

---

3000 ans de modifications des environnements littoraux à Kition  
Bamboula (Larnaca, Chypre, Méditerranée Orientale) [3000 years  
of coastal evolution of Kition Bamboula (Larnaca, Cyprus,  
Mediterranean sea)]

Christophe Morhange, Jean Philippe Goiran, Michel Bourcier, Perre Carbonel, Benjamin Kabouche, Joël Le Campion, André Prone, Bryan Pyatt, Jean Marie Rouchy, Jean Christophe Sourisseau, Marguerite Yon

---

**Citer ce document / Cite this document :**

Morhange Christophe, Goiran Jean Philippe, Bourcier Michel, Carbonel Perre, Kabouche Benjamin, Le Campion Joël, Prone André, Pyatt Bryan, Rouchy Jean Marie, Sourisseau Jean Christophe, Yon Marguerite. 3000 ans de modifications des environnements littoraux à Kition Bamboula (Larnaca, Chypre, Méditerranée Orientale) [3000 years of coastal evolution of Kition Bamboula (Larnaca, Cyprus, Mediterranean sea)]. In: Quaternaire, vol. 10, n°2-3, 1999. pp. 133-149;

doi : <https://doi.org/10.3406/quate.1999.1637>

[https://www.persee.fr/doc/quate\\_1142-2904\\_1999\\_num\\_10\\_2\\_1637](https://www.persee.fr/doc/quate_1142-2904_1999_num_10_2_1637)

---

Fichier pdf généré le 19/04/2018

## Résumé

Dans le cadre de la fouille archéologique du port de Kition Bamboula à Larnaca, nous avons pu mettre en évidence six phases de modifications littorales depuis 3000 ans. (A) Vers 3000 ans BP, un golfe marin est protégé par des herbiers de posidonies. Il a servi de zone portuaire au Bronze Récent (XIV<sup>ème</sup> et XIII<sup>ème</sup> siècles avant J.-C.). (B) Après 2000 ans BP, l'environnement devient lagunaire. (C) A partir de 1600 ans BP, le milieu correspond à une lagune côtière hypersaline à ennoyage intermittent. Cette ouverture peut s'expliquer par l'obturation d'un grau ou un soulèvement tectonique éventuel du secteur étudié. (D) On assiste ensuite à une réouverture du milieu qui se transforme en lagune en voie de colmatage. (E) Finalement, les marécages côtiers sont bonifiés par l'administration coloniale britannique et le trait de côte est totalement artificialisé, en relation avec la croissance urbaine récente (F).

## Abstract

The Paleo-environmental reconstruction of the coastal sector of Kition Bamboula demonstrates that this area was an open bay that became separated from the Mediterranean sea. The evolution has been basically led by relative sea-level variations, tectonic mobility and variations in sediment supply. Coupled with archeological data, the cores stratigraphy emphasizes six distinct environments of deposition since 3000 years B.P. (A) Around 3000 BP, an open marine embayment is characterized by a calm sedimentation. The influences of external dynamics are mitigated by the presence of a Postdoma reef barrier. This first type of environment was used as a mycenian harbour between XIV-XIIIth centuries BC. (B) Between 2000 BP and 1600 BP, a lagoon is characterized by marine juvenile molluscs dying quickly in this environment that corresponds to a «leaky lagoon». The initial marine embayment was then partially closed by a spit and used as a Phoenician military harbour. (C) After 1600 BP, an hypersaline lagoon with sporadic dessication, formed as the consequence of the almost complete closure of the lagoon which could be due either to tectonic uplift or sedimentary processes. Gypsum was formed by either subaqueous or interstitial crystallisation. Restricted connections with the open sea were discontinuous. Pelagic foraminifera were introduced during occasional marine floodings probably related to storms. (D) A re-opening of the coastal pan converted the sabkha into a brackish lagoon. This lagoon was used by Romans as a port. This re-opening might be linked to relative sea-level rise. (E) Finally, the lagoon was partially closed, transformed in marshland and described by travellers as the ancient harbour. (F) Since British colonization, an artificial filling-up of the coastal plain has transformed the quite steady paludal wetland into an urban complex.

## 3000 ANS DE MODIFICATIONS DES ENVIRONNEMENTS LITTORAUX A KITION BAMBOULA (Larnaca, Chypre, Méditerranée Orientale)



Christophe MORHANGE\*, Jean-Philippe GOIRAN\*, Michel BOURCIER\*\*,  
Pierre CARBONEL\*\*\*, Benjamin KABOUCHE\*, Joël LE CAMPION\*\*,  
André PRONE\*\*\*\*, F. Bryan PYATT\*\*\*\*\*, Jean-Marie ROUCHY\*\*\*\*\*,  
Jean-Christophe SOURISSEAU\*\*\*\*\* et Marguerite YON\*\*\*\*\*

### RÉSUMÉ

Dans le cadre de la fouille archéologique du port de Kition Bamboula à Larnaca, nous avons pu mettre en évidence six phases de modifications littorales depuis 3000 ans. (A) Vers 3000 ans BP, un golfe marin est protégé par des herbiers de posidonies. Il a servi de zone portuaire au Bronze Récent (XIV<sup>ème</sup> et XIII<sup>ème</sup> siècles avant J.-C.). (B) Après 2000 ans BP, l'environnement devient lagunaire. (C) A partir de 1600 ans BP, le milieu correspond à une lagune côtière hypersaline à ennoyage intermittent. Cette ouverture peut s'expliquer par l'obturation d'un grau ou un soulèvement tectonique éventuel du secteur étudié. (D) On assiste ensuite à une réouverture du milieu qui se transforme en lagune en voie de colmatage. (E) Finalement, les marécages côtiers sont bonifiés par l'administration coloniale britannique et le trait de côte est totalement artificialisé, en relation avec la croissance urbaine récente (F).

Mots-clés : Méditerranée Orientale, Chypre, Larnaca, sédimentologie, paléoenvironnement, archéologie, Holocène, littoral.

### ABSTRACT

#### 3000 YEARS OF COASTAL EVOLUTION OF KITION BAMBOULA (Larnaca, Cyprus, Mediterranean sea)

The Paleo-environmental reconstruction of the coastal sector of Kition Bamboula demonstrates that this area was an open bay that became separated from the Mediterranean sea. The evolution has been basically led by relative sea-level variations, tectonic mobility and variations in sediment supply. Coupled with archeological data, the cores stratigraphy emphasizes six distinct environments of deposition since 3000 years B.P. (A) Around 3000 BP, an open marine embayment is characterized by a calm sedimentation. The influences of external dynamics are mitigated by the presence of a *Posidonia* reef barrier. This first type of environment was used as a mycenaean harbour between XIV-XIIIth centuries BC. (B) Between 2000 BP and 1600 BP, a lagoon is characterized by marine juvenile molluscs dying quickly in this environment that corresponds to a «leaky lagoon». The initial marine embayment was then partially closed by a spit and used as a phoenician military harbour. (C) After 1600 BP, an hypersaline lagoon with sporadic dessication, formed as the consequence of the almost complete closure of the lagoon which could be due either to tectonic uplift or sedimentary processes. Gypsum was formed by either subaqueous or interstitial crystallisation. Restricted connections with the open sea were discontinuous. Pelagic foraminifera were introduced during occasional

\*CEREGE, Université de Provence, 29 avenue R. Schuman, 13621 AIX-EN-PROVENCE, France (E Mail : morhange@cerege.fr)

\*\*COM, Station Marine d'Endoume, rue Batterie des Lions, 13007 MARSEILLE, France.

\*\*\*CNRS, Département de géologie et d'océanographie, Université de Bordeaux, avenue des Facultés, 33405 TALENCE, Cedex, France.

\*\*\*\*Laboratoire de chimie de l'environnement, Université de Provence, Saint-Charles, place Victor Hugo, 13001 MARSEILLE, France.

\*\*\*\*\*Department of Life Sciences, Nottingham Trent University, NG11 8NS NOTTINGHAM, England.

\*\*\*\*\*Laboratoire de géologie, Muséum National d'Histoire Naturelle, 43 rue Buffon, 75005 PARIS, France.

\*\*\*\*\*CNRS, Maison Méditerranéenne des Sciences de l'Homme, 5 rue du Château de l'Horloge, 13094 AIX-EN-PROVENCE, France.

\*\*\*\*\*CNRS, Maison de l'Orient Méditerranéen, Institut F. Courby, 7 rue Raulin, 69007 LYON, France.

marine floodings probably related to storms. (D) A re-opening of the coastal pan converted the sabkha into a brackish lagoon. This lagoon was used by Romans as a port. This re-opening might be linked to relative sea-level rise. (E) Finally, the lagoon was partially closed, transformed in marshland and described by travellers as the ancient harbour. (F) Since British colonization, an artificial filling-up of the coastal plain has transformed the quite steady paludal wetland into an urban complex.

**Mots-clés :** Eastern Mediterranean sea, Cyprus, Larnaca, sedimentology, paleoenvironment, geoarcheology, Holocene, coastline.

## 1 - INTRODUCTION

Depuis 1976, une équipe d'archéologues français, dirigée par Marguerite Yon, fouille en collaboration avec le Département des Antiquités et l'Université de Chypre, le site de Bamboula à Kition (fig. 1). Le site de Bamboula, sous l'actuelle ville de Larnaca, se situe à environ 400 mètres en arrière du trait de côte actuel. La colline artificielle de Bamboula est un relief modeste, de moins de 10 mètres d'altitude, qui correspond à l'accumulation de vestiges archéologiques superposés depuis des siècles, évoquant les tells proche-orientaux (Salles, 1993).

Devant la large baie de Larnaca ouverte au sud-est, la bathymétrie augmente régulièrement avec une pente assez forte : on atteint en 1500 mètres la profondeur de 35 mètres et en 2000 mètres la profondeur de 50 mètres (fig. 1). La dérive littorale est orientée NE-SW en surface. En profondeur, ce courant s'inverse. Le marnage est compris entre 25 cm et 40 cm (Heikell, 1993). Les altitudes sont mesurées par rapport au 0 du cadastre, qui correspond au niveau marin moyen actuel, sommet de l'étage infralittoral (Pérès et Picard, 1964).

La région de Larnaca correspond à une plaine littorale en pente douce, dominée par des reliefs modestes culminant entre 300 mètres et 500 mètres d'altitude. Les petits fleuves côtiers, caractérisés par des écoulements intermittents, s'apparentent à des oueds. Ils drainent de modestes bassins-versants installés sur un substrat diversifié comprenant à la fois des terrains crétacés du massif ophiolitique du Troodos et des séries sédimentaires périphériques aux faciès variés (fig. 2 ; Bagnall, 1960).

Les objectifs de cette recherche sont de reconstituer l'histoire des paléo-environnements littoraux depuis environ 3000 ans à proximité immédiate d'établissements humains, de l'âge du Bronze à nos jours.

## 2 - ANALYSE DES CAROTTES

Grâce au Cyprus Geological Survey de Nicosie, nous avons pu effectuer en 1996, neuf carottages sur le site de Bamboula (fig. 1). Nous en avons analysé précisément deux (C VI et C VIII) qui sont significatifs de l'histoire de l'environnement littoral de ce secteur.

### 2.1 - ANALYSE DE LA CAROTTE C VI

Nous pouvons distinguer cinq épisodes sédimentaires différents (fig. 3).

#### 2.1.1 - Unité sédimentaire A (de C VI 1 à C VI 6)

Cette première unité, de 55 cm d'épaisseur, se situe à la base du carottage C VI. Elle est constituée d'une accumulation de fibres et de rhizomes de posidonies non décom-

posés alternant avec des lits de vases sableuses. A la base, le prélèvement C VI 1 a été daté 3015 ± 45 ans BP (Ly 7986, datation sur coquilles marines avec un degré de confiance à ± 1 écart type), soit 1380-1114 ans cal. BC (Stuiver et Reimer, 1993). Au sommet, le prélèvement C VI 6 a été daté 2135 ± 60 ans BP (Ly 7987, sur coquilles marines), soit 352-9 ans cal. BC.

Cette unité s'est déposée en discordance sur le substrat marneux qui est daté par la nanoflore de coccolithophoridés entre 0,9 M et 1,1 M d'années (détermination L. Beaufort, CEREGE).

#### 2.1.1.1 - Analyse granulométrique

Le ballast représente de 1 % à 5 % du poids total à sec de l'échantillon. Il correspond à des coquillages entiers et à des rhizomes de posidonies. A partir de C VI 6, quelques rares tessons non roulés, témoignent d'une présence humaine.

L'analyse granulométrique de la fraction sableuse (de 5 % à 26 % du poids total à sec de l'échantillon) indique une courbe cumulative concave typique des milieux de décantation. Les histogrammes unimodaux présentent un pic à 100 micromètres. L'indice de tri de 1,26 est médiocre et l'indice d'asymétrie (-0,39) correspond à un enrichissement marqué en sables fins (Folk et Ward, 1957).

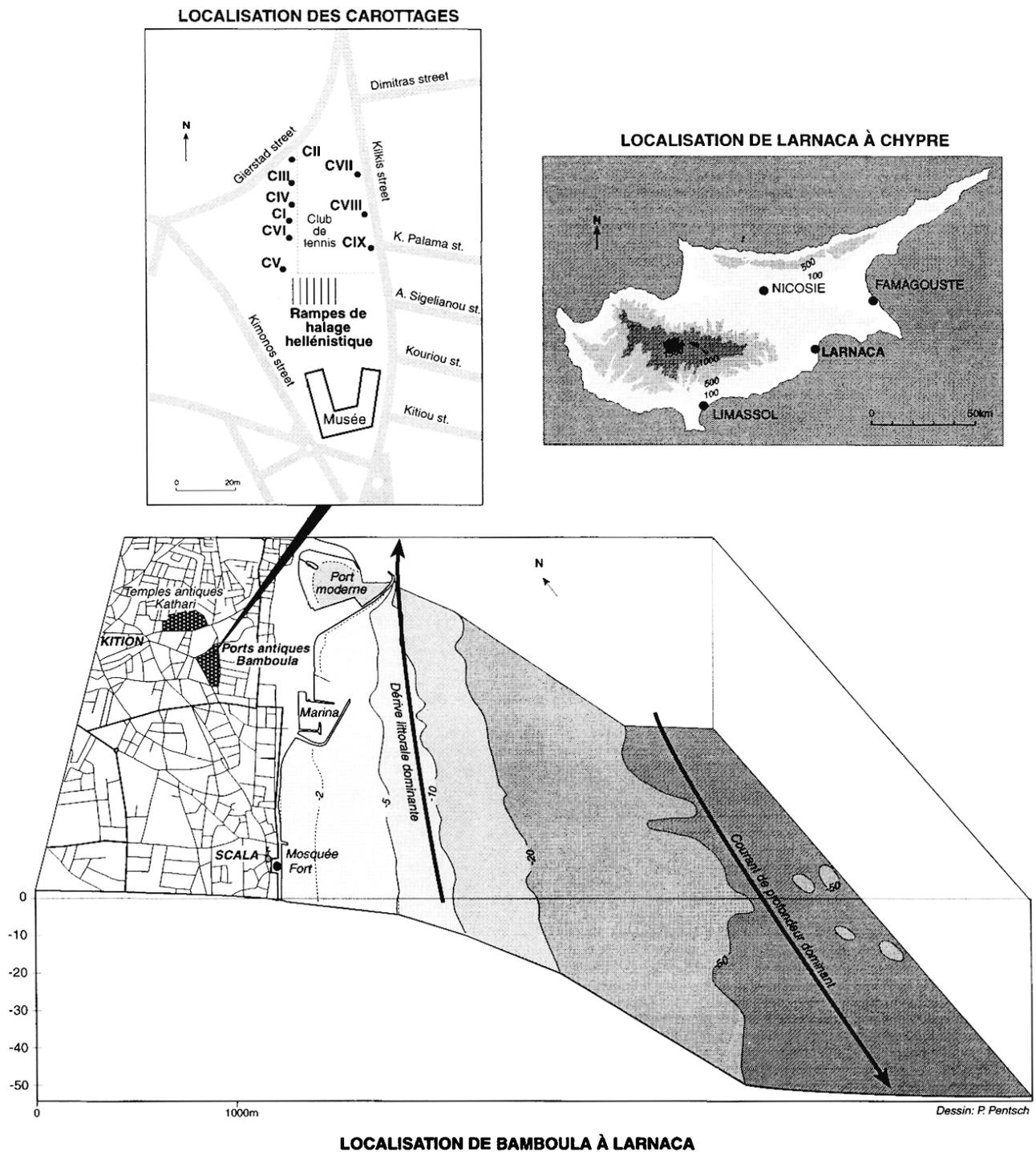
Les limons et argiles prédominent. Ils représentent de 72 % à 94 % du poids total à sec de l'échantillon. L'analyse de cette fraction montre une courbe cumulative linéaire typique des processus de sédimentation en vrac. Les histogrammes ne présentent aucun mode. Le diamètre médian varie de 5 micromètres à 6 micromètres. Cette surreprésentation en micro-particules indique un milieu calme de décantation.

La source de ces sédiments correspond aux affleurements du substrat quaternaire, qui livre la majorité des particules. Les histogrammes de la fraction limono-argileuse du substrat quaternaire et des formations superficielles holocènes susjacentes sont d'ailleurs identiques. Le reste des sédiments sableux est d'origine biodétritique.

#### 2.1.1.2 - Contenu macrofaunistique (tab. 1)

L'analyse de la macrofaune montre un mélange de trois principaux stocks. Des individus majoritaires correspondent à des peuplements des fonds marins infralittoraux vaseux du type des Sables Vaseux de Mode Calme (Pérès et Picard, 1964). Un second groupe, rassemblant surtout des gastéropodes, est lié aux herbiers de posidonies infralittoraux. Un troisième stock est caractéristique de la biocénose Lagunaire Euryhaline et Eurytherme.

Ce mélange de trois stocks indique à la fois des apports de pleine mer et un début de confinement du milieu.



**Fig. 1 : Localisation du site de Kition Bamboula, Larnaca, Chypre. Courbes bathymétriques d'après la carte de l'Amirauté, Larnaca, Hydrographic office, n° 848, 1992. Localisation des carottages effectués.**

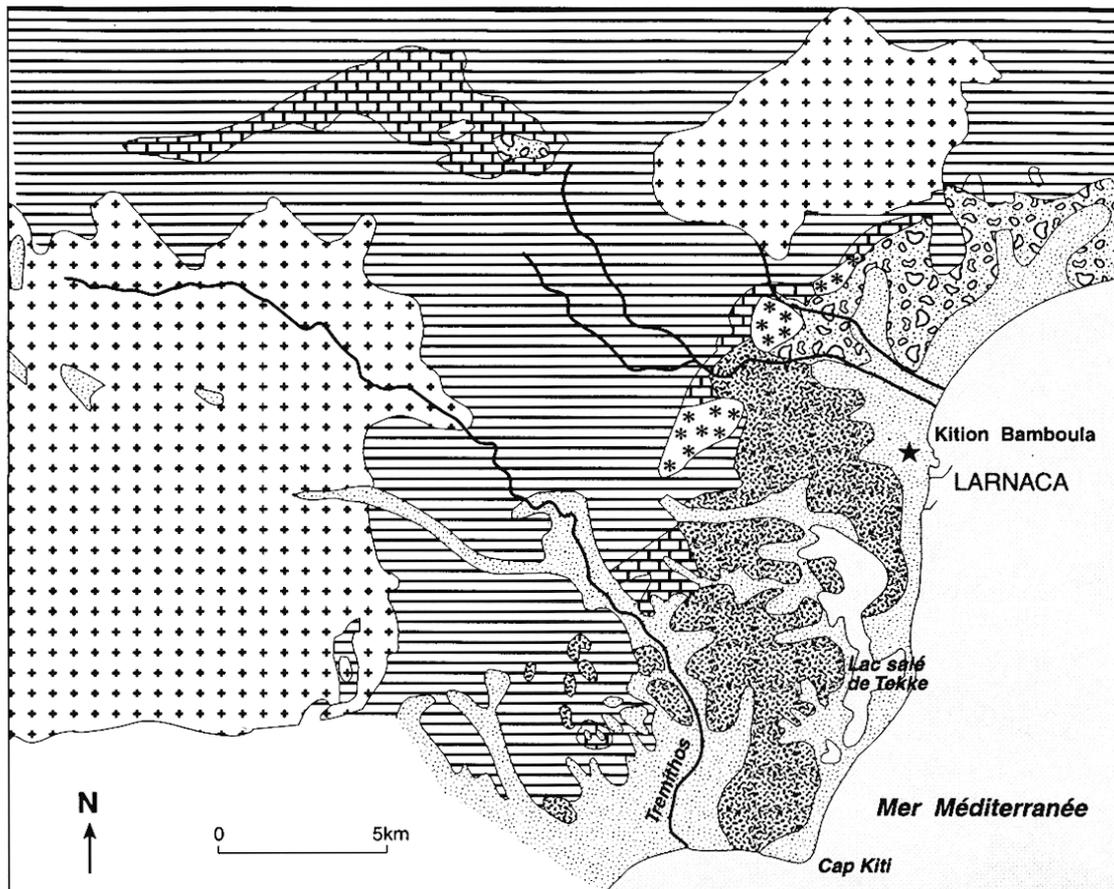
**Fig. 1 : Localisation of Kition Bamboula, Larnaca, Cyprus. Bathymetric contour lines from Admiralty map of Larnaca, Hydrographic office, n° 848, 1992. Localisation of cores.**

### 2.1.1.3 - Analyse de la microfaune (tab. 2)

Les foraminifères benthiques caractérisent les milieux d'herbiers infralittoraux et la vase circalittorale. Entre C VI 1 et C VI 6, le nombre d'individus des milieux paraliques augmente progressivement (*Ammonia beccarii*, forme *tepida*, par exemple). Certains individus présentent des anomalies dans l'agencement des loges du test, en rela-

tion avec des stress écologiques. La richesse spécifique des foraminifères benthiques diminue d'ailleurs de 15 espèces à 3 espèces.

Les foraminifères planctoniques connaissent la même diminution de la diversité spécifique qui passe de 10 espèces à 1 espèce. Le diamètre moyen des tests chute et leur importance relative passe de 65 % à 12 % du nombre total. En outre, le prélèvement C VI 1 est caractérisé par de gros



Source: Geological map of Cyprus, Geological Survey dpt., 1995

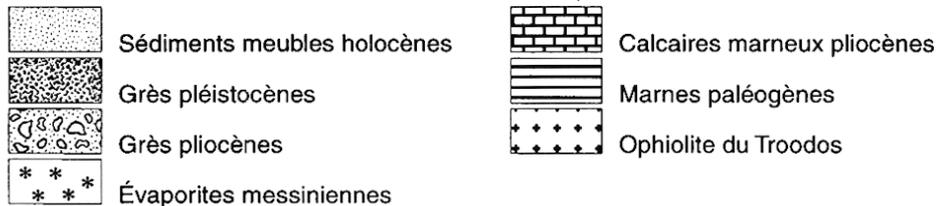


Fig. 2 : Carte géologique simplifiée des environs de Larnaca, Chypre.  
Fig. 2 : Simplified geological map of Larnaca area, Cyprus.

individus adultes, assez nombreux mais plus ou moins brisés. L'échantillon C VI 6 est composé de très petits individus juvéniles.

La diversité spécifique globale des foraminifères s'effondre donc entre les prélèvements VI 1 et VI 6, passant de 25 espèces à 4 espèces, suggérant un confinement progressif du milieu.

#### 2.1.1.4 - Analyse de la matière organique

La couleur gris-foncé (10 YR 6/1 au code Munsell à sec) à noir (10 YR 2/1) est caractéristique des milieux riches en matière organique. Les fibres de posidonies correspondent à la décomposition partielle des feuilles mortes originaires des herbiers infralittoraux proches. Des lits de matière organique fibreuse s'intercalent entre des passées plus vaseuses. Chaque automne, à chaque défeuillaison, les fonds marins étaient recouverts par une couche de fibres et de rhizomes de posidonies, à l'origine de la forma-

tion d'un mille-feuille sédimentaire déposé pendant environ un millénaire.

#### 2.1.1.5 - Analyse exoscopique des quartz (fig. 4 et tab. 3)

Le cortège quartzeux détritique est faiblement représenté, car les quartz proviennent essentiellement du complexe ophiolitique. Ce dernier est en effet très pauvre en quartz hormis les affleurements limités de diorites quartzitiques et de micro-granodiorites. La couverture sédimentaire périphérique est également pauvre en quartz. Il s'agit donc pour l'essentiel de quartz d'origine magmatique et remaniés.

On note de nombreuses précipitations de halite et de silice sur toute la surface des grains. Des figures de frottement et de dissolution orientée indiquent un milieu marin infralittoral. D'anciennes traces de choc de haute énergie ont été polies par le brassage aquatique.

	C VI	C VI	C VI	C VIII	C VIII	Signification écologique
	Unité A	Unité B	Unité D	Unité A	Unité B	
<b>GASTEROPODES</b>						
<i>Abra tenuis</i>	*					Sables vaseux saumâtres
<i>Abra sp.</i>		*				
<i>Arcularia sp.</i>		*				Rhizomes de posidonies
<i>Bittium cf. reticulatum</i>	*	*	*		*	Rhizomes de posidonies
<i>Bittium reticulatum latreilli</i>		*				Rhizomes de posidonies
<i>Cerithium rupestre</i>	*	*			*	Rhizomes de posidonies
<i>Cerithium vulgatum</i>	*	*		*		Sables et rhizomes de posidonies
<i>Cyclope donovani</i>		*			*	Fonds sableux saumâtres
<i>Cyclope neritea</i>		*				Fonds sableux saumâtres
<i>Gibbula nivosa</i>					*	Rhizomes de posidonies
<i>Gibbula cf. phiberti</i>		*				Rhizomes de posidonies
<i>Gibbula racketsi</i>				*		Rhizomes de posidonies
<i>Gibbula varia</i>		*				Rhizomes de posidonies
<i>Haminea navicula</i>	*					Vase infra et circalittorale
<i>Hinia limata</i>		*				Fonds sablo-vaseux
<i>Hinia reticulata</i>		*				Fonds sableux
<i>Hydrobia ventrosa</i>		*	*		*	Fonds sableux saumâtres
<i>Mitra ebenus</i>		*				Fonds sableux saumâtres
<i>Mitrella cf. scripta</i>				*		Rhizomes de posidonies
<i>Nassaricus sp.</i>				*		
<i>Neveritha Josephinia</i>				*	*	Sables fins
<i>Ostrea edulis</i>	*					Substrat dur
<i>Parvicardium sp.</i>		*				
<i>Putilla cf.</i>	*	*		*	*	Infralittoral vaseux
<i>Pirenalla scripta</i>		*		*		Fonds sableux saumâtres
<i>Rissoidea</i>		*	*			
<i>Sphoeronassa mutabilis</i>		*				Sables fins
<b>PELECYPODES</b>						
<i>Cardiidae</i>						
<i>Cerastoderma edule Lamarcki</i>	*				*	Lagune
<i>Cerastoderma glaucum edule</i>	*					Lagune
<i>Cerastoderma glaucum</i>		*				Lagune
<i>Diplodonta rotundata</i>		*				Vases
<i>Loripes lacteus</i>		*				Sables vaseux saumâtres
<i>Macoma tenuis</i>		*			*	Sables vaseux saumâtres
<i>Venerupis aureus</i>	*	*				Sables vaseux
<i>Venerupis rhomboides</i>		*				Sables grossiers
<i>Odostomia sp.</i>		*				
<i>Odostomia conoidea</i>	*	*		*		Infra et circalittoral vaseux
<i>Peringia salinasi</i>		*				Sables sableux saumâtres, non marin
<i>Putilla cf. ambigua</i>	*	*		*		Infralittoral vaseux
<i>Truncatella hammersmithi</i>	*	*				Lagunaire, non marin
<b>RADIOLAIRE</b>						
<i>Sphoerzoum ovodimare</i>	*	*	*		*	Domaine marin
<b>CRUSTACE</b>						
<i>Balanidae</i>	*	*				Substrat dur
Pince de crustacé marcheur			*			
<b>POLYCHETE</b>						
<i>Ditupa arietina</i>			*			Substrat dur
<i>Spirorbidae, Janua sp.</i>	*	*				Substrat dur
<i>Vermiliopsis sp.</i>			*			Substrat dur
<b>VARIA</b>						
Oegrophyles de posidonies	*					Domaine marin
Paracentrotus (?)			*			Domaine marin
Rodophycée calcaire			*			Domaine marin

Tab. 1 : Contenu macrofaunistique des carottes C VI et C VIII, Kitlon Bamboula, Larnaca, Chypre.  
Table 1 : Macrofaunistic content of cores C VI and C VIII, Kitlon Bamboula, Larnaca, Cyprus.

	C VI 1	C VI 2	C VI 4	C VI 6	C VI 7	C VI 8	C VI 10	C VI 11	C VI 12	C VI 13	C VI 14 et 16	C VI 20	C VI 21	CVI 23
<b>BENTHIQUES</b>	<b>35 (15)</b>	<b>10 (3)</b>	<b>7 (3)</b>	<b>14 (3)</b>	<b>33 (13)</b>	<b>24 (4)</b>	<b>16 (8)</b>	<b>23 (14)</b>	<b>11 (7)</b>	<b>2 (2)</b>	<b>31 (12)</b>	<b>41 (15)</b>	<b>30 (10)</b>	<b>52 (10)</b>
<i>Miliolacea</i>	9 (3)	6 (2)	3 (1)	6 (1)	20 (7)	14 (2)	9 (5)	14 (8)		2 (2)	8 (3)	41 (15)	30 (10)	2 (1)
<i>Bulminacea</i>	6 (2)											18 (4)	6 (3)	1 (1)
<i>Dicorbatia</i>	2 (2)				1 (1)	2 (1)	5 (2)	5 (2)	7 (5)	1 (1)	4 (2)	1 (1)	1 (1)	5 (1)
<i>Rotaliacea</i>	12 (4)	4 (1)	3 (1)	6 (1)	9 (3)	8 (1)	2 (1)	2 (2)	3 (1)		10 (4)	4 (2)		33 (2)
<i>Orbitoidea</i>	3 (1)			2 (1)	2 (1)			1 (1)	1 (1)		3 (1)	16 (3)	19 (4)	19 (3)
<i>Cassidulinacea</i>	3 (2)							1 (1)		1 (1)			1 (1)	
<b>PLANCTONIQUES</b>	<b>65 (10)</b>	<b>10 (2)</b>	<b>6 (1)</b>	<b>2 (1)</b>	<b>7 (2)</b>	<b>7 (4)</b>	<b>16 (3)</b>	<b>40 (5)</b>	<b>37 (4)</b>	<b>18 (3)</b>	<b>75 (7)</b>	<b>19 (4)</b>	<b>16 (7)</b>	<b>60 (6)</b>
<i>Orbulina</i>						1 (1)			1 (1)		12 (1)	3 (1)	3 (1)	7 (1)
<i>Globigerina</i>	54 (8)	6 (1)	6 (1)			2 (1)		6 (3)	2 (1)	15 (2)	43 (3)	5 (1)	6 (2)	35 (2)
<i>Globigenoides</i>	11 (2)	3 (1)		2 (1)	7 (2)	2 (1)	16 (3)	8 (1)	4 (2)	3 (1)	20 (3)	8 (1)	6 (3)	12 (2)
<i>Globorotalia</i>						2 (1)		2 (1)				3 (1)	1 (1)	6 (1)
<b>TOTAL</b>	<b>100 (25)</b>	<b>20 (5)</b>	<b>13 (4)</b>	<b>16 (4)</b>	<b>40 (15)</b>	<b>31 (8)</b>	<b>32 (11)</b>	<b>63 (19)</b>	<b>48 (11)</b>	<b>20 (5)</b>	<b>106 (19)</b>	<b>60 (19)</b>	<b>46 (17)</b>	<b>112 (16)</b>
% DE PLANCTONIQUES	65%	50%	46%	12%	17%	23%	50%	63%	77%	90%	71%	32%	35%	54%

**Tab. 2 : Contenu microfaunistique de la carotte C VI, Kition Bamboula, Larnaca, Chypre.**  
*Table 2 : Microfaunistic content of core C VI, Kition Bamboula, Larnaca, Cyprus.*

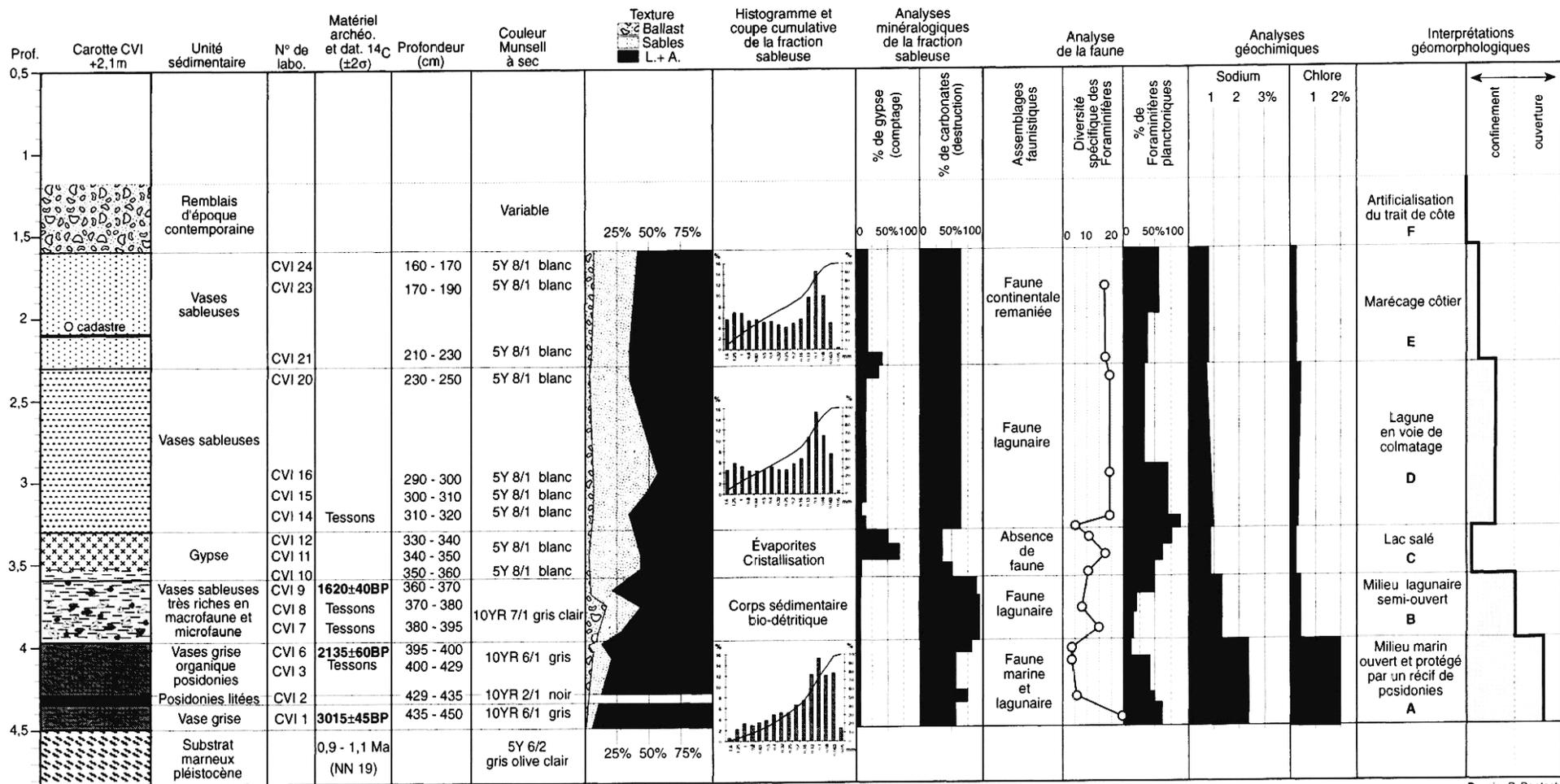
	C VI 1 (SF)	C VI 9 (SF)	C VI 11 (SG)	C VI 11 (SM)	C VI 16 (SF)
<b>ACTIONS MECANQUES</b>					
Cassures conchoïdales anguleuses	*	*			
Cassures conchoïdales émoussées			*		*
V de choc anguleux	*				
V de choc recoupant V ancien	*	*			*
Croissant de choc anguleux					
Croissant de choc très anguleux					*
Croissant de choc poli	*		*		*
Cupule de choc polie	*	*	*	*	
Cupule de choc anguleuse	*				
Cupule de choc très anguleuse		* ?			*
Figures de frottement	*	* ?		*	*
<b>DISSOLUTION</b>					
Décapage sur sommets	*				*
Décapage des dépressions		*		*	
Réseau anastomosé avec globules siliceux	*	*		*	*
Réseau anastomosé sur face plane et sommet	*	*			
Réseau anastomosé dans dépressions				*	*
Figures géométriques sur sommet	*	*			*
Figures géométriques sur face plane				*	
V de choc ancien exploité par dissolution	*	*	*	*	*
Croissant de choc exploité par la dissolution	*	*	*	*	*
Cupule de choc exploitée par la dissolution	*	*	*	*	
Figures de frottement exploitées par dissolution	*	* ?		*	*
<b>NEOGENESE ET PRECIPITATION DE LA SILICE</b>			*		
Globules siliceux omniprésents					
Globules siliceux sur faces planes et dépressions	*	*		*	
Globules siliceux dans dépressions	*	*			*
Globules siliceux en voie de dissolution		*			*
Pellicules siliceuses dans dépressions		*	*		pellicule
Fleurs de Silice en croix dans dépressions					*
Fleurs de Silice dans dépressions	*				
Néogénèse exploitée par des figures de dissolution	*	*			
Néogénèse exploitée par dissolution dans dépressions					*
<b>MICRO-ORGANISMES ET AUTRES DEPOTS</b>					
Bactéries dans dépressions		*			
Halite dans dépressions	**	*			*

**Tab. 3 : Caractères exoscopiques des quartz de la carotte C VI, Kition Bamboula, Larnaca, Chypre.**  
*Table 3 : Exoscopic characteristics of quartz in core C VI, Kition Bamboula, Larnaca, Cyprus.*

### 2.1.2 - Unité sédimentaire B (de C VI 7 à CVI 9)

A partir du prélèvement C VI 7, on assiste à un brutal changement de faciès. On passe d'une vase organique très fœcée à des vases sableuses très riches en faune et en microfaune, sans accumulation de fibres de posidonies.

La base de cette deuxième unité est postérieure à 3015 ± 45 ans BP. Au sommet, le prélèvement C VI 9 a été daté 1620 ± 40 ans BP (Ly 745 (0xA), sur matière organique à l'accélérateur d'Oxford, soit 691-880 ans cal. BC.). Les niveaux C VI 7 et C VI 8 comprennent de nombreux tessons malheureusement trop petits et non déterminables.



Dessin: P. Pentsch

Fig. 3 : Résultats des analyses de la carotte C VI, Kition Bamboula, Larnaca, Chypre.  
Fig. 3 : Core C VI results of analysis, Kition Bamboula, Larnaca, Cyprus.

### 2.1.2.1 - Analyse granulométrique

Cette unité sédimentaire présente une texture originale. Elle est caractérisée par un enrichissement en ballast composé de macrofaune et de tessons non roulés. Il représente entre 4 % et 17 % de la texture totale. La fraction sableuse, entre 17 % et 25 % de la texture totale, comprend presque uniquement de la microfaune. 95 % du poids total de l'échantillon sont d'ailleurs constitués de carbonates. Il s'agit d'une accumulation bio-détritique.

La granulométrie des limons et des argiles (entre 58 % et 78 % de la texture) indique un diamètre médian très faible, de l'ordre de 6,7 micromètres. Cette fraction limono-argileuse caractérise une sédimentation en mode calme.

### 2.1.2.2 - Contenu macrofaunistique (tab. 1)

Un premier stock est composé d'individus marins remaniés provenant de la ceinture d'herbiers infralittoraux et de la biocénose du Détritique Côtier. Les coquilles sont corrodées et de nombreuses espèces sont mortes au stade juvénile. Un second stock, en place, est caractéristique de la biocénose des lagunes.

La faune correspond donc à un peuplement de fonds vaseux lagunaires supportant des dessalures et des sursalures. Les espèces provenant du large, apportées par les courants marins n'ont pas pu se développer normalement dans un milieu aussi différent.

### 2.1.2.3 - Analyse de la microfaune (tab. 2)

La fraction sableuse des échantillons, en particulier C VI 8, contient une majorité d'ostracodes avec de très nombreux individus à valves en connexion. La microfaune est en très bon état de conservation avec peu de remaniements. L'espèce *Cyprideis torosa* représente 98 % d'une faune abondante (50 individus pour 20 g de sédiments). La population est complète avec des adultes et des juvéniles, souvent à test épais et ponctués, évoquant des conditions saisonnières de concentration des eaux. Cette biocénose indique un milieu lagunaire avec sursalures locales dans le temps et dans l'espace. Le reste des ostracodes est constitué d'*Aurila* et d'*Urocythereis*, qui vivent actuellement dans les herbiers infralittoraux.

Les foraminifères benthiques caractérisent aussi les milieux d'herbiers infralittoraux (*Milliolidae*) et la vase circalittorale. On retrouve *Ammonia beccarii*, sous la forme *tepida*, typique des milieux paraliques. Les planctoniques ne représentent que de 18 % (C VI 7) à 23 % (C VI 8) du nombre total de foraminifères, mais en C VI 8, la présence de *Globorotaliidae* est l'indice d'une communication de la lagune avec le large.

### 2.1.2.4 - Analyse exoscopique des quartz (fig. 4 et tab. 3)

Les quartz sont caractérisés par des formes d'érosion typiques de l'étage médiolittoral inférieur, comme des débuts de réseau de dissolution anastomosé dans les dépressions et sur les faces planes. Les cassures conchoïdales sont émoussées et on note surtout la prépondérance de la dissolution sur la précipitation.

### 2.1.3 - Unité sédimentaire C (de C VI 10 à C VI 12)

Cette unité sédimentaire est postérieure à 1620 ± 40 ans BP.

#### 2.1.3.1 - Analyse minéralogique (fig. 5)

Ce niveau est constitué de cristaux de gypse parfois lités. Le gypse apparaît sous la forme de grains isolés, de pseudo-nodules ou de lentilles affectées par des déformations synsédimentaires. La matrice carbonatée, finement cristallisée, est de composition calcitique. Les grains de gypse, dont les tailles varient de 30 micromètres à 3-4 mm de diamètre, ont des morphologies prismatiques ou lenticulaires pour les plus grands et des formes trapues à sub-arrondies pour les plus petits.

Les grains isolés de grande taille présentent des traces d'abrasion et de fragmentation. Ils sont identiques à ceux qui composent les agrégats polycristallins et proviennent donc de leur désagrégation sur place. De nombreux grains sont donc d'origine détritique et ils n'ont subi qu'un transport sur de courtes distances. Ceci permet d'écarter l'hypothèse d'un remaniement de gypse d'âge messinien par érosion à l'amont des bassins versants (fig. 2).

Ce gypse s'est donc formé dans un environnement confiné par précipitation directe dans une lame d'eau pelliculaire, par croissance interstitielle ou lors d'épisodes de dessèchement.

#### 2.1.3.2 - Contenu microfaunistique (tab. 2)

Les sédiments ne contiennent aucune macrofaune. Contrairement aux échantillons azoïques, prélevés dans le lac salé actuel de Tekke au sud de Larnaca, on trouve des petits foraminifères, usés et plus ou moins brisés, ce qui suggère des remaniements. La diversité spécifique est modeste (11 espèces en C VI 10 et C VI 12). Les planctoniques représentent de 50 % (C VI 10) à 77 % (C VI 12) du nombre total de foraminifères. Les tests ne montrent pas de traces d'usure éolienne, ce qui semble indiquer une communication avec la mer au moins temporaire, d'autant plus que l'on note la présence de *Globorotaliidae* en C VI 11.

#### 2.1.3.3 - Analyse exoscopique des quartz (fig. 4 et tab. 3)

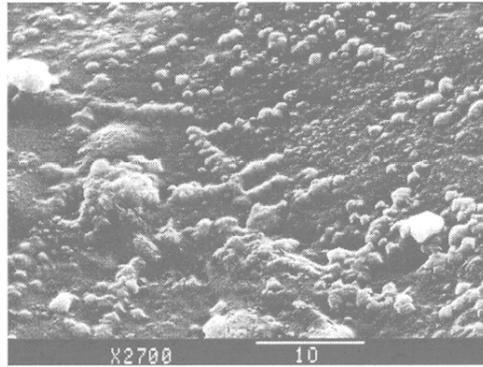
Les quartz présentent encore des caractéristiques morphologiques d'un étage médiolittoral inférieur de moyenne énergie. On distingue en effet des réseaux anastomosés de dissolution. Les cassures conchoïdales sont émoussées. Les anciennes figures de chocs, en forme de V, sont exploitées par de la dissolution marine orientée et emplies de globules de silice.

### 2.1.4 - Unité sédimentaire D (de C VI 13 à C VI 20)

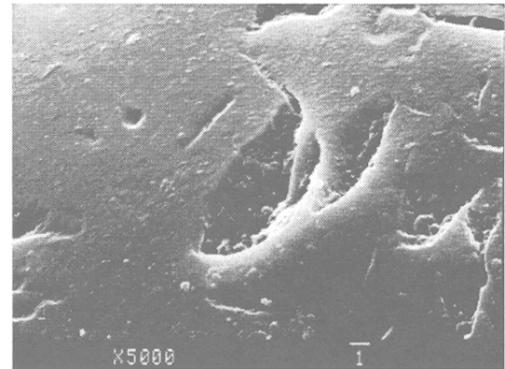
#### 2.1.4.1 - Analyse granulométrique

Le ballast correspond à quelques gastéropodes continentaux vraisemblablement remaniés et à quelques tes-

MÉDIOLITTORAL  
SUPÉRIEUR  
(C VI 16)

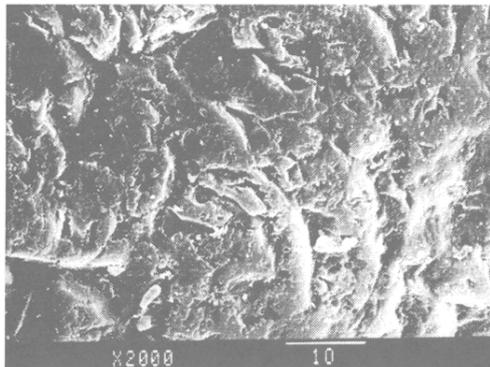


Fleurs de silice en croix et cubes de halite dans une grande cupule de choc polie.

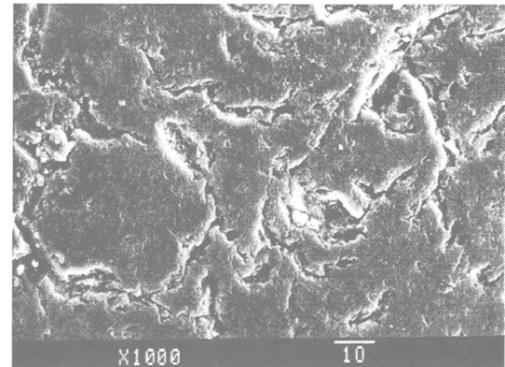


Croissants de choc et traces de frottements découpés par la dissolution marine.  
Grains de silice dans les dépressions.

MÉDIOLITTORAL  
INFÉRIEUR  
(C VI 9, C VI 11)

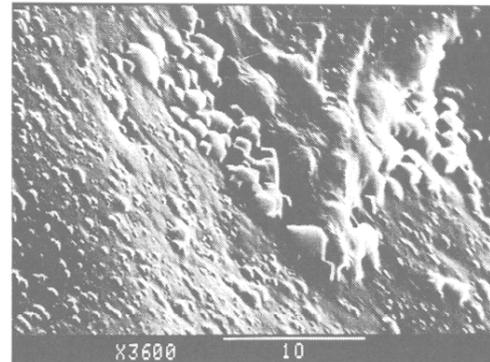


Début de réseau anastomosé par dissolution marine.  
Grains de silice en voie de dissolution.

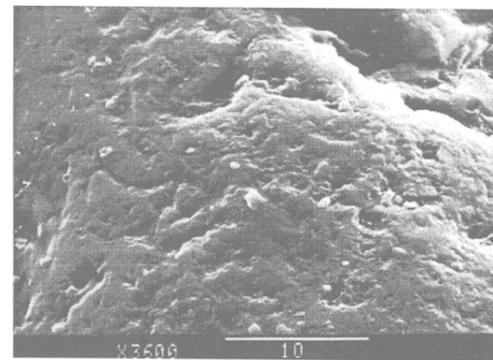


Attaque de la surface du quartz par la dissolution.  
Formation d'un réseau anastomosé.

INFRALITTORAL  
(C VI 1)



Cristaux de halite dans une cassure polie.



Anciennes traces de choc polies par le brassage aquatique.

**Fig. 4 : Exemples de formes d'érosion et de précipitation caractéristiques des quartz de la carotte C VI, Kition Bamboula, Larnaca, Chypre (clichés Prone, Microscope Electronique à Balayage).**

*Fig. 4 : Samples from characteristic forms of erosion observed for the quartz of core C VI, Kition Bamboula, Larnaca, Cyprus (SEM pictures, A. Prone).*

sons non roulés. Il représente de 3 % à 7,5 % du poids total à sec de l'échantillon.

L'analyse de la fraction sableuse (de 30 % à 50 % du poids total à sec de l'échantillon) montre une courbe cumulative quasi-linéaire, caractéristique des dépôts mal triés, en vrac. Les histogrammes présentent toujours un mode à 100 micromètres. L'indice de tri, qui varie de 1,36 à 1,52 est médiocre et l'indice d'asymétrie (de -0,38 à -0,43) correspond à un enrichissement marqué en sables fins, typique des milieux calmes de décantation.

Les limons et argiles représentent de 44 % à 64 % du poids total à sec de l'échantillon. Leur analyse montre une courbe cumulative linéaire et un histogramme sans aucun mode, identique aux analyses des unités sédimentaires

sous-jacentes. Le diamètre médian des limons et argiles est de 7,9 micromètres (C VI 16). La source sédimentaire est donc toujours constituée des affleurements du substrat quaternaire marneux, qui livre la majorité des sédiments fins.

#### 2.1.4.2 - Contenu macrofaunistique (tab. 1)

La faune marine n'est pas très importante et semble remaniée. Deux stocks sont présents. Quelques espèces sont adaptées aux fonds de sables en eau saumâtre et une espèce seulement est caractéristique de la biocénose des herbiers de posidonies.

Illustration non autorisée à la diffusion

**Fig. 5 : Photographies au microscope des agencements minéralogiques au sein de l'unité sédimentaire C, carotte C VI, Kition Bamboula, Larnaca, Chypre (clichés Rouchy).**

**Les photographies 5.1 et 5.2 correspondent à la même zone d'étude. Elles sont prises en lumière normale (5.1) et en lumière polarisée (5.2) à un grossissement de 11. Une passée de gypse est composée d'un agrégat de cristaux de forme lenticulaire dominante. La présence de nombreux cristaux automorphes et maclés caractérisent un sédiment déposé *in situ*, probablement par précipitation dans la lame d'eau. Les cristaux de petite taille proviennent de la dislocation partielle des agrégats et constituent une gypsarénite.**

**Les photographies 5.3 et 5.4 correspondent à une autre zone d'étude. Elles sont prises en lumière normale (5.3) et en lumière polarisée (5.4) à un grossissement de 11. On distingue en 5.3 des agrégats de cristaux lenticulaires. Les petits grains proviennent de leur désagrégation et ils ont subi un déplacement très limité. En 5.4, certaines faces des plus grands cristaux présentent des irrégularités qui pourraient indiquer des processus de dissolution.**

*Fig. 5 : Pictures of mineral organization, sedimentary unit C, core C VI, Kition Bamboula, Larnaca, Cyprus (J.-M. Rouchy).*

*Photographs 5.1 and 5.2 show the same zone of study. They are respectively taken under normal (5.1) and polarized light (5.2), with an enlargement ratio of 11. Gypsum is composed of crystal aggregates of predominant lenticular shape. The presence of numerous automorphous crystals characterizes a *in situ* deposited sediment. The small sized crystals originate from the dislocation of aggregates and constitute a gypsarénite.*

*Photographs 5.3 and 5.4 are from another zone of study. They are respectively taken under normal (5.3) and polarized light (5.4), with an enlargement ratio of 11. One distinguishes aggregates of lenticular crystals in 5.3. The fine grained crystals come from their désagrégation. They have undergone little displacement. In photograph 5.4, one can observe irregularities on some of the largest crystal faces which might be indicative of dissolution processes.*

#### 2.1.4.3 - Analyse de la microfaune (tab. 2)

Les tests des foraminifères benthiques sont blanchâtres, usés et parfois cassés. Les foraminifères sont donc remaniés. Les foraminifères planctoniques, en bien meilleur état de conservation, proviennent du large. La richesse spécifique des planctoniques passe de 90 % à 32 %, du bas en haut de l'unité, exprimant un milieu lagunaire en communication avec la mer, ce que semble confirmer la présence de *Globorotaliidae* en C VI 20.

La microfaune de l'unité D est assez proche de celle de l'unité B. Cependant, la présence d'oogones de characées indique des apports d'eau douce notables.

#### 2.1.4.4 - Exoscopie des quartz (fig. 4 et tab. 3)

Les quartz montrent des figures correspondant à l'étage médiolittoral supérieur, à peu près au niveau de la ligne de rivage. Les dépressions et les traces de frottement ou de broyage sont emplies par des fleurs de silice à forme de croix.

## 2.1.5 - Unité sédimentaire E (de C VI 21 à C VI 24)

### 2.1.5.1 - Analyse granulométrique

Les résultats des analyses granulométriques sont très proches de ceux de l'unité D. Le ballast correspond à des gastéropodes remaniés d'origine continentale ou à des graviers. Il représente de 6 % à 7 % du poids total à sec de l'échantillon.

La courbe cumulative de la fraction sableuse (de 31 % à 32 % du poids total à sec de l'échantillon) est linéaire. Elle caractérise des dépôts en vrac. Les histogrammes bi-modaux présentent un mode à 100 micromètres. L'indice de tri de 1,53 est médiocre et l'indice d'asymétrie de - 0,25 correspond à un enrichissement marqué en sables fins, typique des milieux de décantation. On note cependant un peu plus de sables grossiers, d'origine bio-détritique.

Les limons et argiles représentent de 61 % à 64 % du poids total à sec de l'échantillon. Leur courbe cumulative est linéaire et leur histogramme ne présente pas de mode. Ces résultats sont proches de ceux des unités sédimentaires sous-jacentes. Le diamètre médian des limons et argiles est particulièrement petit. Il varie de 4 micromètres (C VI 21) à 5 micromètres (C VI 23). La source sédimentaire est toujours constituée des produits de l'érosion du substrat quaternaire marneux. Cette remarque est donc valable pour toute la carotte.

### 2.1.5.2 - Analyse de la faune (tab. 1)

Les prélèvements ne contiennent pas de macrofaune marine. La malacofaune continentale est constituée de trois espèces (*Helicellinae* principalement, *Theba pisana* et *Cochlicella acuta*), caractéristiques des milieux littoraux méditerranéens herbacés plutôt secs.

La fraction sableuse comprend de la microfaune remaniée identique à celle de l'unité stratigraphique précédente, définissant un milieu lagunaire en communication épisodique avec la mer.

## 2.1.6 - Analyses géochimiques de la carotte C VI (fig. 4)

Quelques analyses géochimiques de six prélèvements (C VI 5, 8, 11, 16, 20 et 23) permettent de préciser l'évolution paléo-environnementale du site. La méthodologie suivie est celle de Pyatt et Lacy (1988).

Les pourcentages du Sodium et du Chlore montrent une baisse très nette de la base au sommet de la carotte. Cette évolution générale peut refléter des apports d'eau douce qui pouvaient alors mobiliser ces deux éléments. Cette évolution semble indiquer une continentalisation progressive du milieu.

## 2.2 - COMPARAISON AVEC LA CAROTTE C VIII

Les figures 3 et 6 indiquent que les stratigraphies de C VI et C VIII coïncident et présentent toujours cinq unités stratigraphiques homogènes. On retrouve de la base au sommet :

## 2.2.1 - Unité sédimentaire A (de C VIII 1 à C VIII 4)

Cette première unité est caractérisée par une accumulation de posidonies plus épaisse que pour la carotte C VI (58 cm contre 6 cm). Les fibres et les rhizomes de posidonies alternent avec des lits très fins de vases sableuses. Ces sédiments se localisent donc logiquement plus près de l'herbier fossile.

### 2.2.1.1 - Analyse granulométrique laser

Les analyses ont été limitées aux passées vaseuses en C VIII 1 et C VIII 4. L'analyse de la fraction inférieure à 100 micromètres indique une courbe cumulative concave typique des processus de décantation. Les histogrammes présentent un mode marqué entre 20 micromètres et 30 micromètres, différent de celui du substrat entre 6 micromètres et 7 micromètres. Cet enrichissement en particules plus grossières est à mettre en relation avec la présence de débris d'origine biologique et de microfaune.

### 2.2.1.2 - Contenu faunistique (tab. 1) et analyse des ostracodes (fig. 6)

Comme pour la carotte C VI, on note le même mélange de trois stocks de macrofaune. L'assemblage majoritaire correspond à des peuplements des fonds vaseux infralittoraux du type des Sables Vaseux de Mode Calme.

Les ostracodes sont nombreux, de l'ordre de 1000 individus pour 100 g de sédiment brut. L'espèce *Cyprideis torosa* représente 99 % de la diversité spécifique. Quelques *Aurila woodwardii* sont aussi présentes. Ces deux espèces sont adaptées à des herbiers de posidonies en domaine plus ou moins fermé car il y a une quasi monospécificité.

## 2.2.2 - Unité sédimentaire B (C VIII 5)

Comme pour la carotte C VI, un changement brutal de faciès intervient. Le sédiment est caractérisé par des vases sableuses très riches en macrofaune, correspondant au ballast, et en microfaune, correspondant à la fraction sableuse. Il n'y a plus d'accumulation de posidonies.

La macrofaune (tab. 3) est caractérisée par un premier stock d'individus remaniés provenant des herbiers infralittoraux et de la biocénose du Détritique Côtier. Les coquilles sont corrodées et de nombreuses espèces sont mortes au stade juvénile. Ces espèces provenant du large n'ont pas pu se développer normalement dans un milieu confiné. En effet, un second stock en place est caractéristique de la biocénose des lagunes.

La fraction sableuse des échantillons contient un très grand nombre d'ostracodes (fig. 6), environ 10.000 individus pour 100 g de prélèvement brut. La population de *Cyprideis torosa* est complète avec des adultes et des juvéniles, indiquant un milieu lagunaire plus confiné que précédemment. Le reste des ostracodes est constitué d'espèces, comme *Aurila woodwardii* caractéristiques des herbiers infralittoraux, et de quelques espèces appartenant au genre *Cyprinotus*, pouvant indiquer des phases de



sursalures saisonnières. On distingue aussi quelques formes marines empâtées par du sédiment et donc remaniées.

### 2.2.3 - Unité sédimentaire C (de C VIII 6 à CVIII 8)

Cette troisième unité, constituée de cristaux de gypse parfois lités, est épaisse (plus de 50 cm pour C VIII contre 20 cm en C VI). L'augmentation d'épaisseur de la couche de gypse, des marges (carotte C VI) en direction du centre de la sebkha (carotte C VIII) est l'indice d'une précipitation sous-aquatique dominante du gypse.

Les sédiments ne contiennent aucune macrofaune. La microfaune d'ostracodes ne change pas fondamentalement entre les unités B et C (fig. 6). On retrouve toujours un nombre assez important d'ostracodes (environ 1500 individus pour 100 g de sédiment brut) et deux espèces prédominantes compatibles avec un milieu sursalé, *Cyprideis torosa* pour 94 % et *Aurila woodwardii* pour 6 % des ostracodes présents.

### 2.2.4 - Unité sédimentaire D (prélèvements C VIII 9 et CVIII 10)

#### 2.2.4.1 - Analyse granulométrique laser

L'analyse de la fraction inférieure à 100 micromètres indique une courbe cumulative concave de décantation. Les histogrammes présentent un mode marqué entre 5 micromètres et 8 micromètres, identique à celui du substrat, qui constitue donc toujours la principale source sédimentaire. La fraction sableuse est constituée de microfaune.

#### 2.2.4.2 - Analyse des ostracodes (fig. 6)

La microfaune d'ostracodes de l'unité D est assez proche de celle de l'unité précédente (70 % de *Cyprideis torosa* et 11 % d'*Aurila woodwardii*). Cependant, on note une chute des effectifs (environ 30 individus pour 100 g de sédiment brut). Les formes marines phytiales, qui proviennent de remaniements, représentent 19 % de la richesse spécifique. Elles peuvent indiquer une communication épisodique avec le large.

La présence de nombreux charophytes est significatif d'apports d'eau douce. Le paléo-environnement étudié subit à la fois deux influences externes, fluviale et marine.

### 2.2.5 - Unité sédimentaire E (de CVIII 11 à CVIII 14)

#### 2.2.5.1 - Analyse granulométrique laser

L'analyse des échantillons C VIII 12 et 13 indique une courbe cumulative concave typique des processus de décantation. Les histogrammes présentent un mode marqué entre 4 micromètres et 6 micromètres pour C VIII 12 et 6 micromètres et 7 micromètres pour C VIII 13. Ces modes sont analogues à celui du substrat quaternaire, avec un enrichissement secondaire en particules de très petites tailles.

#### 2.2.5.2 - Analyse des ostracodes (fig. 6)

Les ostracodes sont toujours peu nombreux, de l'ordre de 60 individus pour 100 g de sédiment brut. La diversité spécifique est en revanche très différente, les espèces dulcaquicoles représentant 40 % de la diversité spécifique. L'espèce *Cyprideis torosa* ne compte plus que pour 4 % et les *Aurila woodwardii* sont absentes. Les *urocythereis*, adaptées aux herbiers de posidonies, représentent 9 % et les formes phytiales marines remaniées 47 %. On note encore la présence de nombreux charophytes.

Le milieu subit donc un apport d'eau douce de plus en plus marqué et des apports de microfaune marine sous la forme de remaniements à mettre en relation avec des épisodes de tempêtes ou d'érosion de corps sédimentaires marins fossiles.

## 3 - INTERPRÉTATION DES UNITÉS SÉDIMENTAIRES (fig. 7)

### 3.1 - UNITÉ SÉDIMENTAIRE A : UN MILIEU MARIN CALME

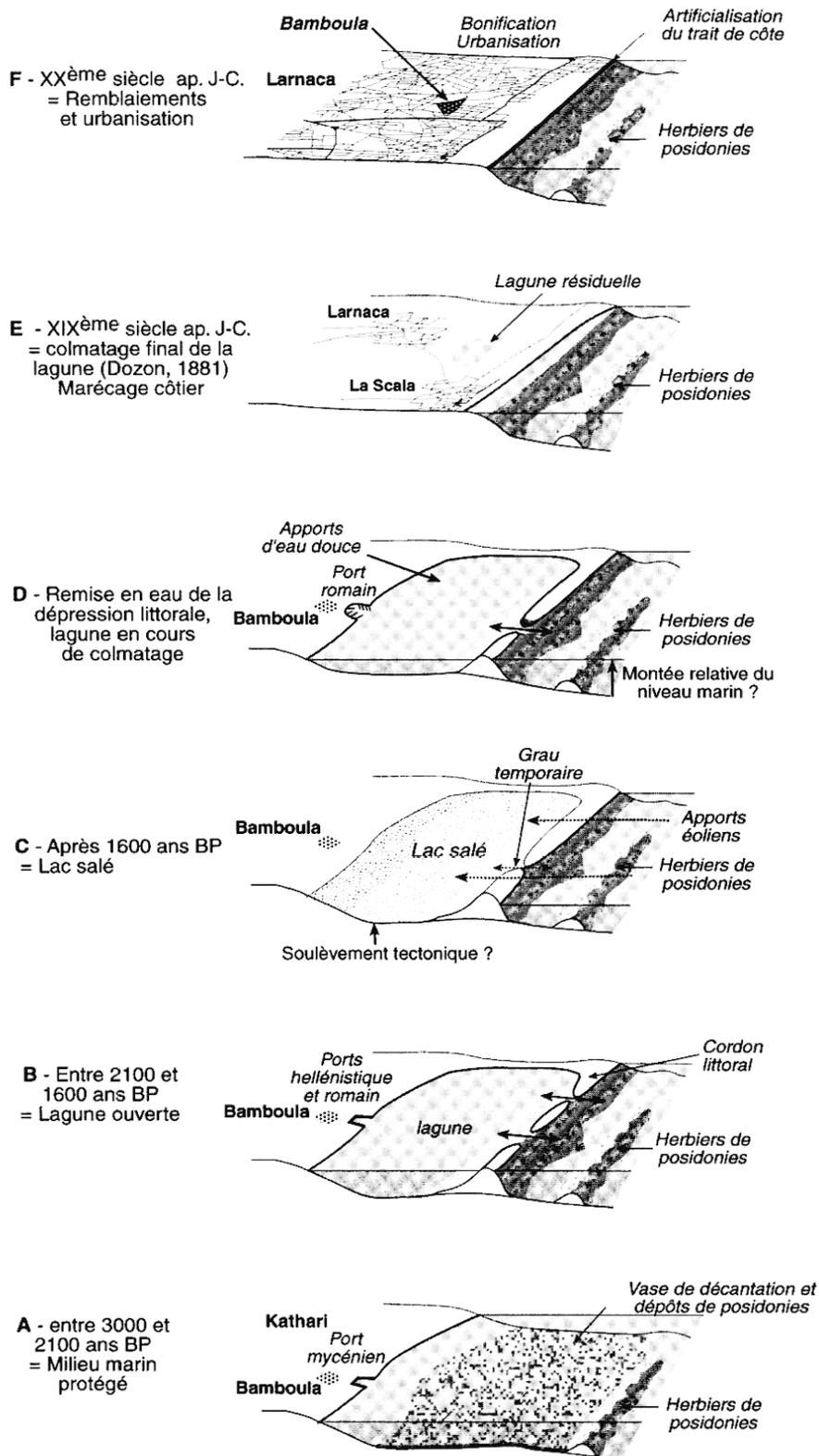
Entre 3000 ans BP et 2100 ans BP, le milieu de sédimentation est marin. Il s'agit d'un corps sédimentaire transgressif accompagnant la montée holocène du niveau de la mer. Cet environnement, calme et protégé, piège les sédiments les plus fins et les fibres de posidonies. Il correspond à une zone de décantation localisée derrière un herbier.

La présence de posidonies dans les stratigraphies est interprétée comme une influence directe du domaine marin à proximité des graus (Thornton *et al.*, 1980 ; Diaz del Rio, 1993 ; Pacheco *et al.*, 1996). Sous la forme de mattes ou d'un récif-barrière, l'herbier devait jouer un rôle majeur dans le fonctionnement morpho-sédimentaire du littoral par amortissement des houles, piégeage des particules fines et protection du littoral, à l'image du récif barrière actuel de Port-Cros en Méditerranée française.

Les données de la faune et de la microfaune suggèrent déjà un début de confinement. Il peut s'agir d'une première étape dans le confinement progressif du milieu marin, au sens des premiers degrés de l'échelle de confinement du domaine paralytique (Guelorget et Perthuisot, 1983). Cette zone n'est cependant qu'une continuation du domaine marin et les relations hydrologiques avec le large sont permanentes. Le milieu est donc à la fois ouvert et protégé, correspondant au fond de la baie de Larnaca en voie de régularisation derrière un herbier de posidonies.

### 3.2 - UNITÉ SÉDIMENTAIRE B : UNE LAGUNE

Entre 2100 et 1600 ans BP, l'environnement est à la fois caractéristique d'un littoral ouvert vers la haute mer (apports de coquilles des étages infralittoral et circalittoral, remaniements de foraminifères pélagiques) et relativement abrité (faune lagunaire associée à de la vase de décantation). L'absence de posidonies dans les sédiments peut s'expliquer par la présence d'un obstacle comme un cordon littoral isolant la lagune de la pleine mer. Elle révèle un confinement plus marqué que pour l'unité stratigraphique précédente.



**Fig. 7 : Evolution paléo-environnementale du secteur de Larnaca (Chypre) depuis 3000 ans.**  
*Fig. 7 : 3000 years of paleo-environmental evolution of Larnaca area (Cyprus).*

On peut donc reconstituer une lagune côtière communiquant avec le large par un ou plusieurs graus. Les relations hydrologiques avec la pleine mer sont possibles et le milieu est semi-ouvert. Il peut s'agir d'une lagune du type «leaky lagoon», en relation permanente avec le large (Kjerfve, 1986).

### 3.3 - UNITÉ SÉDIMENTAIRE C : UNE SEBKHA

Après 1600 ans BP, les indicateurs décrivent un milieu radicalement différent des précédents. Le bilan hydrologique est déficitaire et l'environnement est celui d'une sebkha côtière, lagune côtière hypersaline soumise sporadiquement à des dessiccations. Le paysage correspond à un lac salé, caractérisé par des efflorescences salines en période sèche et inondable épisodiquement. Les eaux peuvent être apportées par les pluies, les crues des petits fleuves côtiers ou la mer, lors de tempêtes, qui pénètre par des graus temporaires ou par percolation à travers le cordon littoral. Dans ce type de milieu, à faible tranche d'eau intermittente, les apports d'eau continentale peuvent avoir un rôle important, comme c'est le cas pour le lac salé actuel de Tekké.

Ce milieu correspond à un «choked lagoon» (Kjerfve, 1986) ou lagune très confinée. On est passé du stade de la fermeture à celui du quasi-isolément (Bidet *et al.*, 1982). Le paysage devait être assez proche de celui du lac salé de Tekké, de la sebkha El Melah en Tunisie, ancienne lagune côtière communiquant épisodiquement avec la mer (Perthuisot, 1974) ou des lagunes hypersalées de Sicile Sud-Orientale (Dongarrà *et al.*, 1985). Les communications hydrologiques avec la mer ouverte ne sont qu'épisodiques, principalement lors de tempêtes, ce que reflètent les apports notables de foraminifères pélagiques majoritairement non usés. Le vent a cependant pu jouer un rôle d'agent de transport mineur car quelques tests présentent une surface picotée.

### 3.4 - UNITÉ SÉDIMENTAIRE D : UNE LAGUNE EN VOIE DE COLMATAGE

On observe ensuite une inversion de la tendance évolutive précédente. En effet, le milieu devient moins confiné. La sebkha côtière est partiellement remise en eau de mer. Les sédiments caractérisent, comme pour l'unité B, un milieu lagunaire cependant plus colmaté. Les relations hydrologiques avec la pleine mer restent limitées. L'apport d'eau douce évoque une lagune avec d'importantes variations de salinité au cours de l'année comme des sursalures estivales et des dessalures en dehors de la saison chaude.

### 3.5 - UNITÉ SÉDIMENTAIRE E : UN COMPLEMENT NATUREL D'UN MARÉCAGE CÔTIER

La séquence évolutive aboutit logiquement au stade ultime de colmatage naturel de la lagune de Bamboula, avec une profondeur d'eau de plus en plus réduite. La conjugaison des divers processus de sédimentation conduit à un exhaussement des fonds. Ce milieu peut correspondre à une plage immergée proche de la ligne de rivage d'un

marécage côtier. Les influences continentales sont maximales avec la présence d'ostracodes d'eau douce, de nombreux charophytes et des gastéropodes d'origine continentale.

### 3.6 - UNITÉ SÉDIMENTAIRE F : UNE ARTIFICIALISATION DU RIVAGE DE PLUS EN PLUS MARQUÉE

Au-dessus de l'unité sédimentaire E, on trouve des remblais hétérométriques composés principalement de matériaux d'époque contemporaine, résultat des travaux de comblement des zones de marécages par l'administration coloniale britannique au XIX<sup>ème</sup> siècle.

## 4 - DISCUSSION

Cette évolution paléo-environnementale du secteur de Kition Bamboula est à la fois banale et originale. Elle est banale car la tendance générale, comme pour la majorité des lagunes méditerranéennes, aboutit à un colmatage et à la régularisation du trait de côte. Elle est originale car cette évolution se fait dans un cadre précocement peuplé et aménagé par l'Homme depuis l'époque mycénienne (Karageorghis, 1976).

L'épisode de fermeture de la lagune et sa transformation en sebkha (épisode C) sont particulièrement originaux. Cette métamorphose vient perturber l'évolution générale de la côte en accélérant temporairement sa régularisation. Pour interpréter l'isolement de la lagune, postérieure à 1620 ans BP, on peut évoquer deux hypothèses concordantes : l'une, sédimentologique avec la régularisation du rivage et la fermeture du grau en relation avec un budget sédimentaire positif ; l'autre, tectonique avec le soulèvement de ce secteur côtier et du cordon littoral.

### 4.1 - MOBILITÉ TECTONIQUE ET VARIATION RELATIVE DU NIVEAU DE LA MER

La fouille archéologique, à quelques mètres de la carotte C VI, a révélé sous les rampes de halage du port hellénistique et à la base des stratigraphies la présence d'une couche de vase de décantation portuaire d'époque mycénienne. Elle contient beaucoup de céramiques attribuables au Bronze récent, datées vers le XIII<sup>ème</sup> siècle avant J.-C. La limite supérieure de cette couche de vase de décantation marine culmine anormalement à + 40 cm au-dessus du 0 marin, c'est-à-dire 2 m environ au-dessus du niveau marin attendu pour l'époque (Pirazzoli, 1991).

Dalongeville a d'ailleurs déjà observé un tel phénomène dans ce secteur en trouvant des niveaux marins surélevés au sud-ouest et au nord-est de Larnaca, datés 4830 ± 50 ans BP vers + 2 m et 865 ± 45 ans BP vers + 1 m (Christou, 1994). De plus, Sanlaville avait noté la présence, sur le site de Bamboula, de sédiments marins, datés 2290 ± 75 ans BP, à + 1 m (Papageorghiou, 1991).

Nos résultats ne confirment donc pas les travaux de Gifford (1980) qui décrivent une montée relative du niveau marin régulière et toujours inférieure au niveau actuel, bien que cet auteur admette ensuite, à titre d'hypothèse, «a

slight uplift of the coast» (Gifford, 1985). Ces données suggèrent une série de soulèvements tectoniques récents au front de l'arc taurique (Bousquet et Pécoux, 1980).

Ces résultats obtenus sur un secteur limité de la côte sud-est de l'île de Chypre sont différents des soulèvements mesurés sur la côte nord (Nicolaou et Flinder, 1976 ; Flemming, 1978 ; Dreghorn, 1981). Ceci laisse supposer qu'une grande partie de l'île de Chypre a été affectée par des mouvements tectoniques importants, d'amplitude et de directions différentes, à l'Holocène (Pirazzoli, 1986 ; Pirazzoli *et al.*, 1996).

#### 4.2 - IMPACTS PALÉOGÉOGRAPHIQUES

Ces modifications ont eu un impact sur la mobilité latérale de la ligne de rivage de la baie de Larnaca et sur l'utilisation des bassins portuaires antiques de Kition. Associés à des apports détritiques importants du Trémithos, redistribués par une puissante dérive littorale, les soulèvements tectoniques ont contribué à accélérer la régularisation de la côte en un court laps de temps d'environ 2000 ans.

De plus, la remise temporaire en eau marine de la sebkha (épisode D) peut aussi refléter une mobilité tectonique pas forcément unidirectionnelle. De même, les sociétés antiques ont très bien pu aménager et entretenir un chenal d'accès à la lagune. Enfin, il est évident que le budget sédimentaire du littoral a varié au cours de l'Holocène récent, sous l'impulsion de crises climatiques et de déséquilibres d'origine anthropique.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il nous est impossible d'estimer la part de ces trois agents dans la morphogénèse littorale. L'étude préliminaire de l'évolution paléo-environnementale de ce site portuaire antique pose donc de multiples questions. Dans un premier temps, il s'agit de préciser la localisation du cordon littoral qui a isolé la lagune du fond de baie à partir de 2100 ans BP (épisode B). Gifford (1985) a décrit des galets dans des carottages effectués légèrement plus à l'ouest du site de Bamboula, qui pourraient correspondre à un cordon littoral partiellement grésifié. Il s'agira ensuite de relier cette mobilité des paysages littoraux de Kition Bamboula à une histoire du détritisme régional de la côte sud de l'île de Chypre.

#### REMERCIEMENTS

Cette recherche, développée dans le cadre des fouilles archéologiques de Kition Bamboula, est une contribution au programme de recherches du PICG 367 (Late Quaternary coastal records of rapid change). L'équipe remercie la Direction des Antiquités de la République de Chypre, sous la direction de Monsieur D. Christou, ainsi que Monsieur A. Savva, Directeur du district archéologique de Larnaca. Les carottages ont été effectués en 1996 par le Geological Department de Nicosie, sous la direction de Monsieur G. Constantinou, assistés de G. Petrides et E. Kyriacou. Les auteurs remercient les deux lecteurs de la revue pour leurs critiques et leurs remarques constructives.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BAGNALL, P.S., 1960 - *The geology and mineral resources of the Pano Lefkara-Larnaca area*. Geological Survey Department, Mémoire n°5, 1-116, 2 cartes.
- BIDET, J.-C., CARRUESCO, C. et KLINGEBIEL, A., 1982 - *L'approche géologique des environnements lagunaires*. Centre International pour la Formation et les Echanges Géologiques, Paris, 1-110.
- BOUSQUET, B. et PECHOUX, P.-Y., 1980 - Niveaux marins et tectonique au front de l'arc taurique (Chypre), Actes du Colloque «Niveaux marins et tectonique dans l'aire méditerranéenne». 29/11/1980, Paris, CNRS, 39-48.
- CHRISTOU, D., 1994 - Chronique des fouilles et découvertes archéologiques à Chypre en 1993. *Bulletin de Correspondance Hellénique*, 118, II, 672-677.
- DAZ DEL RIO, V., 1993 - *Estudio geoambiental del Mar Menor*. Monogr. Inst. Esp. Oceanogr., 4, 1-223.
- DONGARRA, G., AZZARO, E., BELLANCA, A., MACALUSO, A., PARELLO, F., et BADALAMENTI, F., 1985 - Caratteristiche geochimiche di alcuni laghi ipersalini della Sicilia Sud-Orientale. *Rendiconti delle Società Italiana di Mineralogia et Petrologia*, 40, 317-332.
- DOZON, A., 1881 - *Plan de la région de Larnaca*, Corpus des Inscriptions Sémitiques, 1, 35.
- DREGHORN, W., 1981 - Recent uplift in northern Cyprus. *Geol. Mijnb.*, 60, 281-284.
- FLEMMING, N. C., 1978 - Holocene eustatic changes and coastal tectonics in the northeast Mediterranean : implications for model of crustal consumption. *Phil. Trans. R. Soc. London*, A, 289, 1362, 405-458.
- FOLK, R.L., et WARD, W.C., 1957 - Brazos river bar : a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 1, 3-26.
- GIFFORD, J.A., 1980 - Paleogeography and archeological sites of the Larnaca lowlands, Southeastern Cyprus. *Nivmer*, 5, 6-7.
- GIFFORD, J.A., 1985 - Post-Bronze age coastal change in the vicinity of Kition. in Karageorghis, V. et Demas, M. ed., *Excavations at Kition, V, The pre-phoenician levels*, I, 375-387.
- GUELORGET, O. et PERTHUISOT, J.-P., 1983 - Le domaine paraliq, expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement. *Travaux du Laboratoire de Géologie de l'ENS*, 16, 1-137.
- HEIKELL, R., 1993 - *Turkish Waters Pilot, a yatchman's guide to the Aegean and Mediterranean coasts of Turkey with the island of Cyprus*. London, 1-308.
- KARAGEORGHIS, V., 1976 - Kition, Mycenaen and Phoenician discoveries in Cyprus. Thames and Hudson, London, 1-184.
- KJERFVE, B., 1986 - Comparative oceanography of coastal lagoons. In *Estuarine variability*, Wolfe, D. A., ed., Academic Press, Orlando, 63-81.
- NICOLAOU, K. et FLINDER, A., 1976 - Ancient fish-tanks at Lapithos, Cyprus. *Intern. J. Naut. Archeol. Underw. Expl.*, 5, 2, 133-141.
- PACHECO, P., PONS, G.X., SINTES, E. et FORNOS, J.J., 1996 - Geomorphology and biosedimentological characterization of a lagoon system in a microtidal western Mediterranean embayment (Albufetra de Pollença, Balearic Islands). *Zeitschrift für Geomorphologie. N. F.*, 40, 1, 117-130.
- PAPAGEORGHIOU, A., 1991 - Chronique des fouilles à Chypre en 1990. *Bulletin de Correspondance Hellénique*, 115, II, 789-833.
- PERES, 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, 1-137.

- PERTHUISOT, J.-P., 1974** - Les dépôts salins de la sebkha El Melah de Zarzis : conditions et modalités de la sédimentation évaporitique. *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique*, 16, 2, 177-188.
- PIRAZZOLI, P.A., 1986** - The early Byzantine Tectonic Paroxysm. *Zeitschrift für Geomorphologie. N. F.*, 62, 31-49.
- PIRAZZOLI, P.A., 1991** - *World atlas of holocene sea-level changes*. Elsevier, Oceanography Series, 58, 1-300.
- PIRAZZOLI, P.A., LABOREL, J. et STIROS, S., 1996** - Earthquake clustering in the Eastern Mediterranean during historical times. *Journal of Geophysical Research*, 10, B3, 6083-6097.
- PYATT, F.B. et LACY, D., 1988** - An appraisal of atmospheric pollution by aluminium fumes emanating from smelter works in western Norway. *Environment International*, 14, 407-416.
- SALLES, J.-F., 1993** - Histoire de la Bamboula, recherches et travaux 1845-1976, in *Les niveaux hellénistiques. Kition-Bamboula IV*, Salles, J.-F. ed., 17-46.
- STUIVER, M. et REIMER, P.J., 1993** - Extended 14C data base and revised calib3.0, 14C Age calibration program 1993. *Radiocarbon*, 35, 1, 215-230.
- THORNTON, S.E., PILKEY, O.H., DOYLE, L.J. et WHALING, P.J., 1980** - Holocene evolution of a coastal lagoon, lake of Tunis, Tunisia. *Sedimentology*, 27, 79-91.