

بعل



العدد ٣ ١٩٩٨-١٩٩٩

3

1998-1999

Volume 3 1998-1999



BAAL

نشرة
الآثار
والعمارة
الليمانية

Bulletin
d'Archéologie et
d'Architecture
Libanaises

بعل



BAAL

وزارة الثقافة
المديرية العامة للآثار

MINISTÈRE DE LA CULTURE
DIRECTION GÉNÉRALE DES ANTIQUITÉS

Rey, G. 1871. *Etude sur l'architecture militaire des Croisés en Syrie et dans l'île de Chypre*, Paris.

Rosen, S. A. 1988. «Notes on the Flint Implements from Tel Yarmuth, 1980-1982», in P. de Miroschedji *et al.*, *Yarmouth 1, Rapport sur les trois premières campagnes de fouilles à Tel Yarmouth (Israël), 1980-1982*, Paris, p. 135-142.

Roux, G. 1980. «Le chapiteau à protomés de taureau découvert à Salamine de Chypre», in M. Yon, *op cit.*, p. 257-274.

Saidah, R. 1967. «Chronique», *BMB*, XX, 155-180.

——— 1969. «Archaeology in the Lebanon, 1968-1969», *Berytus*, XVIII, p. 119-142.

——— 1977a. *Les fouilles de Saïda-Dakerman, Liban: tombes de l'âge du Bronze Récent d'une nécropole à Sidon*. Doctorat de 3ème cycle, Université de Paris 1, Sorbonne, Paris.

——— 1977b. «Une tombe de l'âge du Fer à Tambourit (région de Sidon)», *Berytus*, p. 135-146.

——— 1979. «Fouilles de Sidon-Dakerman: l'agglomération chalcolithique», *Berytus*, XXVII, p. 29-55.

Stucky, R. A. 1998. «Le sanctuaire d'Echmoun à Sidon», *NMN*, 7, p. 3-13.

Tatius, A. 1638. *The Loves of Clitophon and Leucippe*, Oxford.

Thalmann, J.-P. 1991. «L'âge du Bronze à Tell Arqa, bilan et perspectives (1981-1991)», *Berytus*, XXXIX, p. 28-32.

——— 1993. *L'âge du Bronze à Tell Arqa*, Thèse de Doctorat de l'Université de Paris 1, Paris.

Tubb, J. 1988. «Tell es Sa'idiyeh: Preliminary Report on the First Three Seasons of Renewed Excavations», *Levant*, XX, p. 23-88.

Tufnell, O. 1958. *Lachish IV. The Bronze Age*, London, New York, Toronto.

Wilson, W. Ch. 1800. *Picturesque Palestine, Sinai and Egypt*, III, London.

Wilson, V. 1980. «The Tubbs-Munro Excavations at Salamis 1890», in M. Yon, *Salamine de Chypre histoire et archéologie, état des recherches*, Colloques Internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique, Lyon 13-17 mars 1978, n° 578, p. 60-70.

Wright, G. E. 1937. *The Pottery of Palestine from the Earliest Times to the End of the Early Bronze Age*, New Haven.

Yon, M. and Caubet, A. 1993. «Arouad et Amrit VIII^{ème} - I^{er} siècles av. J.-C. documents», *Transeuphratène*, 6, p. 50-52.

Etude des paléoenvironnements du port de Sidon depuis 4000 ans Résultats Préliminaires de la mission de carottages du British Museum de 1998

CHRISTOPHE MORHANGE
JACQUES-LOUIS de BEAULIEU
MICHEL BOURCIER
CAROLE BRUZZI
PIERRE CARBONEL
CHRISTINE OBERLIN
HONOR FROST
CLAUDE DOUMET-SERHAL

L'étude sédimentologique de deux carottes prélevées dans le port antique de Sidon en 1998 permet d'identifier deux séquences stratigraphiques différentes. A la base, avant 3000 ans BP, une première séquence sédimentaire correspond à des fonds sableux infralittoraux. Il peut s'agir des sédiments corrélatifs d'une première génération de port du type "hâvre naturel". Après 3000 ans BP, les milieux de sédimentation évoquent un bassin portuaire artificiellement confiné et protégé.

Introduction

A une trentaine de kilomètres au Sud de l'agglomération de Beyrouth, la ville actuelle de Saïda recouvre l'ancienne ville antique de Sidon. A la demande de la Direction Générale des Antiquités du Liban, du département des Antiquités Orientales du British Museum et de l'association "The Lebanese British Friends of the National Museum", nous sommes intervenus en août 1998, sur le site du port antique de Sidon, dans le cadre d'une nouvelle fouille archéologique dirigée par Doumet-Serhal.

Nous avons un triple objectif géoarchéologique:

1. Paléogéographie, avec la délimitation des bassins portuaires antiques. En effet, peu de recherches ont été menées sur ce site depuis les travaux de reconnaissance de la mission Renan en 1864, puis les études pionnières de photo-interprétation et en plongée de Poidebard et Lauffray (1951). L'objectif est d'essayer de délimiter la ou les

lignes de rivage des bassins portuaires de l'Age du Bronze, et en particulier l'hypothèse de la possible présence d'un bassin portuaire antique sous la vieille ville actuelle de Saïda.

2. Paléobathymétrie, avec l'étude des variations relatives du niveau de la mer depuis 4000 ans. La thèse de Sanlaville (1977), étant la source de documentation la plus récente, avec une étude fondamentale des bioconstructions à vermetes comme indicateurs des variations relatives du niveau de la mer à l'Holocène récent (Fevret et Sanlaville 1965 et 1966). Sanlaville (1970) a décrit sur la face orientale de l'îlot de Ziré à Saïda, une encoche de corrosion marine soulevée sur laquelle il a observé des placages de vermetes. En essayant de faire la part des mobilités générales eustatiques ou isostasiques, des mobilités locales, d'ordre tectonique, notre objectif est de tester, sur ce secteur de la côte levantine, l'hypothèse de l'Early Byzantine Tectonic Paroxysm qui semble avoir affecté les littoraux méditerranéens vers 1500 ans BP (Pirazzoli 1986; Kelletat 1991; Pirazzoli *et al.* 1996; Sanlaville *et al.* 1997).

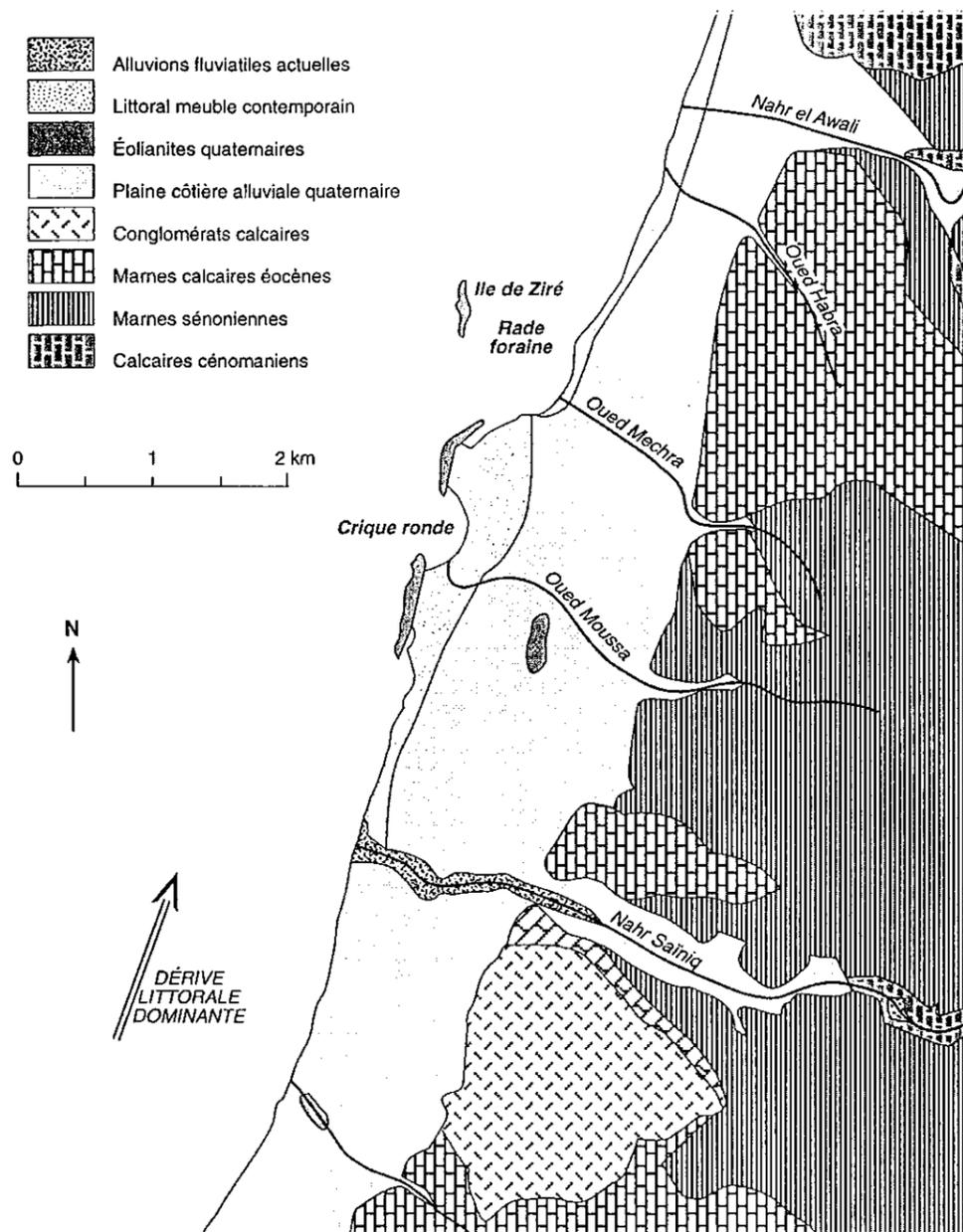


Fig. 1 - Carte géologique simplifiée de la région de Saïda, d'après Dubertret, 1949.

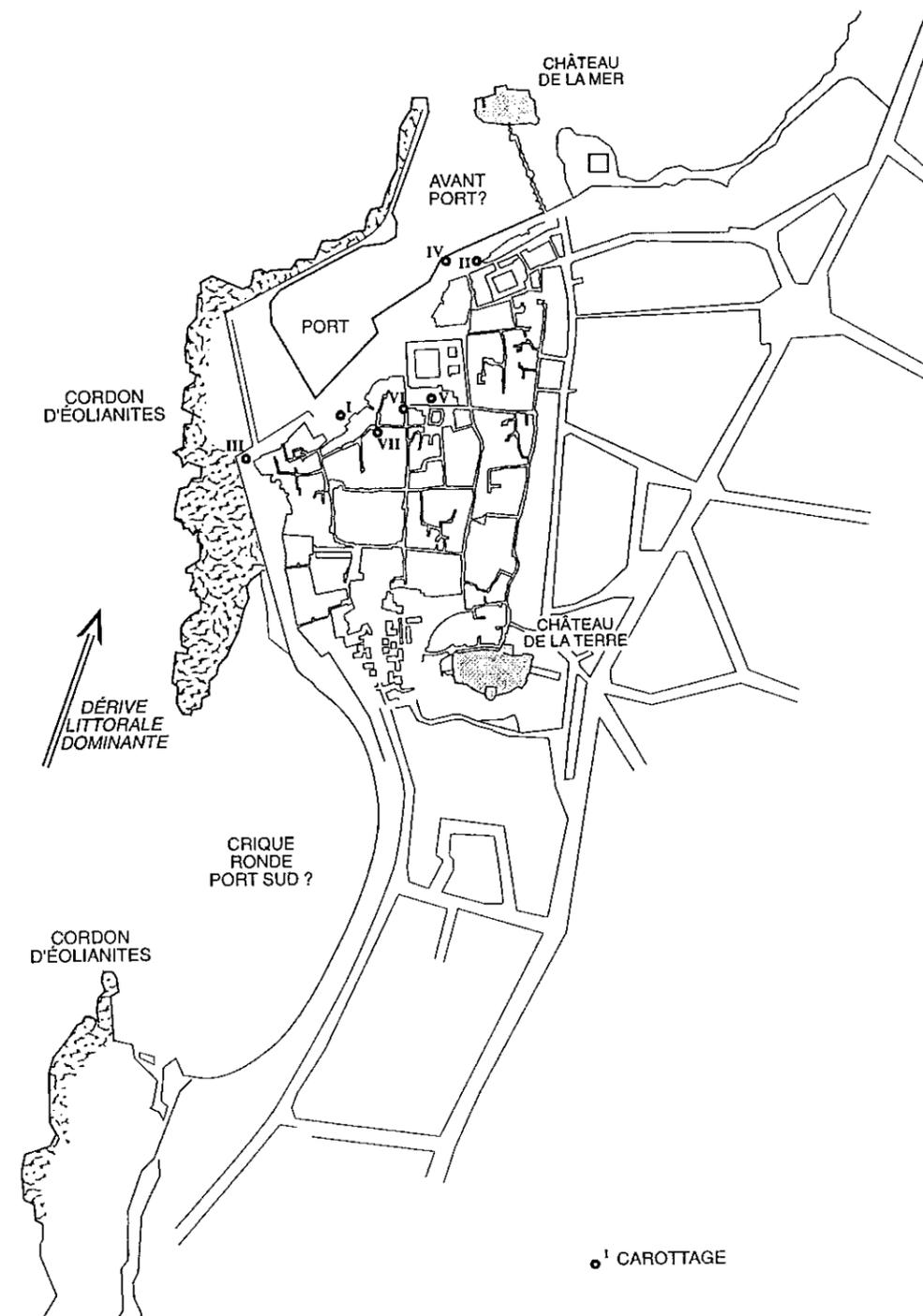


Fig. 2 - Localisation des carottages dans le port antique de Sidon.

3. **Paléoenvironnemental**, avec l'analyse de la modification des écosystèmes côtiers en fonction des facteurs climatique et anthropique. Nous désirons étudier les problèmes liés à l'ensablement du bassin portuaire antique (Poidebard et Lauffray 1951) et analyser les impacts des équipements portuaires sur les vitesses de colmatage et sur les variations qualitatives et quantitatives des communautés faunistiques côtières. Avec l'analyse pollinique d'une carotte (carotte BH I), nous souhaitons obtenir des précisions sur l'état des écosystèmes végétaux dans les domaines littoraux et continentaux et sur le degré d'anthropisation du paysage antique.

Les premiers éléments d'interprétation fournis ici seront sujets à évolution, le travail de terrain et de laboratoire n'étant pas achevé.

I. Présentation

Au Sud Liban, la région de Saïda correspond à un bas plateau calcaire et marneux, s'abaissant régulièrement d'Est en Ouest, puis tombant abruptement sur la côte et dominant la plaine littorale (Fig. 1). Les dépôts quaternaires de la plaine côtière ne sont pas très épais. Ils présentent des faciès variés de colluvions, d'épandages fluviaux quaternaires et holocènes et des grès dunaires et marins (Sanlaville 1977). La plaine littorale se termine par une côte basse, rectiligne et sableuse, orientée NNE/SSW, caractérisée par des plages de poche séparées par de modestes avancées rocheuses. La dérive littorale dominante est orientée Sud-Nord.

Le site de Sidon est un petit cap rocheux qui s'avance en mer et que prolonge une ligne de récifs constitués d'éolianites pléistocènes. Le hâvre au Nord de l'obstacle, constitué des récifs et de l'îlot du Château de la Mer, est donc relativement protégé des houles dominantes du Sud-Ouest (Fig. 1). Nous rappelons brièvement que l'on peut distinguer trois principaux ports à Sidon (Poidebard et Lauffray 1951).

Au sud, la Crique Ronde, est le port du Sud indiqué sur la carte de Gaillardot de la mission Renan comme l'ancien port égyptien des Anciens. Ce lieu, assez battu, est mal protégé des houles dominantes (Figs 2 et 6). Comme l'ont montré Poidebard et

Lauffray (1951), quelle que soit l'orientation des vents, rares sont les barques qui s'y réfugient de nos jours. Au Nord-Est du cordon d'éolianites, le port intérieur protégé est toujours en activité. En effet, le cordon s'éloigne du rivage sous la forme d'une languette gréseuse d'environ 580 mètres de longueur, magnifique brise-lame naturel. Poidebard et Lauffray (1951) ont distingué au sein de ce port Nord, une darse fermée et un avant port séparés l'un de l'autre par un môle intérieur. Au delà de l'écueil du Château de la Mer, on trouve à l'abri de la petite île de Ziré longue de 490 mètres, la rade foraine (Frost 1973).

Les apports sédimentaires locaux proviennent de deux principaux cours d'eau, le Nahr al-Awali au Nord, qui est le seul écoulement pérenne du secteur, et le Nahr Saïniq plus au Sud. Des cours d'eau temporaires débouchent dans la plaine littorale, plus à proximité du port. Il s'agit principalement du Nord au Sud, du wadi Habra, du wadi Mechra et du wadi Moussa dans le fond de la Crique Ronde. Les bassins versants de ces cours d'eau incisent des substrats marno-calcaires secondaires (Dubertret 1949). Seuls, les deux cours d'eau de l'Awali et du Nahr Saïniq percent la carapace calcaire crétacée moyenne et se développent dans les terrains plus tendres argilo-gréseux du Crétacé inférieur, mettant à nu le Jurassique. Ces cours d'eau ont un débit médiocre et leur régime est irrégulier du fait de la faiblesse des précipitations, inférieures à 800 mm par an, et de l'absence de région montagneuse importante (Blanchet 1976).

2. Méthodologie

Claude Doumet-Serhal a pu effectuer, en août 1998, sept carottages d'un diamètre de 10 cm, par forage rotatif, sur le site de Sidon (Doumet-Serhal 2000, Fig. 2). Nous en avons analysé précisément deux (BH I et BH VII) qui sont significatifs de l'histoire de l'environnement littoral de ce secteur du port intérieur. Les carottages BH II, BH III et BH IV sont moins intéressants. Les carottages BH V et BH VI ont traversé des remblais et des milieux de sédimentation continentaux. L'étude des paléoenvironnements implique la recherche d'indicateurs chronologiques, granulométriques et biologiques précis.

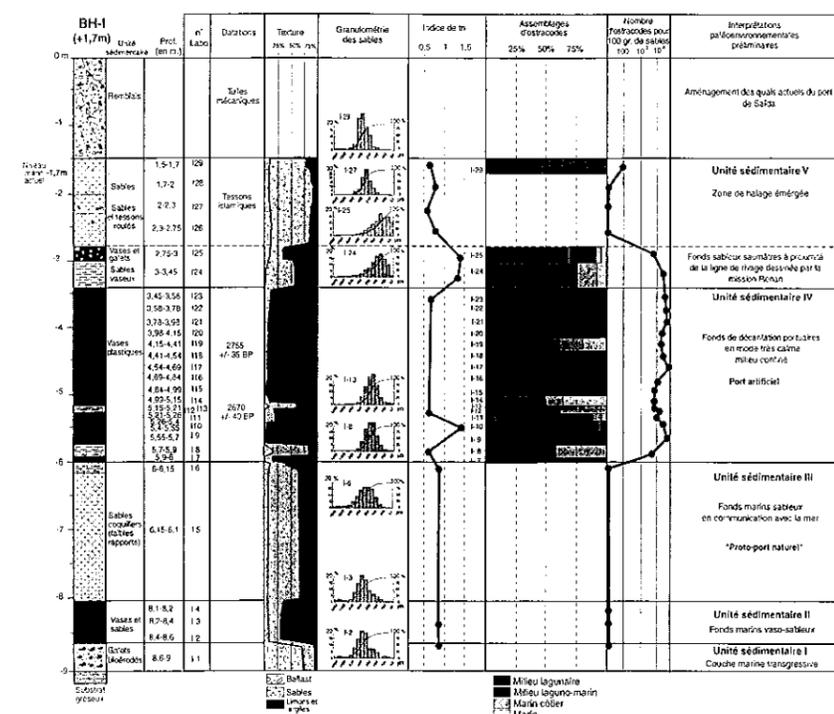


Fig. 3 - Analyse sédimentologique de la carotte BH I.

2. 1. Indicateurs chronologiques

Les datations radiocarbone ont été réalisées sur des coquilles marines et des limons organiques. Les échantillons ont été préparés et comptés à Lyon suivant le procédé classique de la radioactivité. Les dates sont exprimées en années BP (Before Present) suivant les conventions internationales en tenant compte de la correction du fractionnement isotopique. Les tessons ont été identifiés à Saïda à l'ouverture des carottes.

2. 2. Indicateurs granulométriques

L'analyse des indicateurs sédimentologiques repose sur la granulométrie des fractions sableuses et limono-argileuses. Les analyses ont été effectuées au CEREGE, par tamisage humide pour la détermination des textures, par granulométrie mécanique pour la fraction sableuse (16 tamis entre 2 mm et 50 µm de diamètre) et par granulométrie laser (au Mastersizer Malvern) pour la fraction limono-argileuse. L'association de ces paramètres donne une première indication sur les dynamiques de sédimentation et le mode plus ou moins calme ou battu des milieux.

La granulométrie (textures, grain moyen et indice de tri, selon Folk et Ward, 1957) permet de distinguer (1) des sables grossiers mal à assez bien triés, comprenant une quantité importante de ballast, liés aux milieux de plus forte énergie ou affectés par des impacts d'origine anthropique comme des apports de remblai, (2) des vases sableuses mal triées, dont l'enrichissement en limons argileux déposés par décantation en milieu abrité de type portuaire.

Sur site archéologique, les dépôts littoraux sont toujours perturbés par les équipements portuaires. Ces derniers induisent une forte hétérométrie granulométrique. On note en effet un enrichissement à la fois en sables grossiers et en ballast, lié à des remblais et au ruissellement sur des surfaces d'occupation, et en limons piégés par les structures portuaires (quais, appontements, épaves...).

2. 3. Indicateurs biologiques du domaine marin

Nous avons pu étudier pour l'instant deux types de biomarqueurs.

2. 3. 1. Indicateurs malacofauniques

Les biocénoses des milieux meubles sont relativement peu variées sur le site de Sidon. Les interprétations paléocéologiques doivent tenir compte de l'écologie des espèces vivantes et de l'énergie nécessaire à la fragmentation et au transport éventuel des coquilles mortes. Ces dernières se manifestent par des traces d'usure et un mélange avec des coquilles plus ou moins brisées de différentes associations faunistiques (Pères et Picard 1964). Les assemblages ont été déterminés à la Station Marine d'Endoume du Centre Océanologique de Marseille.

2. 3. 2. Indicateurs micropaléontologiques

Les communautés d'ostracodes, ont été reconnues et étudiées au Département de Géologie et d'Océanographie de l'Université de Bordeaux I. Ces micro-crustacés, pour la plupart benthiques, colonisent pratiquement tous les milieux des domaines marin et continental pourvu qu'il y ait de l'eau et un certain calme dynamique.

Ils apportent des informations significatives et précises (grand nombre et petite taille) sur les paléoenvironnements aquatiques. On les trouve fréquemment dans les sédiments carottés (Carbonel 1980, Peypouquet 1980).

Les assemblages de foraminifères sont en cours de détermination à la Station Marine d'Endoume du Centre Océanologique de Marseille. Les foraminifères benthiques, souvent inféodés à des milieux bien particuliers, donnent des renseignements paléocéologiques précis (Blanc-Vernet 1969). Ce type de marqueur commence d'ailleurs à être utilisé dans le cadre de fouilles archéologiques littorales (Reinhardt *et al.* 1994, Serandrei Barbero *et al.*, 1997). Les données obtenues seront comparées aux informations fournies par les ostracodes.

2. 4. Indicateurs palynologiques

Par comparaison avec la Méditerranée occidentale, les littoraux du Levant, et particulièrement du Liban, ont rarement fait l'objet

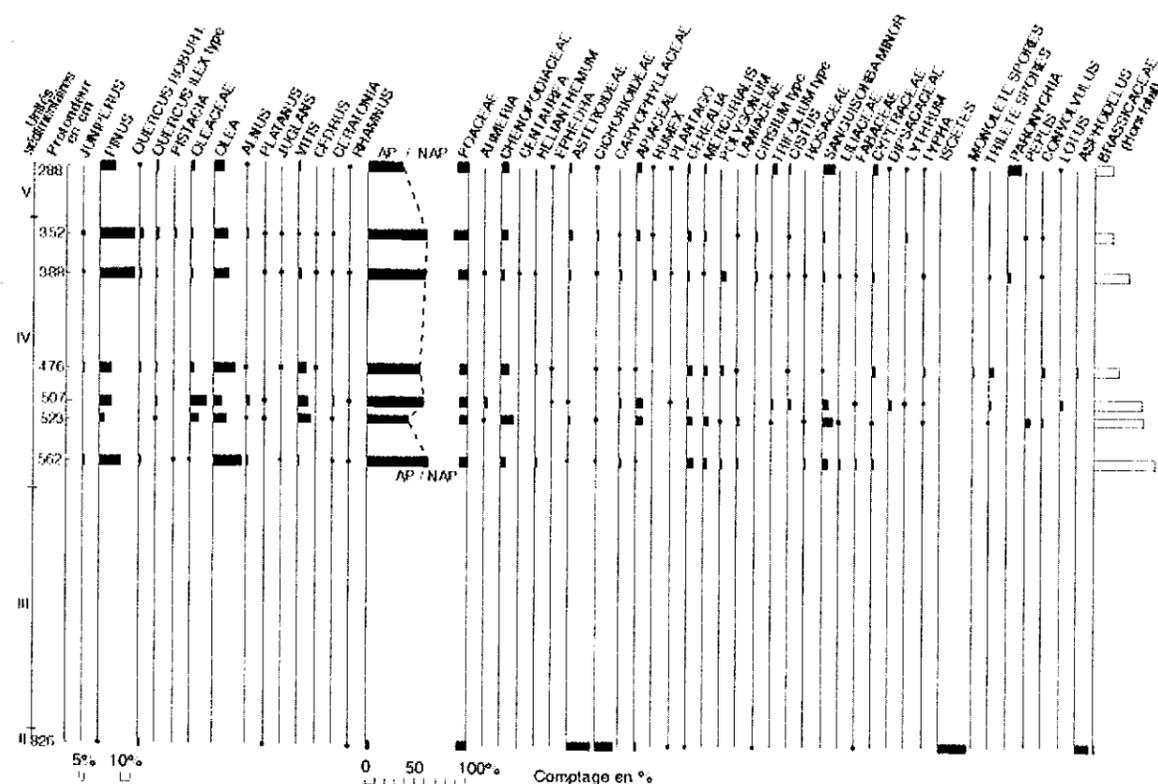


Fig. 4 - Analyse pollinique de la carotte BH I.

d'analyses palynologiques (Bottema 1991). Cette recherche est une tentative pour mettre en évidence trois principales évolutions: (1) l'apparition du phénomène agricole en se plaçant dans la longue durée, (2) le problème du cèdre qui est un des principaux bois d'exportation dès l'Age du Bronze du port de Sidon vers l'Egypte par exemple, (3) l'histoire naturelle et anthropique de la végétation.

Vint-neuf échantillons ont été prélevés sur la carotte BH I afin d'en extraire du matériel pollinique. De 3 à 8 grammes de sédiments par échantillon ont été traités à l'Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléocologie de l'Université d'Aix-Marseille III. Le pollen a été extrait par attaques chimiques et par flottation sur liqueur dense. L'origine du pollen dans un dépôt portuaire est de plusieurs ordres: apport principal par le vent, apports secondaires par les eaux de ruissellement ou les cours d'eau, apport anthropique, et éventuellement pollen remanié par l'érosion de dépôts plus anciens. Les deux premiers apports sont généralement majoritaires et donnent une idée de l'état de la végétation au voisinage du port.

3. Résultats

3. 1. Analyse de la carotte BH I (Fig. 3)

Cette première carotte se situe sur les quais artificiels du port actuel de Saïda, qui ont été gagnés récemment sur la zone de halage. Cette zone est encore présente sur la carte de Poidebard et Laufray (1951) qui reprend d'ailleurs partiellement celle de Gaillardot de la mission de Phénicie. Nous pouvons distinguer cinq unités sédimentaires différentes.

3. 1. 1. Unité sédimentaire I (BH I 1)

Cette première unité, de 40 cm d'épaisseur, se situe à la base du carottage, qui a atteint le substrat d'éolianites à 9 mètres sous la surface du sol, soit environ 7,3 mètres sous le niveau marin moyen actuel. Cette première unité est constituée de galets de grès roulés et encroûtés par des tubes calcaires de Polychètes, de Serpules, d'Hydroides sp. et par quelques vermetes non déterminables. Nous n'avons pas pu récolter de matrice interstitielle. Cette unité marine transgressive s'est déposée en discordance sur le substrat gréseux quaternaire.

3. 1. 2. Unité sédimentaire II (de BH I 2 à BH I 4)

Cette deuxième unité de vases sableuses grises est comprise entre 8,1 et 8,6 mètres de profondeur sous la surface du sol. Elle présente deux caractéristiques principales.

3. 1. 2. 1. Analyse granulométrique

Le ballast représente de 7% à 12% du poids total à sec des échantillons. Il est constitué de galets de grès provenant du substrat. Nous n'avons trouvé aucune macrofaune.

L'analyse granulométrique de la fraction sableuse (de 21% à 24% du poids total à sec de l'échantillon) indique une courbe cumulative en S, assez typique des milieux côtiers. Les histogrammes unimodaux présentent un pic à 315 µm. L'indice de tri de 0,9 est médiocre et la distribution granulométrique est symétrique de part et d'autre de la classe modale. Ces sables sont donc plutôt homométriques avec une fraction des sables moyens qui représente environ 65% de la fraction sableuse. Les grains, en majorité quartzux, sont constitués d'environ 53% de picotés-mats et de 22% d'émoisés-luisants, évoquant ainsi une origine locale des sables liée à l'érosion marine des bancs d'éolianites quaternaires. Cette constatation est identique à l'analyse de Cailleux (1948-1949). De plus, nous n'avons trouvé aucune microfaune.

Les limons et argiles prédominent. Ils représentent de 66 % à 69 % du poids total à sec de l'échantillon. L'analyse de cette fraction montre que les histogrammes présentent un mode entre 5 µm et 35 µm. Cette surreprésentation en micro-particules indique un milieu calme de sédimentation.

3. 1. 2. 2. Contenu pollinique (Fig. 4)

Ces vases sont extrêmement pauvres en pollen. Un seul échantillon (BH I 3) s'est révélé utilisable. L'assemblage pollinique correspondant est dominé par les plantes herbacées, principalement les composées, asphodèles et graminées. Les arbres sont très rares. Le pollen étant très altéré, l'assemblage peut être interprété comme lié à une destruction sélective de ce dernier, bien connue dans les cas des sédiments archéologiques (Bottema 1975). Si ce n'est pas le cas, le spectre évoque alors un paysage dégradé de steppe à asphodèles. Les spores d'isoètes, très abondantes, évoquent des mares littorales sauf

s'il s'agit d'*Isoetes Durieui* qui peut coloniser les pelouses littorales sèches; mais comme ce taxon est très dominant, un habitat local et donc aquatique est plus probable (Médail *et al.*, 1998). Il n'y a aucune notation de *Cedrus*.

A ce niveau, comme dans toutes les autres préparations, de très nombreux fragments de charbon encombrant les lames. Cet élément peut être lié soit à des feux autour des sites, soit plus probablement à de la matière organique remaniée du substrat (Di Giovanni 1994).

3. 1. 3. Unité sédimentaire III (de BHI 5 à BHI 6)

Des problèmes techniques n'ont pas permis de récupérer cette unité sableuse de manière satisfaisante. Nous avons seulement pu analyser deux prélèvements: BHI 5, récupéré en vrac, et BHI 6 au sommet de l'unité. Cette troisième unité de sables gris est comprise entre 6 et 8,1 mètres de profondeur sous la surface du sol. Elle présente deux caractéristiques majeures.

3. 1. 3. 1. Analyse granulométrique

Le ballast représente de 5 % à 9 % du poids total à sec des échantillons. Il est constitué de coquilles.

L'analyse granulométrique de la fraction sableuse (environ 50 % du poids total à sec des échantillons) indique une courbe cumulative en S, assez typique des milieux côtiers. Les histogrammes présentent une classe modale entre 315 µm et 0,16 mm. L'indice de tri, de - 0,2, décrit un enrichissement modéré en sables fins. Nous n'avons pas trouvé de microfaune.

Les limons et argiles représentent environ 40 % du poids total à sec des échantillons. L'analyse de cette fraction montre que les histogrammes présentent un mode entre 4 µm et 25 µm.

3. 1. 3. 2. Analyse macrofaunistique

La faune est en majeure partie constituée par des espèces de fonds sableux caractéristiques de l'assemblage des Sables Vaseux de Mode Calme, en particulier *Loripes lacteus* et *Cerithium vulgatum*. On constate aussi un apport exogène provenant des Sables Fins Bien Calibrés (*Nassarius pygmaeus*, *Neverita josephina*), d'herbiers et d'algues photophiles sans doute proches (*Columbella rustica*, *Conus mediterraneus*).

Cette unité est stérile en pollens.

3. 1. 4. Unité sédimentaire IV (de BHI 7 à BHI 23)

Cette quatrième unité de vases grises est comprise entre 3,45 et 6 mètres de profondeur sous la surface du sol. Cette unité est datée 2670 +/- 40 BP en BHI 12 (Ly 9231) et 2755 +/- 35 BP en BHI 19 (Ly 9232) Elle présente quatre caractéristiques.

3. 1. 4. 1. Analyse granulométrique

Le ballast, quasi-absent, représente en moyenne 0,3% du poids total à sec des échantillons. Il est constitué de quelques coquillages. Seules, deux passées sont enrichies en ballast. Le prélèvement BHI 8 contient 12% de ballast constitué de tessons roulés non identifiables. Le prélèvement BHI 13 contient 2 % de ballast composé de copeaux de bois.

La fraction sableuse, très peu importante, représente en moyenne 5% du poids total à sec des échantillons. Deux passées sont plus sableuses (BHI 8 et BHI 11, 12 et 13). L'analyse granulométrique de ces deux passées montre une courbe cumulative en forme de S, assez typique des milieux côtiers. Les histogrammes unimodaux présentent une classe modale entre 0,25 mm et 0,16 mm. L'indice de tri, variant entre 0,6 et 0,8, est médiocre et la distribution est symétrique de part et d'autre de la classe modale. Ces sables sont donc plutôt homométriques avec une fraction des sables fins importante par rapport aux autres unités stratigraphiques. Les sables fins représentent en effet 50 % de la fraction sableuse, évoquant des dynamiques de dépôt de mode calme. En BHI 9 et 12, nous notons la présence de cristaux de gypse (détermination de J.-M. Rouchy du laboratoire de géologie du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris). La grande majorité des cristaux est automorphe et développe un faciès tabulaire avec des faces bien développées. Certains individus sont même maclés. Ces cristaux ne résultent donc pas d'un transport, mais d'une cristallisation probablement à l'intérieur du sédiment qui les abrite.

Les limons et argiles prédominants représentent en moyenne 94% du poids total à sec des échantillons. L'analyse de cette fraction montre que les histogrammes présentent un mode variable entre 4 µm et 40 µm. Cette surreprésentation en micro-particules indique un milieu particulièrement calme de décantation de type portuaire.

3. 1. 4. 2. Analyse macrofaunistique

La faune est en majeure partie constituée par des assemblages caractéristiques des Lagunes Eurythermes et Euryhalines (*Scrobicularia plana*, *Cerastoderma glaucum*, *Hydrobia acuta...*) et des Sables Vaseux de Mode Calme (*Loripes lacteus*, *Nassarius reticulatus*, *Tapes decussatus...*). On constate aussi un apport exogène provenant des Sables Fins Bien Calibrés (*Nassarius pygmaeus*) et surtout de substrats durs comme des roches infralittorales ou des quais (*Modiolus martorelli*, *Cerithium rupestre*, *Parvicardium scriptum*, *Neopycnodonte cochlear*, *Gibbula ricketti*, et beaucoup de plaques de balanes importées).

3. 1. 4. 3. Analyse microfaunistique

On constate une population très importante d'ostracodes assez peu diversifiées. Neuf prélèvements sur dix sept sont caractérisés par des peuplements monospécifiques à *Cyprideis torosa*. Les deux passées sableuses (BHI 8 et BHI 11, 12 et 13) correspondent à des arrivées d'ostracodes des domaines laguno-marin (*Xestoleberis sp.*) et marin côtier (*Aurilla woodwardii*). Il peut s'agir d'apports de faunes déplacées lors de phases d'ouverture. La quantité d'individus, en particulier en BHI 11 et la faune non calibrée (juvéniles et adultes dans l'ensemble des populations) étayent cette hypothèse. La présence de sables confirmerait alors le changement brutal dans le temps et dans l'espace du mode de sédimentation.

3. 1. 4. 4. Contenu pollinique (Fig. 4)

Les échantillons provenant de cette unité stratigraphique (et de l'échantillon BHI 25 dans les vases et galets de l'unité stratigraphique V) sont riches en pollen et présentent une excellente diversité. On doit cependant signaler que des grains bien conservés côtoient du pollen très abîmé, ce qui suggère qu'une partie du matériel est probablement remanié de formations sédimentaires anciennes. Par exemple, entre les prélèvements BHI 14 et BHI 23, sont repérés de très nombreux grains de pollen d'âge crétacé, comme *Classopolis*, démontrant que l'assemblage incorpore du matériel d'âges divers. C'est pourquoi les comptages ne tiennent compte que des grains de pollen bien conservés indiscutablement contemporains du dépôt.

Avec quelques variations quantitatives les assemblages polliniques sont très proches dans leur composition floristique. Parmi les arbres dominent: *Pinus*, *Olea* et *Vitis*. Les pins ne sont pas assez nombreux pour signaler un boisement notable à proximité du port. Au contraire *Olea* et, dans certains niveaux, *Vitis* indiquent une intense culture des environs. *Juglans*, présent dans presque tous les niveaux, est aussi certainement cultivé. *Platanus* est présent. Il existe aussi des grains de pollen d'Oléacées caractérisés par un réticule à mailles relativement fines dont la détermination comme *Olea* n'est pas sûre. En effet, le pollen d'*Olea* cultivé présente une grande variabilité morphologique (Beaulieu 1977). Il pourrait aussi s'agir de *Phyllirea* ou de l'oléastre, présents dans la végétation naturelle, souvent associés au caroubier (Abi-Saleh 1978), dont quelques grains de pollen ont d'ailleurs été identifiés.

Au niveau des taxons herbacés, les spectres présentent un très grand nombre de pollens de Crucifères. Il n'est pas possible d'arriver à une détermination générique chez la plupart des pollens de Crucifères, mais en général lorsqu'un grain de pollen d'herbacée est hyperdominant, comme cela est le cas, cela signale sa présence *in situ*. L'hypothèse la plus vraisemblable est donc qu'il s'agit pour l'essentiel d'un taxon aquatique (*Nasturtium*, *Cardamine*), ou littoral (*Alyssum*, *Cakile*).

Parmi les autres herbacées on peut distinguer trois ensembles principaux:

- Plantes liées à l'action de l'Homme (Céréales relativement abondantes, rudéro-ségétales et nitrophiles: *Sanguisorba minor*, *Mercurialis*, chénopodiacées et *Artemisia*, pour partie).

- Plantes des pelouses sèches ou steppiques (*Poacées*, *Xanthium*, *Artemisia*, *Herniaria*, *Cistus*, *Helianthemum*, *Asphodelus*, Chénopodiacées qui sont liées aux milieux salés...) montrant l'importance des espaces découverts.

- Plantes des milieux humides: *Isoetes*, *Typha*, *Polygonum*, *Peplis*, qui signalent une zone marécageuse plus ou moins dessalée, vraisemblablement à proximité immédiate du port.

3. 1. 5. Unité sédimentaire V (de BHI 24 à BHI 29)

Cette dernière unité stratigraphique de sables gris

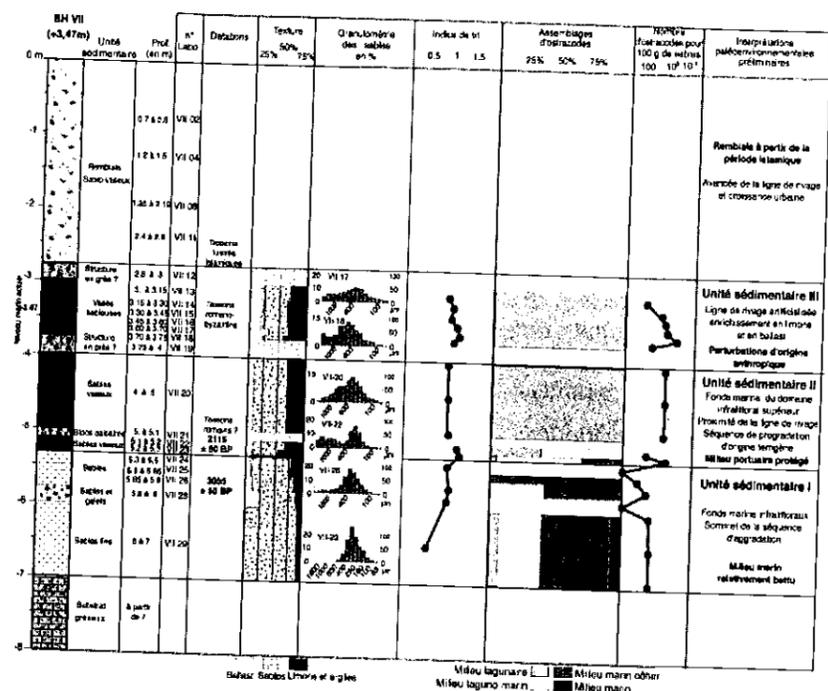


Fig. 5 - Analyse sédimentologique de la carotte BH VII.

est comprise entre 1,5 et 3,45 mètres de profondeur sous la surface du sol. Elle est datée de l'époque contemporaine par la présence de tessons islamiques en BH I 27. Cette unité présente trois caractéristiques.

3. 1. 5. 1. Analyse granulométrique

Le ballast représente de 3% à 17% du poids total à sec des échantillons. Il est constitué de petits galets de grès plus ou moins roulés et de quelques fragments de tessons, de copeaux de bois et de coquillages.

La fraction sableuse est prédominante, sauf dans le cas de la passée vaseuse BH I 25. Elle représente de 21% à 81% du poids total à sec de l'échantillon. la moyenne est de 68% sans tenir compte du prélèvement BH I 25. L'analyse texturale et de la granulométrie de la fraction sableuse permettent de distinguer deux sous-unités. A la base, les sables des prélèvements BH I 24 et 25 sont caractérisés par des courbes cumulatives concaves, typiques des milieux de sédimentation

calme. L'indice de tri, variable de 0,8 à 0,9, est médiocre et la distribution est enrichie en sables fins, qui représentent en moyenne 78 % de la fraction sableuse. En revanche, la partie sommitale (BH I 26 à 29) est définie par la prédominance des sables moyens (76% de la fraction sableuse en moyenne) et une quasi-absence des sables fins (15% de la fraction sableuse en moyenne). Les courbes cumulatives présentent des formes en S, assez typiques des milieux côtiers. Les histogrammes unimodaux présentent un pic entre 0,25 mm et 0,315 mm. L'indice de tri, de 0,6, est médiocre et la distribution est symétrique de part et d'autre de la classe modale. Ces sables sont donc relativement homométriques.

Les limons et argiles prédominent à la base. Ils représentent de 46% à 63% du poids total à sec des échantillons. L'analyse de cette fraction montre que les histogrammes présentent un mode entre 3 µm et 20 µm. La partie sommitale, beaucoup moins riche en particules fines, ne contient en moyenne que 17% de limons et d'argiles.

3. 1. 5. 2. Analyse macrofaunistique

La faune de la partie basale (BH I 24 et 25) est rare et constituée par des espèces caractéristiques de l'assemblage des sables infralittoraux en eaux saumâtres (*Pirenella tricolor*). La partie sommitale (BH I 26 à 29) est caractérisée par quelques coquilles marines remaniées, brisées et indéterminables.

3. 1. 5. 3. Analyse microfaunistique

La partie basale est caractérisée par une microfaune d'ostracodes abondante et plus diversifiée que dans l'unité précédente. On note la présence d'espèces des milieux laguno-marins (*Xestoleberis sp.*) et marin côtier (*Aurilla woodwardii*). L'échantillon BH I 24 est très semblable au prélèvement BH I 11 et montre quelques analogies avec la phase correspondante de la séquence précédente. Les ostracodes sont quasi-absents de la partie sommitale.

3. 2. Analyse de la carotte BH VII (Fig. 5)

Cette deuxième carotte se situe au coeur du souk médiéval et moderne de Saïda. Nous pouvons distinguer trois unités sédimentaires.

3. 2. 1. Unité sédimentaire I (de BH VII 24 à BH VII 29)

Cette première unité de sables gris est comprise entre 5,3 et 7 mètres de profondeur sous la surface du sol. Le sommet de cette unité est datée 3000 +/- 60 ans BP en BH VII 26 (Ly 9234). Elle présente trois caractéristiques.

3. 2. 1. 1. Analyse granulométrique

Le ballast, quasi-absent, représente en moyenne 9% du poids total à sec des échantillons. Il est constitué de quelques galets de grès, de macrofaune et de quelques fibres de phanérogame marines, de noyaux d'olive et de graines et de pépins.

La fraction sableuse, prédominante, représente en moyenne 73% du poids total à sec des échantillons. L'analyse granulométrique de cette fraction montre deux types de courbe cumulative. Le prélèvement BH VII 29 présente une forme de S redressé, caractéristique d'un triage marin des milieux côtiers. L'histogramme unimodal présente une classe modale à 0,2 mm. L'indice de tri, de 0,6, est médiocre. Ces sables sont donc plutôt homométriques avec une fraction de sables fins importante par rapport aux autres prélèvements.

Les sables fins représentent en effet 47% de la fraction sableuse. Les autres échantillons sont moins bien triés. L'indice de tri, supérieur à 1, est mauvais. Ces sables sont donc hétérométriques avec une fraction des sables moyens importante, les sables fins ne représentant plus que 24% de la fraction sableuse en moyenne.

Les limons et argiles, peu présents, représentent en moyenne 15% du poids total à sec des échantillons. L'analyse de cette fraction montre que les histogrammes unimodaux présentent un mode variable vers 70 µm (BH VII 25) et vers 40 µm pour les autres échantillons.

3. 2. 1. 2. Analyse macrofaunistique

La faune, assez rare, est en majeure partie constituée par des espèces de fonds sableux caractéristiques de l'assemblage des Sables Fins Bien Calibrés, en particulier *Nassarius mutabilis*. On constate aussi un apport exogène provenant d'herbiers et d'algues photophiles (*Conus mediterraneus*).

3. 2. 1. 3. Analyse microfaunistique

On constate une population assez peu dense d'ostracodes assez diversifiées. Les espèces les plus nombreuses sont adaptées au milieu marin côtier (*Aurilla woodwardii* et *Urocythereis sp.*) et au domaine franchement marin (*Tenedocythere sp.*).

3. 2. 2. Unité sédimentaire II (de BH VII 20 à BH VII 23)

Cette deuxième unité de sables vaseux gris est comprise entre 4 et 5,3 mètres de profondeur sous la surface du sol. La base de cette unité semble dater de la période romaine par la présence de quelques tessons attribuables à la période romaine.

3. 2. 2. 1. Analyse granulométrique

Le ballast, quasi-absent, représente en moyenne 8% du poids total à sec des échantillons. Il est constitué de quelques galets de grès, de petits tessons roulés, de morceaux d'os et de macrofaune.

La fraction sableuse, prédominante, représente en moyenne 55% du poids total à sec des échantillons. L'analyse granulométrique de cette fraction montre deux types de courbe cumulative. Le prélèvement BH VII 20 présente une forme linéaire, synonyme d'un dépôt mal trié que confirme un indice de tri de 1. Ces sables sont hétérométriques. Les autres échantillons sont

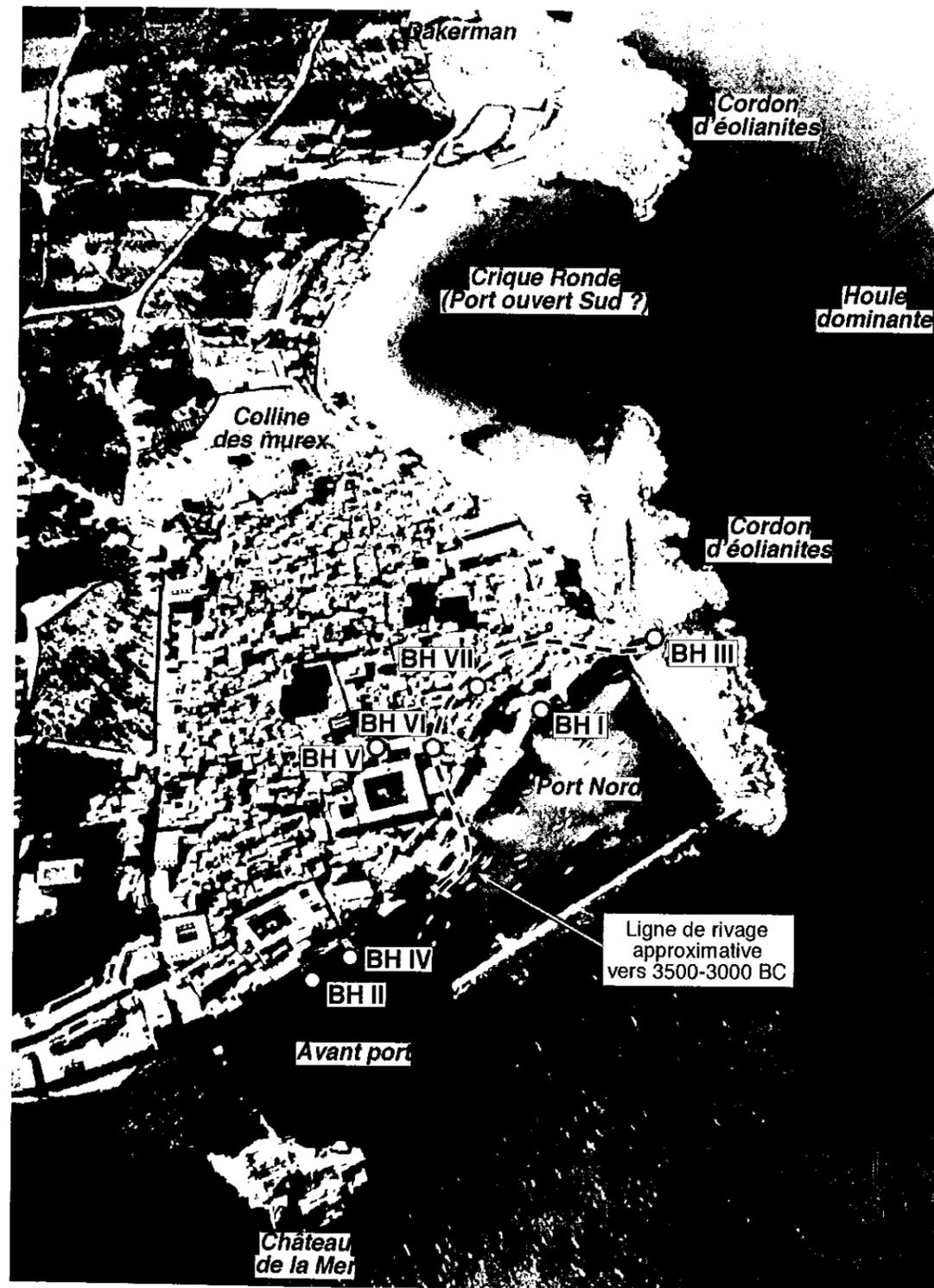


Fig. 6 - Evolution probable de la ligne de rivage depuis 3000 ans (d'après une photographie de Poidebard, 1936).

encore moins bien triés. L'indice de tri, supérieur à 1,3, est mauvais. La fraction des sables grossiers, particulièrement importante, représente en moyenne 32% de la fraction sableuse.

Les limons et argiles représentent en moyenne 37% du poids total à sec des échantillons. L'analyse de cette fraction montre que les histogrammes unimodaux présentent un mode très variable vers 13 μm (BH VII 22), vers 34 μm (BH VII 20) et vers 42 μm pour BH VII 23.

3. 2. 2. 2. Analyse macrofaunistique

La faune, assez rare, est constituée des assemblages caractéristiques des Sables Vaseux de Mode Calme (*Cerithium vulgatum*, *Tapes decussatus*...) et des Sables Fins des Hauts Niveaux en eaux saumâtres (*Cyclope donovani*, *Cyclope neritea*...). On constate un apport exogène provenant des substrats durs comme des roches infralittorales ou des quais (*Cerithium rupestre*, *Bittium reticulatum* et surtout des plaques de balanes importées).

3. 2. 2. 3. Analyse microfaunistique

Comme pour l'unité IV de la carotte BH I, on constate une population variable d'ostracodes assez peu diversifiés. L'échantillon BH VII 20 est caractérisé par un peuplement monospécifique dense de *Cyprideis torosa*. On note quelques apports d'ostracodes des domaines laguno-marin (*Xestoleberis sp.* et *Loxochonca sp.*) et marin côtier (*Aurila woodwardii*). C'est un milieu de transition entre les unités I et III. La faune est un peu plus riche surtout à la base et devient moins diversifiée.

3. 2. 3. Unité sédimentaire III (de BH VII 13 à BH VII 18)

Cette dernière unité de vases sableuses grises est comprise entre 3 et 3,75 mètres de profondeur sous la surface du sol. La présence de tessons romano-byzantins permet de la dater.

3. 2. 3. 1. Analyse granulométrique

Le ballast, quasi-absent, représente en moyenne 21% du poids total à sec des échantillons. Il est constitué de quelques galets de grès, de macrofaune, de quelques fibres de posidonies, de noyaux d'olive, de graines et de pépins.

La fraction sableuse, prédominante, représente en moyenne 45% du poids total à sec des échantillons. L'analyse granulométrique de cette fraction montre des courbes cumulatives linéaire (BH VII 17) ou à tendance convexe (BH VII 18). Les prélèvements sont mal triés. L'indice de tri est toujours supérieur à 1 et les histogrammes sont bimodaux, avec deux classes modales dans les sables moyens puis dans les sables grossiers.

Les limons et argiles, peu présents, représentent en moyenne 33% du poids total à sec des échantillons. L'analyse montre deux types de répartition granulométrique. La base de l'unité (entre BH VII 18 et BH VII 16) est caractérisée par des histogrammes unimodaux avec un mode entre 34 μm et 52 μm . Le sommet de l'unité, à partir du prélèvement BH VII 15, présente des histogrammes polymodaux, caractéristiques de dépôts en vrac des particules.

3. 2. 3. 2. Analyse macrofaunistique

La faune, très rare et remaniée, est caractérisée par une seule espèce intacte, ayant pu vivre in situ (*Peringia salinasi*). Elle est caractéristique de l'assemblage des sables infralittoraux en eaux saumâtres. Comme pour l'unité précédente, quelques espèces proviennent des substrats durs comme des roches infralittorales ou des quais (*Cerithium rupestre*, *Patella intermedia*).

3. 2. 3. 3. Analyse microfaunistique

L'ostracofaune est ici très caractéristique de milieux à forts gradients chimiques: faune monospécifique et très riche à *Cyprideis torosa*, typique de domaines lagunaires comme en BH VII 13, 17 et 18 et présence du genre *Cyprinotus*, groupe vivant dans des eaux douces souvent temporaires, parfois sursalées.

4. Eléments d'interprétation

4. 1. Interprétation de la carotte BH I

On peut distinguer deux types de séquences. Les unités I, II et III correspondent au sommet de la séquence de rétrogradation et d'aggradation probablement liée à la montée relative du niveau de la mer à l'Holocène récent. Depuis 2700-2600 ans

BP, les unités IV et V indiquent des dynamiques rapides de colmatage au sein d'une séquence de progradation de la ligne de rivage accélérée par l'artificialisation du trait de côte et l'aménagement d'un port artificiel.

4. 1. 1. Séquence de rétrogradation (unités stratigraphiques I, II et III, avant 2600-2700 ans BP)

L'unité I, constituée de galets remaniés du substrat, correspond classiquement à une couche marine transgressive basale que l'on retrouve dans la plupart des stratigraphies des ports méditerranéens antiques, comme Marseille (Morhange *et al.* 1994) ou dans certains secteurs du port lagunaire de Kition-Bamboula à Chypre (Morhange *et al.* 1999) ou à Alexandrie en Egypte (Goiran *et al.* 2000).

L'unité II, vaso-sableuse, et l'unité III, plus franchement sableuse, évoquent des fonds marins infralittoraux, caractérisés par la biocénose des Sables Vaseux de Mode Calme à proximité d'un herbier. Il s'agit d'un environnement côtier "naturel" avant tout impact majeur d'origine anthropique.

4. 1. 2. Séquence de progradation (unités stratigraphiques IV et V, après 2600-2700 ans BP)

L'unité IV est fondamentalement différente des précédentes. elle se caractérise par la surreprésentation des limons qui traduisent un milieu protégé des agents météo-marins. Les faunes et microfaunes, adaptées à des eaux saumâtres, évoquent un milieu lagunaire très confiné (Guelorget et Perthuisot 1983). La présence de gypse confirme cette interprétation. Le milieu peut atteindre épisodiquement une salinité suffisante pour précipiter des cristaux de gypse à l'intérieur des sédiments vaseux au cours de périodes de concentration élevée des eaux. Ces différentes caractéristiques traduisent un milieu portuaire bien protégé avec des dynamiques sédimentaires de décantation. Cet espace n'est cependant qu'une continuation du domaine marin et les relations hydrologiques avec le large sont permanentes (Kurc 1961). L'analyse pollinique suggère un contact avec des zones humides fortement dessalées.

L'unité V présente deux faciès différents. La base, sablo-vaseuse, correspond à des fonds marins infralittoraux en eaux saumâtres, traduisant un confinement moins marqué que dans l'unité

précédente. Il s'agit de milieux de sédimentation juxta-littoraux, avec des séquences saisonnières probables, en mode plus battu que précédemment, qui se sont déposés à l'époque contemporaine avant la construction de la jetée moderne en 1935 et 1936 (Poidebard et Lauffray 1951). Le sommet de cette unité correspond à la plage de la zone de halage du port de pêche de Saïda. Au-dessus de cette unité sédimentaire, on trouve des remblais hétérométriques composés principalement de matériaux récents, résultat des travaux d'aménagement des quais.

4. 2. Comparaison avec la carotte BH VII

Par comparaison avec la carotte BH I, l'organisation stratigraphique de la carotte BH VII apparaît à la fois plus simple et plus compliquée: plus simple, car elle présente moins d'unités stratigraphiques distinctes, plus compliquée car la proximité de la ligne de rivage vient brouiller et perturber les processus "naturels" de sédimentation.

On peut aussi distinguer deux types de séquences, comme pour la carotte BH I. L'unité I correspond au sommet de la séquence de rétrogradation et d'aggradation probablement liée à la montée relative du niveau de la mer. Depuis 3000 ans BP environ, les unités II et III évoquent une séquence de progradation de la ligne de rivage.

L'unité I caractérise des fonds marins sableux infralittoraux à proximité d'un herbier. Elle correspond biologiquement et chronologiquement à l'unité III de la carotte BH I. La moindre présence des vases peut s'expliquer par la proximité de la ligne de rivage et de la zone de déferlement des vagues.

Comme dans le cas de l'unité IV de la carotte BH I, l'unité II est très différente et se caractérise par l'importance des limons qui traduit un milieu beaucoup plus protégé que précédemment. Les faunes et microfaunes, adaptées aux eaux saumâtres, évoquent encore un milieu portuaire confiné et protégé des dynamiques du large.

L'unité III est difficile à comparer à l'unité V de la carotte BH I, car la présence de deux couches de blocs de grès, probablement d'origine anthropique, a perturbé les processus de sédimentation côtiers. Au-dessus de cette unité, des remblais, de la période islamique, sont le résultat d'un colmatage artificiel plus ancien de ce secteur du port, qui a permis une extension de la vieille ville de Saïda.

4. 3. Discussion

Cette évolution des paléoenvironnements du port antique de Sidon est à la fois banale et originale. Elle est banale car la tendance générale, comme pour de nombreux ports antiques, aboutit à un colmatage. Elle est originale car cette évolution se fait dans un cadre précocement peuplé et aménagé depuis le Chalcolithique. Nous désirons insister sur deux questions importantes: paléogéographique et paléobotanique.

4. 3. 1. Paléogéographie des ports, le problème de l'évolution du trait de côte

Les deux carottes montrent une mobilité latérale de la ligne de rivage. La figure 6 présente une évolution possible du trait de côte depuis au moins 3000 ans, vraisemblablement depuis 5000 ou 6000 ans. Le bassin portuaire connaît donc un rétrécissement continu, au profit de la croissance des tissus urbains.

La comparaison des carottes montre un autre élément important. Les vases de décantation portuaire (unité IV de la carotte BH I et unité II de la carotte BH VII) ne se déposent pas avant 3000 ans BP. Cet indice suggère donc l'absence d'importants équipements portuaires de protection (brise-lames, digue...) avant 3000 ans BP. Avant cette date, qu'il faudra confirmer, le port est donc un "hàvre naturel", à l'image des proto-ports décrits par Frost (1995); après, c'est un bassin artificiellement protégé.

Il est remarquable de constater qu'au début du XX^e siècle, avant la construction d'une digue moderne, le fond du port de Saïda est constitué d'une plage de sables servant de zone de halage pour les navires de pêche. Poidebard et Lauffray (1951) discutent d'ailleurs longuement des problèmes d'ensablement moderne du bassin intérieur. De plus, les quelques analyses granulométriques effectuées dans les milieux de sédimentation actuels du port de Saïda, montrent que la fraction limono-argileuse est moins importante que par le passé (50% de limons et d'argiles de nos jours contre 94% pour l'unité IV de BH I), du fait d'une éventuelle plus grande compétence des courants marins dans un port plus ouvert ou d'une plus grande turbidité dans un port autrefois plus confiné.

Des analyses minéralogiques, en cours, permettront prochainement de proposer une

démonstration plus argumentée sur les rythmes et les sources sédimentaires locales et régionales (Emery et George 1963; Stanley *et al.* 1997; Ribes 2000). Une série de datations radiocarbone en cours permettront aussi de préciser la date d'aménagement d'un port artificiellement protégé à Sidon.

4. 3. 2. Un paysage paléobotanique précocement dégradé

Les spectres polliniques témoignent d'un environnement fortement anthropisé et déboisé depuis au moins 2600-2700 ans BP. Les analyses évoquent un milieu riche en plantations d'oliviers, avec une apparente stabilité des milieux pendant le dépôt des vases de l'unité stratigraphique IV. Le signal de formations naturelles forestières à Pin d'Alep ou à Pin brutia est assez réduit. De la base au sommet de la carotte BH I, il n'y a pratiquement aucun écho de populations montagnardes à cèdres, soit que ces dernières aient déjà été réduites par l'Homme, soit que leur distance soit trop grande pour en permettre la perception ?

L'étude préliminaire de l'évolution des paléoenvironnements du site portuaire antique de Sidon pose donc de multiples questions. Dans un premier temps, il faut mieux dater les différentes séquences stratigraphiques et préciser les sources des sédiments. Il s'agira ensuite de détailler la mobilité verticale du niveau de la mer et comparer les dynamiques des paysages littoraux et portuaires de Sidon à d'autres ports antiques importants comme ceux de Byblos, Beyrouth ou de Tyr dans le cadre du programme franco-libanais CEDRE.

	BH I unité I	BH I unité III	BH I unité IV	BH I unité V	BH VII unité I	BH VII unité II	BH VII unité III
Pélécy-podes							
Cardiidae			*		*		*
Cerastoderma glaucum		*	*				
Chamelea gallina		*					
Loripes lacteus		*	*				
Loripinus fragilis			*				
Macoma tenuis			*				
Modiolus martorelli			*				
Mysia undata		*	*				
Neopycnodonte cochlear			*	*	*		
Parvicardium minimum			*				
Parvicardium scriptum			*				
Scrobicularia plana			*				
Tapes decussatus			*			*	
Gastéropodes							
Bittium reticulatum		*	*			*	*
Bulla striata		*			*		
Cerithium rupestre			*			*	
Cerithium vulgatum		*		*		*	
Columbella rustica		*			*		
Conus mediterraneus		*	*		*		
Cyclope donovani						*	
Cyclope neritea				*	*	*	
Engina bicolor					*		
Gibbula albida			*				
Gibbula racketsi			*				
Hydrobia acuta			*				
Mitra cornicula	*						
Nassarius cuvieri			*				
Nassarius gibbosulus			*				
Nassarius granulatum			*				
Nassarius mutabilis					*	*	
Nassarius pygmaeus		*	*				
Nassarius reticulatus			*				
Naytiopsis granum						*	
Neverita josephina		*					
Patella intermedia							*
Peringia salinasi			*				*
Pirenella tricolor				*			
Rissoidea sp.		*					
Tricolia tenuis		*					
Turbonilla sp.							*
Polychètes							
Serpules		*					
Vermets							
Balanes			*			*	

Contenu malacologique des carottes BH I et BH VII (Sidon). Déterminations de M. Bourcier.

Remerciements

Cette recherche, développée dans le cadre des fouilles archéologiques de Saïda, est une contribution aux programmes de recherches du PICG 437 (Coastal environmental change during sea-level highstands). L'équipe remercie tout particulièrement la Direction Générale des Antiquités du Liban et le British Museum.

Bibliographie

- Abi Saleh, B. 1978. *Etude phytosociologique, phytodynamique et écologique des peuplements sylvatiques du Liban*, Thèse, Aix-Marseille III, p. 184.
- Blanc-Vernet, L. 1969. Contribution à l'étude des foraminifères de Méditerranée (relations entre la microfaune et le sédiment, biocoenoses actuelles, thanatocoenoses pliocènes et quaternaires), *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume*, p. 64, 48, 281.
- Blanchet, G. 1976. *Le temps au Liban, approche d'une climatologie synoptique*, thèse de doctorat de 3^e cycle, Université de Lyon II, p. 447 et ann.
- Bottema, S. 1975. The interpretation of pollen spectra from prehistoric settlements (with special attention to *liguliflorae*), *Palaeohistoria*, 17, pp. 17-35.
- 1991. Pollen proxy data from southeastern Europe and the Near East, in *Evaluation of climate proxy data in relation to the European Holocene*, ed. par B. Frenzel et B. Gläzer, Verlag, pp. 63-79.
- Cailleux A., 1948-1949. Morphoscopie de quelques sables de Palestine, *Bulletin de l'Institut d'Egypte*, 31, pp. 177-180.
- Carbonel, P. 1980. *Les ostracodes et leur intérêt dans la définition des écosystèmes estuariens et de la plateforme continentale, essais d'application à des domaines anciens*, Thèse de sciences de l'université de Bordeaux I, 350 p.
- Di Giovanni, C. 1994. *Production, flux et stock de matière organique dans un système limnologique au cours du Post-glaciaire*, Thèse, Université de Dijon, p. 305.
- Doumet-Serhal, C. 2000. Sidon, *National Museum News*, 10, 78 p.
- Dubertret, L. 1949. *Carte géologique de la feuille de Saïda*, notice explicative, République Libanaise, Ministère des Travaux Publics, Beyrouth, 46 p. et ann.
- Emery, K. O. et George, C. J. 1963. *The shores of Lebanon*, Woods Hole Oceanographic Institution, Collected reprints, 1385, 10 p. et ann.
- Fevret, M. et Sanlaville, P. 1965. Contribution à l'étude du littoral libanais, *Méditerranée*, 2, pp. 113-134.
- P. 1966. L'utilisation des Vermets dans la détermination des anciens niveaux marins, *Méditerranée*, 4, pp. 357-364.
- Folk, R. L. and Ward, W. C., 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters, *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 1, pp. 3-26.
- Frost, H. 1973. The offshore island harbour at Sidon and other Phoenician sites in the light of new dating evidence, *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 2, 1, pp. 75-94.
- Frost, H. 1995. Harbours and proto-harbours; early levantine engineering, in *Proceedings of the International Symposium "Cyprus and the Sea"*, Nicosia, 25-26/10/1993, V. Karageorghis et D. Michaelidis eds., Nicosia, pp. 1-22.
- Goiran, J.-P. Morhange, C. Bourcier, M. Carbonel, P. & Morigi, C. 2000. Evolution des rivages alexandrins à l'Holocène récent, marge occidentale du delta du Nil, Egypte, *Méditerranée*, 1-2, pp. 83-90.
- Guelorget, O. et Perthuisot, J.-P. 1983. Le domaine paralique, expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement, *Travaux du Laboratoire de Géologie de l'ENS*, 16, pp. 1-137.
- Kelletat, D. 1991. The 1550 BP tectonic event in the Eastern Mediterranean as a basis for assessing the intensity of shores processes, *Zeitschrift für Geomorphologie N. F.*, 81, pp. 181-194.
- Kurc, G. 1961. Foraminifères et ostracodes de l'étang de Thau, *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 25, 2, 247 p.
- Médail, F. Michaud, H. Molina, J., Paradis, G. et Loisel R., 1998. Conservation de la flore et de la végétation des mares temporaires dulcaquicoles et oligotrophes de France méditerranéenne, *Ecologia Mediterranea*, 24, 2, pp. 119-134.
- Morhange, C. Hesnard, A., Arnaud, P., Bourcier, M. Carbonel, P., Chevillot, P., Laborel, J., Lafont, R., Provansal, M. et Weydert, P. 1996. Anthropisation, sédimentation marine et morphogenèse sur la rive nord du Lacydon de Marseille depuis le Néolithique (chantier J. Verne), *Zeitschrift für Geomorphologie N. F.*, 40, 1, pp. 71-84.
- Morhange, C. Goiran, J. P., Bourcier, M., Carbonel P., Le Campion, J., Pyatt B., Prone, A., Rouchy, J.-M., Sourisseau, J.-C. et Yon, M. 1999. 3000 ans de modifications des environnements littoraux à Kition Bamboula, Larnaca, Chypre, Méditerranée, *Quaternaire*, 2-3, pp. 133-149.
- Morhange, C., Dubuquoy, O., Prunet, N., de Beaulieu, J.-L., Bourcier, M., Carbonel P., Le Campion, J., Oberlin Ch. et Frost, H., 2000a. Nouvelles données paléoenvironnementales sur le port antique de Sidon, proposition de datation, *National Museum News*, 10, pp. 42-48.
- Morhange, C., Dubuquoy, O., Prunet, N., Ribes, E., de Beaulieu, J.-L., Bourcier M., Carbonel P., Oberlin, C. et Doumet-Serhal, C., 2000b. Etude paléoenvironnementale du port antique de Sidon, premiers résultats du programme CEDRE, *Méditerranée*, 1-2, pp. 91-100.
- Pérès, J. -M. et Picard, J. 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée, *Recueil des Travaux de la Station marine d'Endoume*, 31, 47, pp. 1-137.
- Peypouquet, J.-P. 1980. Les relations ostracodes-profondeur. Principes applicables pendant le Cénozoïque, *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 28, pp. 13-28.
- Pirazzoli, P. A. 1986. The Early Byzantine Tectonic Paroxysm, *Zeitschrift für Geomorphologie N. F.*, 62, pp. 31-49.
- Pirazzoli, P. A., Laborel, J. et Stiros, S. C. 1996. Earthquake clustering in the Eastern Mediterranean during historical times, *Journal of Geophysical Research*, 101, B3, pp. 6083-6097.
- Poidebard, A. et Lauffray, J. 1951. *Sidon, aménagements antiques du port de Saïda, étude aérienne, au sol et sous-marine (1946-1950)*, République Libanaise, Ministère des Travaux Publics, Beyrouth, 95 p. et ann.
- Reinhardt, E. G., Patterson, R. T. et Schröder-Adams, C. J. 1994. Geoarcheology of the ancient harbor site of Casarea Maritima, Israel: Evidence from sedimentology and Paleoecology of benthic foraminifera, *Journal of Foraminiferal Research*, 24, 1, pp. 37-48.
- Ribes, E. 2000. *Les sédiments du port antique de Sidon. Etude paléoenvironnementale et interprétations sur l'origine des dépôts à partir de leur analyse minéralogique*, maîtrise de géographie physique, Université Aix-Marseille 1, 244 p. et ann.
- Sanlaville, P. 1970. Les variations holocènes du niveau de la mer au Liban, *Méditerranée*, 35, 3, pp. 279-304.
- 1977. *Etude géomorphologique de la région littorale du Liban*, Publications de l'Université Libanaise, Section des études géographiques, Beyrouth, 3 t., 859 p. et ann.
- Sanlaville, P. Dalongeville, R., Bernier, P. et Evin J., 1997. The Syrian coast: a model of Holocene coastal evolution, *Journal of Coastal Research*, 13, 2, pp. 385-396.
- Serandrei Barbero, R., Albani, A. D. et Zecchetto, S. 1997. Palaeoenvironmental significance of a benthic foraminiferal fauna from an archaeological excavation in the lagoon of Venice, Italy, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 136, pp. 41-52.
- Stanley, D. J., Nir, Y. et Galili, E. 1997. Clay mineral distributions to interpret Nile cell provenance and dispersal: III. Offshore margin between Nile delta and Northern Israel, *Journal of Coastal Research*, 14, 1, pp. 196-217.