètre au-dessous de l'actuel au cours d'une période qui, commencée avant la construction du « Palais » minoen, s'est poursuivie pendant quelque temps après la construction du bassin.

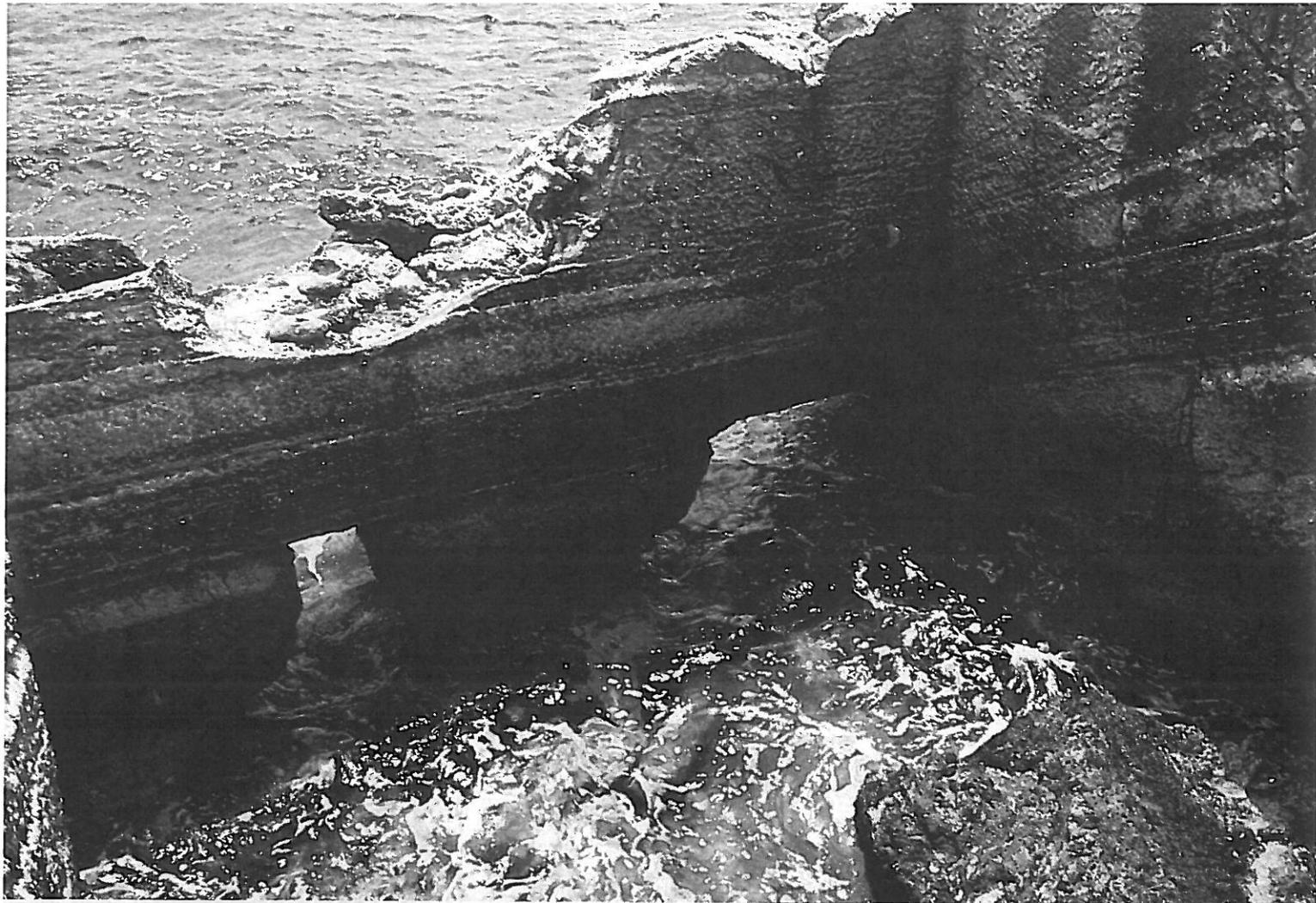


Koufonisi.

Spratt (1865) et Pendlebury (1939) ont décrit l'île. La ville de Leuce, dans l'extrémité nord-ouest de l'île, était un centre de production de la pourpre. Des ruines, un aqueduc et un théâtre témoignent de l'étendue de la ville. La côte présente de nombreuses traces de rivages supérieurs à l'actuel, d'époques diverses : grottes émergées, terrasses, encoches. Bien que le rapport entre les vestiges et les lignes de rivage reste difficile à établir, la ville semble avoir été soulevée d'environ 2,0 m.

Ierapetra.

Près de Koutsounari, à 8 km à l'est d'Ierapetra, un remarquable vivier à poissons rappelle, par son mode de construction, le bassin émergé de Falasarna. Décrit par Davaras (1978), ce vivier est entièrement creusé dans un calcaire très dur, sur une hauteur atteignant près de cinq mètres. Un escalier de dix marches permet de descendre jusqu'à une banquette, en saillie de 0,7 à 0,8 m par rap-



UN SIECLE D'INTERPRETATIONS CONTROVERSEES

L'existence de vestiges submergés en Crète est connue dès le XVI^e siècle, mais ce n'est qu'en 1865 que le Capitaine de la marine anglaise Spratt publie une étude d'ensemble sur les mouvements des côtes de l'île. Spratt non seulement identifie et mesure, en plusieurs localités, l'altitude des traces d'anciens rivages, mais également est le premier à comprendre, d'après l'observation des vestiges émergés de Falasarna, que le soulèvement de la partie occidentale de l'île doit dater de l'époque historique.

En 1869 Raulin, après avoir traduit en français les principales données de Spratt, propose l'interprétation (qui sera ensuite attribuée à Spratt) selon laquelle « la Crète toute entière » aurait exécuté « un mouvement de bascule qui a élevé le tiers occidental et abaissé la moitié orientale » de l'île. Cette conclusion, peut-être à cause de l'accueil favorable qu'elle reçut auprès de « mobilistes » comme Issel (1883), fut durement attaquée par les tenants des théories fixistes. Ainsi, lorsque Suess (1900) croit pouvoir conclure que « la Méditerranée ne nous fournit aucune preuve d'un affaissement lent de la lithosphère datant de l'époque historique », Cayeux (1907) lui fait écho en affirmant que « la Crète occidentale ne présente pas de traces d'oscillations des lignes de rivages datant de l'époque historique ».

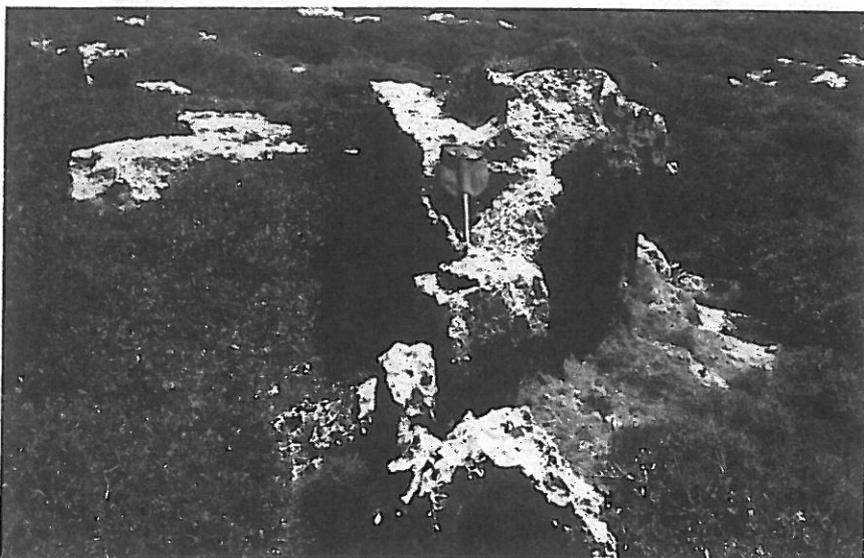
Cette conclusion de Cayeux constitue un remarquable exemple de l'aveu-

glement scientifique que peut entraîner la défense de théories préétablies. Ainsi, après avoir pourtant visité les ruines submergées de Spinalonga, Cayeux conclut (p. 114) « n'avoir pu constater aucune trace certaine d'exhaussement ou d'affaissement récent ».

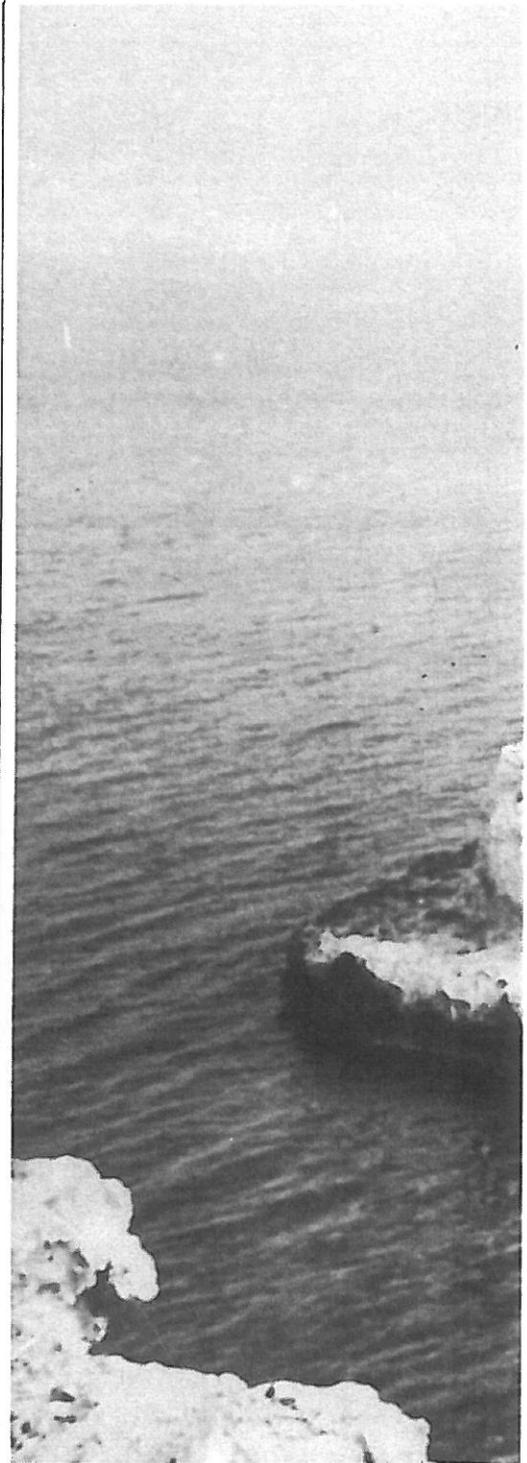
Negrès (1904), enfin, s'il accepte les conclusions de Suess et de Cayeux sur la « fixité » de la partie occidentale de la Crète, attribue cependant la submersion de la partie orientale de l'île à une montée progressive du niveau de la mer. D'après Negrès, « après la submersion des monuments helléniques, nous avons la submersion des monuments d'époque romaine, puis la submersion d'églises chrétiennes et enfin », notamment en Crète, « celle des monuments de la domination vénitienne ».

Ce n'est que récemment que Hafemann (1965), Flemming *et al.* (1973) et Flemming (1978) ont pu confirmer l'hypothèse de Spratt : le soulèvement de l'ouest de la Crète date effectivement de l'époque historique. En 1980, enfin, grâce à une approche pluridisciplinaire du problème, Thommeret *et al.* ont pu préciser les mouvements tectoniques récents dans le détail.

Pour la Crète centrale et orientale, par contre, bien que les phénomènes de submersion prédominent, la réalité apparaît beaucoup plus complexe que ne le laissait penser l'hypothèse d'un basculement rigide de la totalité de l'île émise par Raulin.



Port de Falasarna. La partie gauche de ces blocs de roche en place apparaît taillée par l'homme. A l'extérieur (partie droite) on distingue des traces de corrosion marine à environ 6,6 m au-dessus du niveau de la mer actuel (P.A. Pirazzoli).



port au fond, qui fait le tour du bassin et dont un prolongement transversal délimite deux compartiments de 2 x 4 m, chacun desquels communique avec la mer par une ouverture. Les banquettes sont actuellement submergées ou à fleur d'eau. En supposant qu'elles ont été conçues pour émerger à peine à marée haute, on peut en déduire une montée relative du niveau de la mer d'environ 0,2 m depuis l'époque romaine. A l'extérieur du vivier, une profonde encoche de corrosion marine, incisée sur les falaises à la hauteur du niveau actuel de la mer, confirme cette impression de relative stabilité.

La nature des ports minoens a donné lieu à



nombre d'hypothèses. Malgré les reconnaissances sous-marines des côtes crétoises par des équipes de géologues et d'archéologues, aucune structure n'a été jusqu'à présent découverte qui puisse être attribuée en toute certitude à un port minoen. Une étude du site de Komo, sur la côte sud, pourrait révéler un port, mais les vestiges sont en grande partie recouverts de sable et aucune structure portuaire n'a été encore signalée.

Des baies et des mouillages abrités comme Amnisos, Mokhlos, Gournia et Kato Zakros ont été évidemment utilisés comme ports ; des marchandises ont dû y être embarquées, débarquées et stockées.

Cependant, aucune trace n'a été trouvée de brise-lames, de darses, de môles ou d'autres constructions ayant un rapport avec les manœuvres des bateaux. Nous devons en conclure soit que les bateaux étaient simplement échoués sur le sable, soit que les jetées étaient en bois.

Plus tard, les ports grecs et romains de Crète ne diffèrent pas sensiblement des autres ports du monde égéen. Ainsi, les cales de Rethimnon, Matala, Sitia et Antikythira appartiennent au même héritage technique que les cales du Pirée, de Rhodes, d'Oeniadae et, en Afrique du Nord, d'Apollonia.

Les valeurs de l'émersion ou de la sub-

Plages soulevées, terrasses et grottes marines à Kouphonisi (Photo I.O.S.).

mersion calculées dans chaque site peuvent être utilisées pour obtenir des courbes d'égal mouvement vertical depuis 2 000 ans. Il apparaît que le soulèvement maximal s'est produit dans le coin sud-ouest de l'île, avec basculement vers le nord-est de toute la partie occidentale de la Crète. Les déformations de la partie centrale sont irrégulières. Dans la partie orientale, enfin, les situations sont très variables, avec cependant une tendance au soulèvement au sud et une submersion de plus en plus accentuée vers le nord-est.

L'ENGLOUTISSEMENT D'HÉLIKÉ

Jacques DUMONT

L'année 373-372 avant Jésus-Christ fut marquée dans le ciel de Grèce par des phénomènes étranges. L'été précédent, des trombes d'eau avaient déferlé sur le pays, alors que l'hiver fut très sec. Le soleil brillait d'une lumière rougeâtre, le vent déracina les arbres, des éclairs zébrèrent le ciel et de nouvelles étoiles apparurent (Pausanias, VII, 24, 7). On eût dit que les dieux voulaient par ces signes prévenir les hommes de l'imminence d'un cataclysme.

La catastrophe

Cinq jours avant, les souris, les serpents, les lapins et tous les animaux vivants dans des terriers sortirent et prirent la fuite sur la route de Kérynneia. Les habitants regardaient cette débâcle avec étonnement, mais ne comprenaient pas ce qui se préparait (Elien, *Nature des animaux*, XI, 19). Et une nuit, dans un immense grondement, le sol trembla. Le grand temple de Poséidon et tous les édifices publics s'effondrèrent, les habitants furent écrasés sous les décombres de leurs maisons. Pas un ne survécut. Une immense vague balaya la terre. Dix navires de guerre spartiates, ancrés un peu au large en attendant d'entrer dans le port, furent fracassés les uns contre les autres. Là où s'étendait une ville riche et peuplée, on ne voyait plus que la mer, et le sommet des arbres du bosquet sacré de Poséidon, qui émergeait encore des eaux boueuses. Les Achéens envoyèrent deux mille hommes à la recherche des corps pour leur donner une sépulture, mais ils n'en trouvèrent pas un seul. C'était la plus grande catastrophe naturelle de la Grèce depuis l'explosion du volcan de Théra, plus de mille ans auparavant. Elle toucha également le sanctuaire de Delphes, où le temple d'Apollon s'effondra, et la ville voisine de Boura, qui disparut aussi sous les flots.

LES DONNEES DE STRABON ET DE PAUSANIAS

Strabon, VIII, 7,2 : « Héliké fut engloutie par les flots deux ans avant la bataille de Leuctres. Eratosthène dit avoir vu en personne les lieux et entendu les passeurs raconter qu'il y avait au fond de la mer un Poséidon de bronze resté debout et que l'hippocampe qu'il tenait à la main constituait un danger pour les pêcheurs au filet.

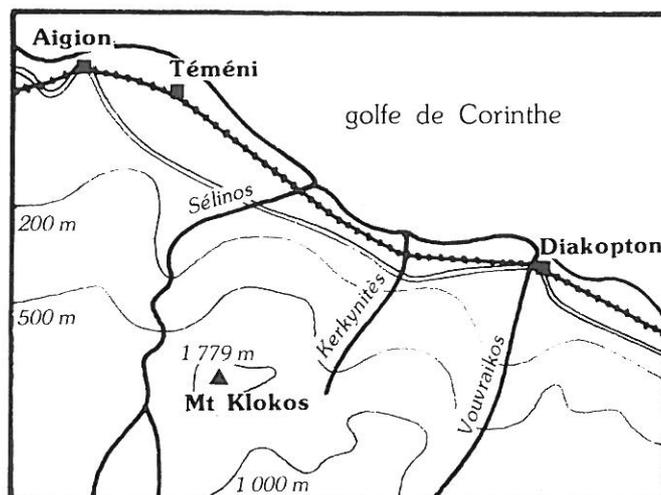
Héraclide précise que la catastrophe se produisit de son temps, pendant la nuit, que la ville était pourtant à douze stades de la mer ; tout cet espace intermédiaire fut recouvert avec elle par les eaux ; les Achaiens dépêchèrent deux mille hommes qui furent impuissants à repêcher les cadavres, ils partagèrent son territoire entre ses voisins » (tr. R. Baladié).

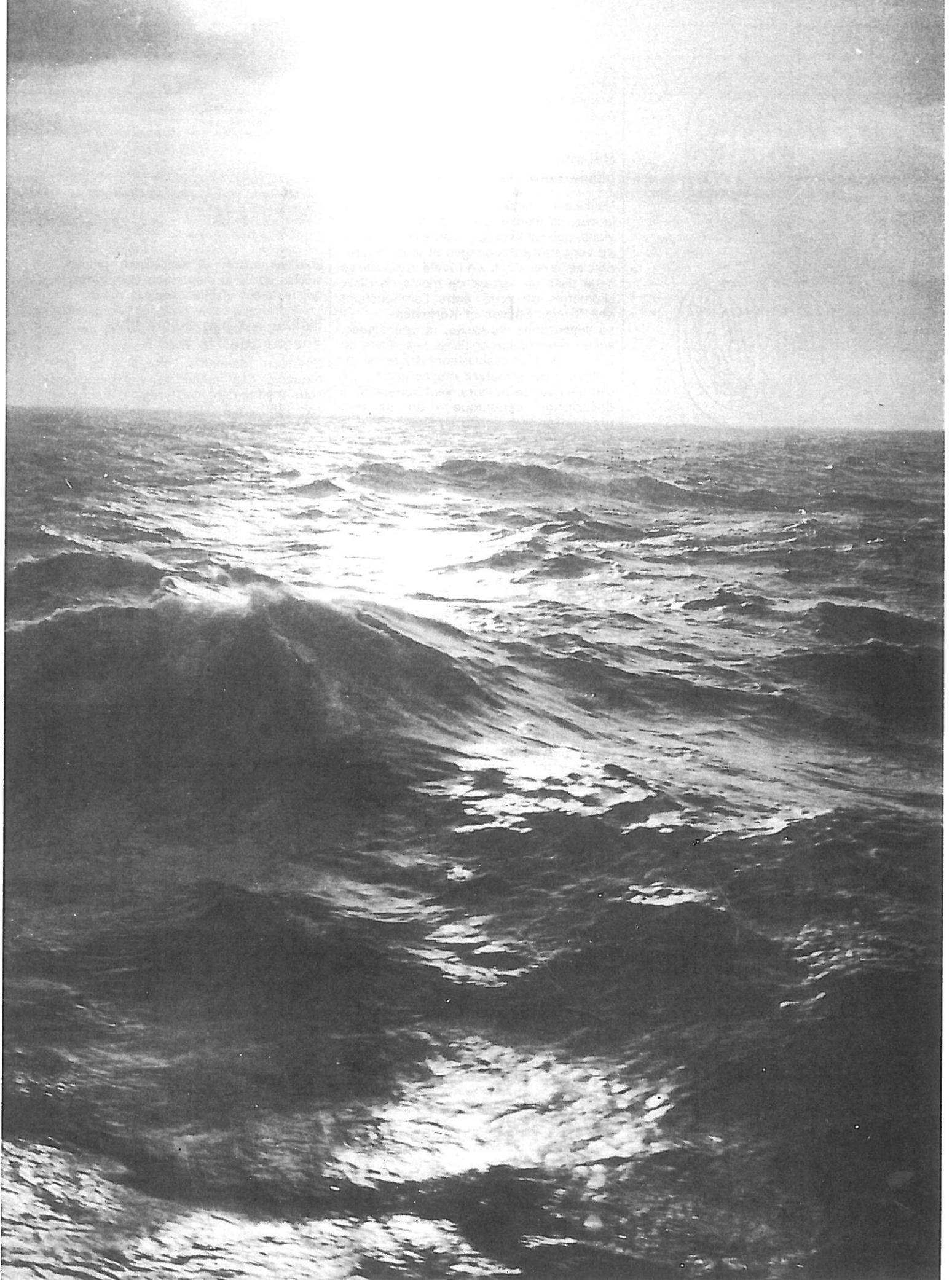
Pausanias, VII, 24, 12-13 : « En poursuivant plus loin on arrive au fleuve Sélinos et à quarante stades d'Aigion, sous la mer, il y a un endroit nommé Héliké... le tremblement de terre jeta bas les monuments d'Héliké, et il fut accompagné d'un autre désastre pendant l'hiver. La mer envahit une grande partie de la campagne et couvrit entièrement les alentours d'Héliké. De plus, l'eau était si haute sur le bois sacré de Poséidon que seul le sommet des arbres restait visible... On peut encore apercevoir les ruines d'Héliké, mais pas aussi nettement que jadis, parce qu'elles ont été corrodées par le sel. »

L'événement, par son ampleur et sa soudaineté, impressionna vivement les contemporains. Si Aristote, mais c'était alors un enfant de douze ans élevé en Macédoine, est muet sur ce sujet, le physicien Héraclide du Pont lui consacra une étude, à laquelle se réfère Strabon. Ephore, Diodore, Pausanias, Elien essayèrent de résoudre l'énigme. Les Latins, Ovide, Pline et Sénèque la firent connaître à leurs compatriotes.

Une cité mycénienne

Deux fois nommée par Homère dans *l'Illiade* (II, 575 et VIII, 203), Héliké était une vieille ville mycénienne. Cette antiquité explique la particularité du site où elle s'élevait, qui n'est pas étranger à sa disparition. Héliké se trouvait à 40 stades (un peu plus de 8 km) à l'est d'Aigion, entre les estuaires de deux petits fleuves côtiers de la rive Nord de l'Achaïe, le Sélinos et le Kérynitès. Comme d'autres villes mycéniennes, Tyrinthe, Gla ou Pylos, elle était bâtie dans la plaine, à seulement 12 stades (2 km environ) de la mer. Il faut imaginer sa puissante forteresse, construite de lourds blocs cyclopéens et percée d'étroites ouvertures, à côté d'une motte de terre plantée d'un bosquet sacré dédié au puissant dieu maître de la terre et des rivages, dont les Grecs feront leur Poséidon. Selon une tradition dont Hérodote, I, 145, 7, se faisait déjà l'écho, la côte aurait été colonisée, peut-être au XI^e siècle, par des Ioniens venus d'Attique. Ils auraient nommé le pays Aigialeia. Ils furent vaincus par les Achéens conduits par Tisaménos, fils d'Oreste, et émigrèrent en Asie Mineure où ils amenèrent le culte de Poséidon Hélikonios. La ville connut une grande activité colonisatrice puisqu'elle fut la métropole de Priène, et aussi de Sybaris en Italie du Sud.







Monnaie de bronze d'Héliké, Musée de Berlin, n° 27 611. R. Weil, « Nordpeloponnesische Münzen », Zeitschrift für Numismatik, t. VII, 1880, pp. 361-364, pl. VIII.

Quelques mois avant le désastre, les Ioniens d'Asie avaient demandé aux magistrats d'Héliké la réplique d'une statue vénérée de Poséidon et de son autel. Or les Hélikéens, non seulement refusèrent, mais massacrèrent les envoyés. C'est, selon Pausanias, ce qui provoqua la colère du dieu et le décida à détruire la cité. Plusieurs siècles après, les pêcheurs étaient encore victimes de la rancune de Poséidon, dont la statue de bronze restée debout, et qui tenait à la main un hippocampe, déchirait les filets. Les monnaies de la ville, dont on ne connaît que deux exemplaires au Musée de Berlin, ont probablement été gravées sur le modèle de la célèbre statue, dont S. Marinatos n'exclut pas qu'elle ait pu être l'œuvre de Phidias ou d'un de ses élèves. La cité voisine, plus petite, d'Aigion, ne comptait-

elle pas vingt statues monumentales du temps de Pausanias, dont certaines avaient été fondues par Damophon et par Agéladas d'Argos ?

Séisme ou glissement de terrain ?

Héliké est actuellement invisible, tant sous la mer, au fond empâté de vase et d'alluvions, que sur le rivage, planté de vignes et de vergers. Les sondages et la photographie aérienne n'ont rien révélé, mais elle se situe dans un espace de moins de deux kilomètres de large, entre l'embouchure des fleuves Sélinos et Kérynitès.

La catastrophe n'a laissé, et pour cause, aucun témoignage oculaire. Les récits de Diodore et de Pausanias sont des reconstitutions. Leur structure mérite examen. Il semble que ces auteurs aient juxtaposé la description canonique d'un séisme, phénomène bien connu en Grèce, dont le déroulement comporte toujours des éléments fantastiques, et celle d'un raz de marée, dont ils ignoraient les causes et les manifestations.

Or le littoral méditerranéen est coutumier des raz de marée. En 1979 l'un d'eux a brutalement balayé la côte niçoise. Et plus précisément, dans la même zone du golfe de Corinthe, le 26 décembre 1861, un morceau de la plaine entre le Kérynitès et le Bouraïkos a lentement glissé dans la mer sur plus d'une centaine de mètres. Le géologue allemand J.F. Schmidt a alors montré que le socle rocheux plonge à cet endroit brutalement dans la mer, et que des plates-formes alluviales, lorsque leur poids devient trop important, se fissurent et basculent au delà de la falaise immergée. C'est probablement un phénomène de cette nature qui est responsable de la destruction d'Héliké. Le récit de Pausanias suggère même une subsidence en trois temps : après les prémices ressenties par les animaux fouisseurs, c'est l'engloutissement de la ville, l'immersion du tertre du

catastrophe sans précédent, ne put rien faire pour sauver sa vie. La plupart des gens périrent ensevelis dans les décombres de leurs maisons ; quelques-uns réussirent à sortir de leurs demeures au lever du jour et se croyaient hors de danger quand s'abattit sur eux un fléau encore plus terrible et plus inouï que le premier. La mer se souleva et il se forma une vague énorme qui engloutit tous les habitants en même temps que leur terre ancestrale. Ce furent deux cités d'Achaïe, Héliké et Boura, qui furent frappées de cette manière : Héliké était une de ces cités d'Achaïe les plus réputées avant le tremblement de terre. On s'est beaucoup interrogé sur ce phénomène. Les philosophes naturalistes essaient d'expliquer une catastrophe telle que celle-là non par la volonté divine, mais par des circonstances naturelles, produites par un enchaînement nécessaire ; au contraire, les personnes qui ont de la piété à l'égard de la divinité expliquent l'événement en soutenant avec des arguments plausibles que la colère des dieux contre les impies est à l'origine de ce malheur ». (tr. Cl. Vial).

Pour en savoir plus :

O. Gilbert, *Die meteorologischen Theorien des griechischen Altertums*, IV-746 p., Leipzig, 1907, réimp. Olms, Hildesheim, 1967.
J. Flemming, *Cities in the sea*, Doubleday, New-York, 1971.
H. Bôte, « Helike », Pauly et Wissowa, *Real-Encyclopädie*, col. 2852-2855.
S. Marinatos, « Helice, a submerged town of classical Greece », *Archaeology*, New-York, t. XIII, 1960, pp. 186-194.

bosquet sacré, et seulement plusieurs siècles après la disparition des murailles, qui restaient visibles sous la mer.

Héliké est-elle aujourd'hui encore sous la mer ?

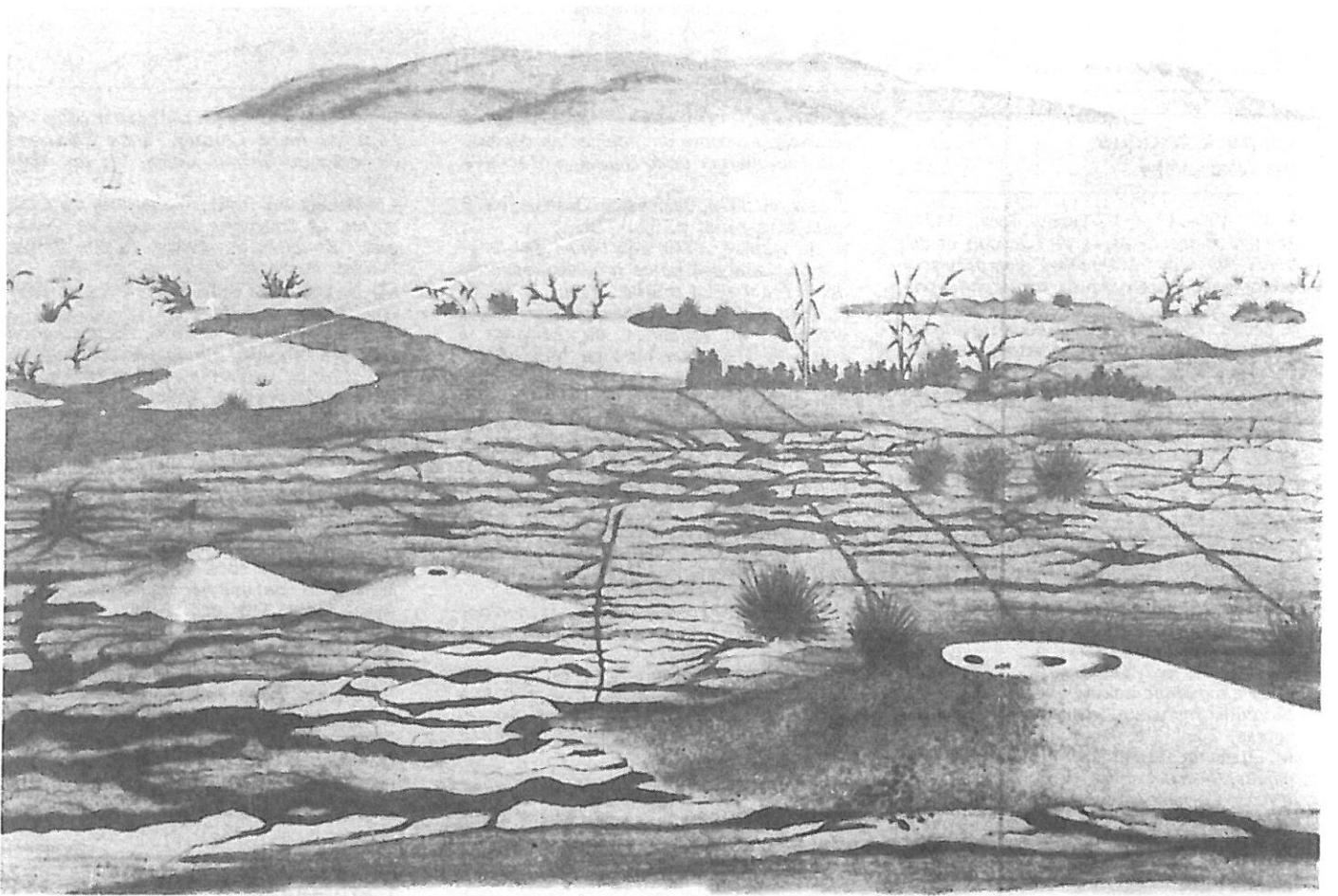
Spyridon Marinatos, soucieux de promouvoir des recherches d'archéologie sous-marine dans cette région, a suggéré en 1960 que l'emplacement d'Héliké pouvait se trouver à nouveau sur la terre ferme. Il se fondait sur deux faits, la découverte de plusieurs sépultures d'époque mycénienne dans les champs cultivés entre les deux fleuves, et la progression de leur embouchure sous le flux des alluvions d'environ cinquante centimètres par an, aux dires des paysans. Quelle que soit la dette de l'archéologie envers Spyridon Marinatos, aucun de ces arguments n'est convaincant. Une tombe ne suffit pas à localiser une ville, et entre 373 avant J.-C. et 1861 de notre ère il a pu se produire bien des glissements de terrain dont l'histoire n'a pas conservé le souvenir. En 1951, le Professeur Dontas, de l'Institut Hydrobiologique d'Athènes, à bord du navire *Alcyone*, a exploré scientifiquement le littoral entre les deux fleuves. Il a mis en évidence, sous un sol très envasé, deux lignes de rupture de pente parallèles à la côte, respectivement à 60 m et à 180 m de profondeur. Il est possible que la première corresponde à la ligne de rivage antique, auquel cas la ville se situerait à deux kilomètres en direction de la terre, c'est-à-dire à quelques centaines de mètres du rivage actuel, mais il n'y a là rien d'assuré. Le glissement des plaques alluviales successives a pu littéralement laminer les restes de la ville antique, tout comme au contraire la plasticité de ces matériaux mous a pu enrober et préserver les constructions. Il est cependant peu vraisemblable d'espérer voir resurgir, fût-ce au prix de travaux d'une ampleur considérable, une nouvelle Pompéi, à moins que Tyché n'ait envie de jouer un tour à Poséidon. La toute récente découverte du Palais royal ptolémaïque sous les eaux d'Alexandrie donnerait une raison de faire ce rêve.

En haut : la côte d'Achaïe après le séisme du 26 décembre 1861. On remarquera au premier plan les cratères de sable, les crevasses et les arbres immergés ; au second plan, au-delà du golfe de Corinthe, les cimes du Parnasse, à gauche, et de l'Hélikon, à droite. D'après une gravure de J.-F. Schmidt, Studien über Erdbeben, Leipzig, 1875, pl. III.

En bas : photographie aérienne de l'embouchure du Sélinos.

LE RECIT DE DIODORE XV,48

« Cette année-là, villes et campagnes, dans le Péloponèse, furent ravagées par des tremblements de terre et des raz de marée d'une violence inouïe. Jamais dans le passé de pareils désastres ne s'étaient abattus sur des cités grecques, jamais on n'avait vu des villes anéanties avec tous leurs habitants, comme si une force divine s'était acharnée à tuer et à perdre les hommes. Le moment où arriva la catastrophe accrut son ampleur. Le tremblement de terre ne se produisit pas de jour, quand les victimes auraient pu se secourir elles-mêmes, il frappa de nuit. La violence des secousses ébranla les maisons qui s'écroulèrent, et la population, surprise dans l'obscurité, à l'improviste, par une



BIBLIOGRAPHIE

Le port antique de Marseille

- P.-M. Arnaud et K. Leung Tack, 1971, *Faunes malacologiques du Lacydon et du Vieux-Port de Marseille: comparaison écologiques et remarques sur la pollution*. Thésis, 3/1, p. 110.
- F. Benoît, 1947, *Les fouilles de Marseille en 1946*. C.R. ac. insc. belles-lettres, p. 583.
- F. Benoît, 1952, *L'archéologie sous-marine en Provence*. Rev. ét. ligures, 18/3-4, p. 285.
- F. Benoît, 1960, *Informations archéologiques. Circonscription Aix-en-Provence (sud)*. Gallia, 18/2, p. 289.
- G. Bertucchi, M. Euzennat, R. Guéry, M. Morel, A. Pralong et P. Troussat, 1977, *Les fouilles de la Bourse à Marseille (rapport sur les campagnes 1975-1976)*. Rev. arch. Narb., 10, pp. 235-243.
- L. Cayeux, 1907, *Fixité du niveau de la Méditerranée à l'époque historique*. Ann. géographie, 16, pp. 97-116.
- G. Denizot, 1957, *Les rivages de Provence et du Languedoc aux temps des Ligures. I. La côte rocheuse provençale*. Rev. ét. ligures, 23/1, pp. 45 et 50.
- M. Euzennat, 1969, *Informations archéologiques. Circonscription de Provence, Côte-d'Azur, Corse (région sud)*. Gallia, 27/2, pp. 423-430.
- M. Euzennat, 1976, *Les fouilles de la Bourse à Marseille*. C.R. ac. insc. belles-lettres, pp. 529-552.
- M. Euzennat, 1980, *Ancient Marseille in Light of recent Excavations*. Amer. Journ. Archaeo. (sous presse).
- M. Euzennat et F. Salviat, 1968, *Marseille retrouve ses murs et son port grecs*. Archéologia, 21, pp. 5-17.
- M. Euzennat et F. Salviat, 1968, *Les fouilles de Marseille (mars-avril 1969)*. C.R. ac. insc. belles-lettres, pp. 144-159.
- M. Euzennat et F. Salviat, 1968, *Les découvertes archéologiques de la Bourse à Marseille*. C.R.D.P., Marseille.
- C. Gouvernet, 1948, *Une plage ancienne dans le Lacydon à Marseille*. Bull. soc. linéenne Provence, 16, p. 18.



J. Granier, 1971, *Faune malacologique recueillie au cours des fouilles archéologiques du quartier de la Bourse à Marseille*. Inédit.

- J. Laborel, 1979, Discussion. Oceanis, vol. 5, fasc. hors-série, p. 324-325.
- H. de Lumley, 1976, *Les lignes de rivage postglaciaire des côtes méditerranéennes de la France*. La préhist. franç., 3, p. 26.
- P. Mars, 1947, *Les mollusques des plages grecques et romaines du Lacydon à Marseille*. Bull. mus. hist. nat. Marseille, 7, p. 194.
- PN Pirazzoli et J. Thommeret, 1973, *Une donnée nouvelle sur le niveau marin à Marseille à l'époque romaine*. C.R. ac. sc. Paris, t. 277, pp. 2125-2128.
- P. Pirazzoli, 1976, *Les variations du niveau marin depuis 2000 ans*. Mém. lab. géomorph. E.P.H.E., 30, p. 258, n° 15.
- P. Pirazzoli, 1979, *Encoches de corrosion marine dans l'arc hellénique*. Oceanis, vol. 5, fasc. hors-série, p. 327-334.
- F. Salviat, 1972, *Informations archéologiques. Circonscription de Provence*. Gallia, 30/2, pp. 520-524.
- F. Salviat, 1974, *ibidem*, 32/2, pp. 512-516.
- F. Salviat, 1977, *ibidem*, 35/2, pp. 520-524.
- F. Salviat, 1978, *Les monnaies courantes de Marseille grecque*. Archéologia, 120, p. 12.

Les carrières de la Couronne

- P. Ambert, 1973, *Géomorphologie de l'Etang de Berre et de ses bordures*. Thèse de 3^e cycle, Aix-en-Provence, 460 pp.
- M. Bellet, 1979, *Guide archéologique des rives de l'Etang de Berre*. Aix-en-Provence, pp. 43-45.
- F. Benoît, 1952, *L'archéologie sous-marine en Provence*. Rev. ét. ligures, 18, pp. 237-307.
- F. Benoît, 1953, *Le chapiteau ionique de Marseille*. C.R. ac. insc. belles-lettres, pp. 216-224.
- J. Blanc, C. Froget, G. Guieu, 1967 *Géologie littorale et sous-marine dans la région de Marseille. Relations avec les structures de Basse-Provence*. Bull. soc. géologique de France, 7, t. IX, pp. 561-571.
- E. Bonifay, 1967, *La tectonique récente du bassin de Marseille dans le cadre de l'évolution postmiocène du littoral méditerranéen français*. Id., pp. 549-560.
- N.-C. Flemming, 1969, *Archaeological evidence for eustatic change of sea level and earth movements in the Western Mediterranean in the last 2000 years*. Geological Society of America Special Paper, 109, 125 pp.
- N.-C. Flemming, 1979, *Archaeological indicators of sea level*. Oceanis, 5, fasc. hors série, pp. 149-166.
- G. Gouvernet, G. Guieu et C. Rousset, 1971, *Guides géologiques régionaux: Provence*. Paris, p. 67.
- G. Guieu, 1968, *Etude tectonique de la région de Marseille*. Thèse d'Etat, Marseille, 604 pp.
- M. Guy et A. L'Homer, 1973, *La complexité de la sédimentation holocène dans le delta du Rhône*. Photo interprétation, 73, 1, fiches 6 à 8.

Ch.-H. Lagrand, 1959, *Un habitat côtier de l'âge du fer à l'Arquet, à La Couronne (Bouches-du-Rhône)*. Gallia, 17, pp. 180-201.

- Ch.-H. Lagrand, 1961, *Recherches sur l'âge du fer. La Couronne (commune de Martigue, Bouches-du-Rhône)*. Cah. ligures Préhist. Archéol., 10/2, pp. 207-209.
- Ch.-H. Lagrand, 1962, *Id.*, 11/1, pp. 258-260.
- M. Maurel-Ferrandini, 1976, *Reconstitution paléogéographique du Burdigalien du littoral de la chaîne de la Nerthe et de la région des Etangs (Bouches-du-Rhône-France)*. Trav. Laboratoire Géol. historique et paléontologie, 7, Université Marseille - Saint-Charles.
- L. Monguilan, 1976, *Recherches d'archéologie aérienne en Provence occidentale*. Thèse de 3^e cycle, Aix-Marseille, pp. 120-152.
- L. Monguilan et la Direction des Recherches Archéologiques sous-marines, 1977, *Dans le golfe de Fos, une nécropole sous la mer*. Archéologia, 110, pp. 59-65.
- L. Monguilan, 1977, *Un port romain dans le golfe de Fos*. Caesarodunum, 12/2, pp. 359-370.
- P. Pirazzoli, 1976, *Les variations du niveau marin depuis 2000 ans*. Mém. Laboratoire Géomorphologie, E.P.H.E., 421 pp.
- P. Pirazzoli, 1979, *Les viviers à poissons romains en Méditerranée*. Oceanis, 5, fasc. hors-série, pp. 191-201.

L'embouchure du Tibre

- Sur Ostie en général :
Russel Meiggs, Roman Ostia, Oxford, 1960.
- Sur le Tibre en général :
J. Le Gall, Le Tibre, fleuve de Rome, dans l'Antiquité, Paris 1953 (à compléter par : J. Le Gall, Le Tibre et Rome pendant les siècles obscurs, esquisse d'une révision, dans Thèmes et recherches sur les villes antiques d'Occident, Colloque C.N.R.S., 1971 (1977)).
- Sur la topographie d'Ostie :
Scavi di Ostia a cura della Soprintendenza agli scavi di Ostia Antica, I, par G. Calza, G. Becatti, J. Gismondi, G. de Angelico d'Ossat, H. Bloch, Rome 1954 (cf. J. Le Gall, Sur la publication officielle des fouilles d'Ostie, Revue archéologique, 6^e série, XLIX, janv.-mars 1957, p. 60-76).
- Sur les ports de Claude et de Trajan :
G. Lugli - G. Filibeck, Il Porto di Roma imperiale e l'agro portuense, Rome 1935 ; O. Testaguzza : Portus, Rome, 1970.

Côtes de la Tunisie

- P.-F. Burrollet, 1978, *Mouvements quaternaires et récents aux îles Kerkennah (Tunisie orientale)*. C. R. Acad. Sc. Paris, 286 : 1133-36.
- J. Despois, 1937, *Les îles Kerkennah et leurs bancs*. Etude géophysique. Rev. tun. 1937 : 3-60.
- R.-W. Fairbridge, 1961, *Eustatic changes in Sea-level*. Physics and Chemistry of the Earth, v. 4 : 99-185.

N.-C. Flemming, 1969. Archaeological evidence for eustatic change of sea level and earth movements in the western Mediterranean during the last 2,000 years. *Geol. Soc. America special paper*, 109 : 59-60.

A. Hafemann, 1960. Austieg des Meeresspiegels in Gesichtlicher Zeit. *Die Umschau*, v. 60, 7 : 193-196.

H. Hurst 1978 et L.-E. Stager. A metropolitan landscape: the late punic fort of Carthage. *World Archaeology* 9 (3) : 334-346.

A. Lezine, 1961. *Architecture Romaine d'Afrique* : 143-149.

A. Lezine, 1965. *Mahdia, Recherches d'archéologie islamique* : 46-49.

P.-A. Pirazzoli, 1976. *Les variations du niveau marin depuis 2 000 ans*. Mém. du laboratoire de géomorphologie de l'école pratique des hautes études, 30 : 286-287.

P.-A. Pirazzoli, 1979-1980. Les viviers à poissons romains en Méditerranée. *Oceanis*, 5, 191-202.

M. Ponsich et M. Tarradel, 1965. *Garum et industries antiques de salaison dans la Méditerranée occidentale* : 130 p.

C. Tissot, 1888. *Géographie comparée de la province romaine d'Afrique*, t. 1 : 184-190.

R.-A. Yorke, 1967. Les ports engloutis de Tripolitaine et de Tunisie. *Archéologia*, 17 : 18-24.

R.-A. Yorke et J.-H. Little, 1975. Offshore survey at Carthage, Tunisia 1973. *Naut. Archaeol. Underwater Expl.*, 4 : 85-101.

R.-A. Yorke, 1975 et al. Offshore survey at Carthage, 1975. *Ibid.*, 5 : 173-176.

La Crète

J. Angelier, 1979. Néotectonique de l'arc égéen. Société Géologique du Nord, n° 3, 417 p.

J. Auboin et J. Dercourt, 1965. Sur la géologie de l'Égée : regard sur la Crète. *Bull. Soc. Géol. Fr.* 7, 787-821.

D.-J. Blackman, 1972, The neosoikos at Matala. (inédit).

J.-J. Blanc, 1958, *Annales Inst. Océanogr.*, 34, 3, 157-211.

L. Cayeux, 1907, Fixité du niveau de la Méditerranée, à l'époque historique (Délos, Crète). *Ann. Géogr.*, 16, 97-116.

C. Davaras, 1974, Rock-cut fish-tanks in eastern Crete. *Annals British School at Athens*, 69, 87-93.

C. Davaras, 1978, A rock-cut fish-tank near Hierapetra. *Archaeol. delion*, 30, 149-157.

J.-F. Dewey, W.C. Pitman, W.B.F. Ryan et J. Bonnin, 1973, Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. *Geol. Soc. America Bull.*, 84, 3137-3180.

Ecole Franç. d'Athènes, 1963, Fouilles effectuées à Mallia, étude du site, *Etudes Crétoises*, 13, 17-18.

N.C. Flemming, 1978, Holocene eustatic changes and coastal tectonics in the north-east Mediterranean : implications for models of crustal consumption. *Phil. Trans. Roy. Soc. London (A)*, 289, 405-458.

N.C. Flemming, 1979, Archaeological indicators of sea level. *Oceanis*, 5, Fasc. hors-série, 149-166 (Institut Océanographique, Paris).

N.C. Flemming, N.M.G. Czartoryska et P.M.

Hunter, 1973, Archaeological evidence for vertical earth movements in the region of the Aegean island arc. in *Science Diving Intern.* (ed. N.C. Flemming), British Sub Aqua Club, London, 47-65.

N.C. Flemming, N.M.G. Czartoryska et P.M. Hunter, 1973 b, Archaeological evidence for eustatic and tectonic components of relative sea level change in the South Aegean. in : *Marine Archaeology*, 23rd Colston Symposium, 1-66, London.

H. Frost, 1963, *Under the Mediterranean*. Routledge and Kegan, London.

A. Guest-Papamanoli et R. Treuil, 1979, Malia : Il. Bâtiment immergé. *Bull. Corr. Hell.* 103, 668-669.

D. Hafemann, 1965, Die Niveaueveränderungen an den Küsten Kretas seit dem Altertum. *Abh. math-naturw. Kl. Akad. Wiss. Mainz*, 12, 608-688.

M.S.F. Hood, 1967, Some ancient sites in south-west Crete. *British School at Athens*, 62, 46-56.

M.S.F. Hood et P. Warren, 1966, Ancient sites in the province of Ayios Vasiliou, Crete. *Brit. Sch. Athens*, 61, 163-189.

A. Issel, 1883, Le oscillazioni lente del suolo o bradisismi. *Atti R. Univ. Genova*, 5, 423 p.

D. Kelletat, 1979, Geomorphologische Studien an den Küsten Kretas. *Abh. Akad. Wiss. Göttingen*, 32, 1-105.

J. Laborel, P.A. Pirazzoli et J. et Y. Thommeret, 1979, Holocene raised shorelines in Western Crete. *Proc. 1978 Symp. coastal evolution in the Quaternary*, São Paulo, 475-501.

J. Leatham et S. Hood, 1959, Submarine exploration in Crete, 1955. *Ann. Brit. Sch. Athens*, 53-54, 263-280.

X. Le Pichon et J. Angelier, 1980, The Aegean Sea (sous presse).

S. Marinatos, 1926, Excavations in Nirou Khani. *Supplement Arch. Journ.* p. 141.

S. Marinatos, 1929, 1930, 1935, Amnisos. *Arch. Anz.*, p. 95, p. 91 et p. 245.

Ph. Negris, 1904, Vestiges antiques submergés. *Ath. Mitt.*, 29, 340-363.

R. Pashley, 1837, *Travels in Crete*, Murray, London.

J.D.S. Pendlebury, 1939, *The archaeology of Crete*. Methuen, London.

P.A. Pirazzoli, 1979, Encoches de corrosion marine dans l'arc hellénique. *Oceanis*, 5, Fasc. hors-série, 327-334.

P.A. Pirazzoli, 1979 b, Les viviers à poissons romains en Méditerranée. *Oceanis*, 5, Fasc. hors-série, 191-201.

P.A. Pirazzoli, 1980, Formes de corrosion marine et vestiges archéologiques submergés : interprétation néotectonique de quelques exemples en Grèce et en Yougoslavie. *Ann. Inst. Océanogr.*, 56, Paris.

P.A. Pirazzoli, J. et Y. Thommeret, J. Laborel et L.F. Montaggioni (en préparation). Les rivages émergés d'Antikythira (Cerigotto). *Corrélations avec la Crète occidentale*.

N. Platon, 1966, Crète. Frederick Muller.

V. Raulin, 1869, *Description physique de l'île de Crète*. Arthus Bertrand, Paris, 3 vol.

R.B. Seager, 1912, *Exploration of the Isle of Mikhlos*.

S.G. Spanakis, 1964, Kriti, History and Archaeology, Iraklion.

T.A.B. Spratt, 1865, *Travels and researches in Crete*. J. van Voorst, London, 2 Vol. Y. et J. Thommeret, P.A. Pirazzoli, L. F.

Montaggioni et J. Laborel, 1980, Nouvelles données sur les rivages soulevés de l'Holocène dans l'ouest de la Crète. 26^e Congrès géologique international, Paris (sous presse dans « Oceanis »).

La Cyrénaïque

C. B. M. Mac Burney et R. W. Hey, *Geology and Archaeology of Northern Cyrenaica*, Amsterdam, Petroleum Expl. Soc. of Libya, 1968.

Anta Montet, « Les terrasses marines de la côte nord de la Cyrénaïque » *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 1955, p. 256-258.

Jean Demangeot, « L'évolution quaternaire des côtes de Cyrénaïque » *Bull. Soc. Géog. Egypte*, 29 (1956), p. 33-42 et 2 pl. h.-t.

Roger Coque, « Morphogénèse quaternaire du piémont méditerranéen du djebel Akhdar (Cyrénaïque) », *Ann. Géog.*, 79 (1970), p. 375-385.

Nicholas C. Flemming, *Cities in the Sea. An Exploration of Ancient Cities beneath the Mediterranean*, New York, 1971, chap. 5 et 6.

Ouvrages généraux

E. Le Roy - Ladurie : Histoire du climat, Annales, Economies, Société, Civilisations, Jan.-Mars 1959, p. 3-34

Colloque sur l'évolution des paysages de la rive nord-méditerranéenne (12 janvier 1980), Bulletin de l'Association de géographes français, n° 466-467, janvier-février 1980, Institut de géographie, 191, rue Saint-Jacques, 75005 Paris

Enquête sur la sismicité historique de la France : J. Vogt, Division « Risques naturels », Bureau de recherches géologiques et minières, B.P. 6009, 45018 Orléans Cedex

Articles de presse illustrés sur l'expédition Cyanheat : La Vie, n° 1784, 8-14 novembre 1979, p. 34-35 ; Science et Vie, n° 748, janvier 1980, p. 44-47

L'Archéologie subaquatique, une discipline récente, Unesco, Collection Musées et monuments, XIII, 1973

Les indicateurs du niveau marin, colloque du groupe Nivmer (2 décembre 1978), fascicule hors-série de la revue Océanis, Institut océanographique, 195, rue Saint-Jacques, 75005 Paris

Di Geronimo, Geomorfologia del versante adriatico delle Murge di SE (zona di Ostuni, Brindisi), *Geologica Romana*, IX, 1970, p. 47-58

P. Pirazzoli, Les variations du niveau marin depuis 2 000 ans, Mémoires du laboratoire de géomorphologie de l'École pratique des Hautes Etudes, 15, Bd de la Mer, 35800 Dinard

P. Sanlaville : Les variations holocènes du niveau de la mer au Liban, *Revue de Géographie de Lyon*, 45, 3, p. 279-304

Du même auteur : Etude géomorphologique de la région littorale du Liban, thèse, Université de Basse-Bretagne (Brest)

R.A. Yorke and D.P. Davidson, Roman harbours of Algeria, *Underwater Association Report*, 88 Bishops Road, London, SW 6