

# Byblos maritime: une installation portuaire au piémont sud de la ville antique

MARTINE FRANCIS-ALLOUCHE et NICOLAS GRIMAL

avec les contributions de JEANINE ABDUL MASSIH, TOMASZ HERBICH, NICOLAS CARAYON, GEORGE PAPTAEODOROU, MARIA GERAGA, NIKOLAOS GEORGIU, DIMITRIOS CHRISTODOULOU, VIVIEN MATHÉ et ADRIEN CAMUS.

*De nombreuses sources iconographiques et textuelles décrivent le commerce naval antique, les navires, le type de marchandises exportées, l'exploitation des ressources forestières de l'arrière-pays de Byblos et leur exportation, notamment vers le Delta égyptien; elles attestent de l'existence d'une installation portuaire marchande à proximité de l'acropole antique de la ville de Byblos, dont l'emplacement tant recherché était inconnu à ce jour. Au terme de dix-sept ans de recherches côtière et maritime menées par de nombreux chercheurs, le port antique de Byblos a enfin été localisé: en 2011, un projet de recherche intitulé «Byblos et la mer» a été lancé, à ce jour, sept missions d'investigations géo-archéologiques ont témoigné de l'existence d'un bassin enfoui au piémont sud de la ville antique.*

## I. Cadre de l'étude

### I.1. Aperçu historique de la recherche à Byblos

Les investigations archéologiques d'avant-guerre entreprises sur ce site, d'occupation millénaire, ont été réservées essentiellement à la fouille terrestre, malgré l'importance du commerce maritime giblite, dont témoigne un grand nombre de sources anciennes dès la fin du troisième millénaire av. J.-C.<sup>1 2 3</sup>.

Car, mis à part les quelques observations dans la zone côtière de Byblos, qui remontent au temps des premières découvertes archéologiques de la Mission de Phénicie, dirigée par Ernest Renan en 1860, ainsi que les clichés aériens pris du port médiéval dans les

années 1930 par le pilote et pionnier de l'archéologie aérienne, le Père Antoine Poidebard, seule la ville antique *intra muros* avait fait l'objet d'investigations archéologiques: suite aux explorations de Renan, Pierre Montet fouille le site antique dès les années 1920, suivi par Maurice Dunand qui entreprend, à partir des années 1930, le dégagement quasi exhaustif du site, jusqu'à la veille de la guerre civile du Liban en 1975. Le secteur maritime de Byblos, — première raison d'être de cette ville à vocation maritime —, reste alors méconnu des chercheurs.

Cette mise à l'écart du secteur maritime de la ville antique peut être expliquée par diverses raisons. En premier lieu, la discipline de l'archéologie sous-marine est encore à ses débuts au moment où la situation politique du Liban commence à se

dégrader; elle ne prend forme ailleurs, en France, pionnière dans le domaine, qu'à partir des années 1960-70. La recherche archéologique, — et à plus forte raison sous-marine —, n'est pas alors une priorité au Liban.

Au sortir de la guerre civile libanaise, trois autres phénomènes expliquent le manque d'intérêt pour le patrimoine immergé: en premier lieu, vient la sauvegarde d'un patrimoine terrestre qui doit faire face à la menace d'un pays en reconstruction; en second, le manque cruel de spécialistes en archéologie sous-marine, le Liban accusant un retard de plus de trente ans dans ce domaine; troisièmement, faute d'une conscience collective, le développement anarchique de l'urbanisme le long de la côte libanaise a fortement contribué à la destruction du patrimoine côtier, émergé et sous-marin.

Ce n'est qu'à la fin des années 1990, que l'intérêt des chercheurs locaux et internationaux a été éveillé sur la recherche maritime au Liban. À Byblos, la britannique, Honor Frost, figure pionnière de l'archéologie sous-marine en Méditerranée de l'est depuis les années 1950-60, a entrepris des travaux de prospections côtière et sous-marine de 1998 à 2010 pour localiser le port antique de la ville.

Depuis 2011, la chaire d'égyptologie du Collège de France a lancé un projet de recherche pluriannuel, intitulé «Byblos et la mer» dans ce même secteur de la ville de Byblos, sous la direction jointe de Nicolas Grimal (\*) et Martine Francis-Allouche (\*). Cette reprise de dossier fait suite au programme d'investigations entrepris par H. Frost, à la recherche du port antique de la ville. Depuis, le secteur maritime de Byblos a fait l'objet de plusieurs observations et opérations archéologiques et géo-archéologiques. Ce travail a été nécessaire pour pouvoir reconnecter le site antique à son rivage et comprendre son histoire de ville portuaire commerçante.

Le présent article résume l'aboutissement de cette recherche: les sept dernières missions de terrain, dont six financées par la Fondation Honor Frost (HFF), ont contribué à changer les hypothèses scientifiques retenues jusqu'alors concernant la

localisation du port antique de la ville. Cette reprise des travaux de terrain a, en effet, apporté une masse d'informations considérable, grâce à laquelle il a été possible d'apporter un éclairage nouveau sur la réalité du paysage portuaire giblite. Bien que la recherche soit encore en cours, nous proposons ci-après une présentation synthétique des données obtenues à ce jour.

## 1.2 Importance historique du lieu: les sources antiques

L'importance de la ville de Byblos est mentionnée dans maintes sources anciennes. On ne retiendra dans cet article que celles relatives à l'aspect maritime de la ville antique, — objet de notre recherche.

Ces sources iconographiques et textuelles décrivent généralement le commerce naval antique, les navires, le type de marchandises exportées, l'exploitation des ressources forestières et leur exportation à partir du Levant vers le Delta égyptien ou encore le royaume d'Israël, au sud, ainsi que les empires Assyriens et Néo-Babyloniens, à l'est (Elahi 2007: 14-41); elles attestent plus particulièrement, l'existence d'une installation portuaire marchande au pied de l'acropole antique de la ville de Byblos, dont l'emplacement, malgré de nombreuses recherches, restait inconnu à ce jour.

### Problématique historique

La ville antique de Byblos, plusieurs fois millénaire, classée au patrimoine mondial de l'UNESCO, a connu une histoire exceptionnelle. Tout commence, il y a 8000 ans, au Néolithique, quand des pêcheurs s'installent sur le promontoire rocheux de Byblos dans des enclos domestiques circulaires.

Très vite, à l'Âge du Bronze, dès 3500 av. J.-C., fondée sur le village néolithique, naît une ville maritime riche et prospère, dont la croissance économique est rapide. L'antique Byblos, *Gbl* en phénicien, *Gubla* en akkadien ou encore *kpn* en égyptien (Jidejian 1971: 1-2), faisait transiter de la marchandise en Méditerranée et vers l'Égypte en premier lieu. Les pharaons de l'Ancien Empire en

effet, se procuraient du bois de cèdre et de pins de Byblos, un bois de qualité pour les constructions civiles et navales, en particulier de navires de haute mer.

Car, à partir du milieu du troisième millénaire, les Égyptiens importent les techniques maritimes levantines, ne maîtrisant pas, eux-mêmes, la navigation en mer: ils utilisent dès lors des navires de haut bord en bois et de taille considérable. Ces mêmes embarcations servaient aussi aux expéditions commerciales en mer Rouge; un bas-relief dans le temple de Sahouré à Saqqara (vers 2400 av. J.-C.) montre une représentation d'un navire dit de «Byblos» (Pomey 2015: 5-6).

Pour assurer ce commerce maritime en mer Rouge vers les zones minières du Sinaï, les pharaons avaient installé des ports temporaires le long de la rive occidentale du golfe de Suez: les fouilles actuelles d'Ayn Soukhna, sur la côte égyptienne, livrent un ensemble de galerie magasins contenant un matériel abondant de céramique, de cordage, d'ancres en pierre, mais surtout d'embarcations démontées et entreposées entre deux expéditions maritimes. Des inscriptions donnent des comptes rendus officiels de ces expéditions, elles nomment des embarcations de type *kebenet* donc que les Égyptiens, eux-mêmes, qualifiaient de «giblite» ou «à la façon de Byblos» (Tallet 2011: 1-5 et 2015: 37-39).

Un peu plus au sud du site d'Ayn Soukhna, un deuxième port pharaonique a été récemment découvert à Wadi Jarf, livrant un aménagement portuaire complet avec jetée, ancres, habitat, entrepôts, mais surtout une série de trente hangars à embarcations comprenant un matériel abondant de fragments de bois et de cordage, ainsi qu'un dépôt important de papyrus comptables, retraçant l'activité des équipages concernés; on a pu le mettre en relation avec les sources contemporaines qui le qualifient également de «giblite» (Tallet 2013: 1-9 et 2015: 46-50).

On a donc un modèle attesté en Égypte de ce qui devait exister à Byblos.

Au deuxième millénaire, les témoignages sont plus nombreux encore: tels que, par exemples les nombreuses représentations dans la tombe de Kénamon (vers 1450 av. J.-C.) à Thèbes du navire de type *mnš*, (**Fig. 1 a**) cargos de haute mer (par

opposition aux embarcations fluviales) provenant des côtes levantines (Pomey 2015: 11), ou encore les *Annales* de Thoutmosis III (1490-1436 av. J.-C.), décrivant les produits importés en Égypte, leur transport, les campagnes pour aller les chercher, les échanges d'État à État, etc... (Grimal 2009). Des représentations, sur les parois du temple de Karnak (**Fig. 1 b**), de bateaux chargés de bois, des dignitaires de Byblos coupant des arbres, témoignent également des transactions commerciales entre Byblos et l'Égypte (Wreszinski 1934: 86-87, Pl. 35; Briquel-Chatonnet 2001: 43).

Pour le premier millénaire, on dispose d'un texte littéraire égyptien du 10<sup>e</sup> siècle av. J.-C. qui relate la campagne d'achat de bois à Byblos, effectuée, un siècle et demi plus tôt, vers l'an 1076-1075 (Gardiner 1932: 61-76; Kees 1936: 3-4), par un haut dignitaire égyptien nommé Ounamon, envoyé par Ramsès IX pour faire construire la barque sacrée d'Amon (Lefebvre 1976: 234-64). Ce papyrus Pushkin 120 est d'un intérêt exceptionnel pour la question du commerce maritime levantin, et plus particulièrement entre Byblos et l'Égypte, en cette fin du 2<sup>e</sup> millénaire avant notre ère; le texte mentionne jusque dans le moindre détail les péripéties de ce voyage de la Haute Égypte vers Byblos, les négociations difficiles entre Ounamon et le Prince de Byblos, et finalement le dénouement positif de la situation: le bois est abattu, transporté vers la côte et mis à disposition d'Ounamon, sans doute dans le port commercial de la ville, à partir duquel se faisaient les transactions entre Byblos et le Delta Égyptien dès l'Âge du Bronze. En effet, le récit d'Ounamon décrit le bois entassé en bord de mer, là où étaient amarrés 11 navires *mnš* ou cargos de haute mer (*iwzi šm n,i <hr> spr <n> p3 ywm r p3 nty n3 ht im w3h, iwzi nw r 11 n br*) (2.62-63). En début de récit, le Prince de Byblos se vante même d'une vingtaine de navires amarrés dans son port (*in mn 20 n mnš di n t3izi mr*) (1.58-59). Nous reviendrons sur la question plus loin dans de cet article.

La documentation qui permet de décrire l'activité portuaire de Byblos, à l'Âge du Bronze et à l'Âge du Fer, est abondante. Il reste à localiser cette installation portuaire si bien attestée et tant recherchée. Que nous indique le terrain?

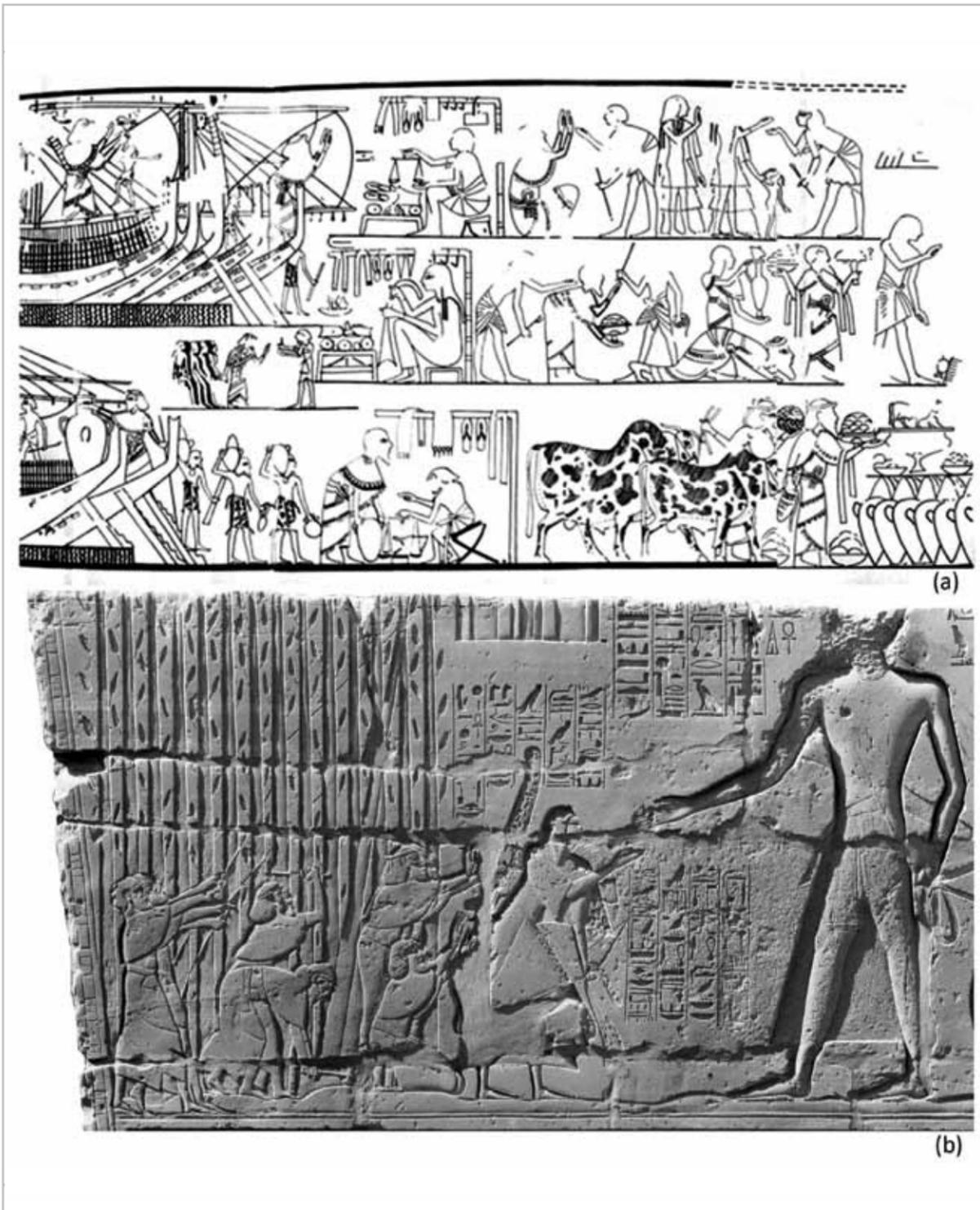


Fig. 1a- Marchands levantins débarquant sur les bords du Nil – Représentation dans la tombe de Kénamon, milieu du 2<sup>e</sup> millénaire av. J.-C., archive N. Grimal); Fig. 1b- Les «chefs du Liban» coupant leurs arbres pour Séthi Ier (temple d'Amon de Karnak, bas-relief sur la paroi extérieure nord de la salle hypostyle, archive N. Grimal).

## II. Aire géographique de la zone de recherche

### Zone côtière et abords marins

La ville antique de Byblos s'est développée sur un promontoire rocheux bordé de falaises vives de grès dunaire, surplombant d'une vingtaine de mètres la mer en son faciès ouest. Au nord et au sud, deux grandes plages, la baie de galet de Saquiet Zaidan et la baie sablonneuse d'El-Skhyné, présentent une configuration naturelle pratiquement rectiligne, sans abris sûrs pour l'amarrage de navires, mis à part l'angle nord-est de la baie de sable, abrité par l'îlot d'El-Yasmine, aujourd'hui pratiquement rattaché à la terre par l'ensablement (**Fig. 2**). A l'arrière de ces deux grandes baies un cirque de falaises mortes s'élève, sur une trentaine de mètres, entaillé par plusieurs cours d'eau saisonniers, qui débouchent

encore aujourd'hui au niveau du cordon littoral. Ces oueds seront mis en relation, plus loin dans le texte, avec l'exploitation des ressources forestières de l'arrière-pays de Byblos.

La zone côtière en contrebas du tell, très découpée, à l'image de l'ensemble de la côte syro-libanaise, présente de petites échancrures aux criques de tirant d'eau très faible, comme le bassin du port médiéval (port de pêche actuel), ainsi que des pointes rocheuses qui se prolongent en terrasses sous-marines, voire en récifs ou en hauts fonds, à plus grande échelle. En effet, trois «montagnes» sous-marines, d'orientation plus ou moins parallèle à la côte actuelle de Byblos, ont été relevées au GPS dans un premier temps (Collina-Girard 2002: 317-34) et, plus extensivement, à l'aide d'un équipement plus performant dans un deuxième temps (Francis-Allouche et Grimal 2016; voir rapport Papatheodorou ci-après), à une distance moyenne de 2km en mer. Immergés, aujourd'hui, à plus de vingt-cinq mètres



Fig. 2- Photo aérienne des abords maritimes de Byblos (Cliché C. Tannouri).

de profondeur, ces hauts fonds, liés à des accidents tectoniques littoraux, semblent avoir prolongé vers le large les reliefs montagneux de l'arrière-pays de Byblos vers 12.000 BP, avant l'enneigement de la côte par la montée du niveau de la mer durant la dernière période interglaciaire maximale de l'Holocène; le niveau de la mer était alors à environ -45m de l'actuel (Gollina-Girard 2002; voir rapport Papatheodorou ci-après).

La configuration des abords marins de Byblos, telle que nous la percevons aujourd'hui, ne semble pas favorable à l'amarrage de navires de gros tonnages. Quels sont alors les facteurs qui justifiaient la fondation d'une telle installation portuaire, à la base d'un commerce naval international, dans un environnement côtier rocheux hostile à la navigation?

### III. L'investigation de terrain: vérification d'hypothèses anciennes

Au sein du programme de recherche d'Honor Frost (1998-2010), plusieurs possibilités portuaires avaient été envisagées le long du littoral giblite. Depuis 2011, une tentative de synthèse entre les différentes approches de cette problématique du port antique est en cours; sept campagnes de vérification ont été effectuées à ce jour dans le cadre du programme d'investigation géo-archéologique «Byblos et la mer».

#### III.1 Topographie côtière – mission 1a

Pour faire suite à l'étude des aspects géologiques du rivage de Byblos, effectuée à la demande d'Honor Frost par Christophe Mohrange (Mohrange 1998-99: 261-265), une mission de prospection et de cartographie géomorphologique a été lancée en 2011 dans la zone côtière de Byblos pour établir un plan masse complet de la ville antique et comprendre les différentes structures archéologiques de la côte émergée et immergée de Byblos. Cette étape a permis d'aboutir à un premier zonage de la côte antique, de comprendre ses potentialités portuaires, ainsi que la fonctionnalité de certaines zones côtières exploitées. Cette recherche s'est appuyée sur les fonds cartographiques et photographiques existants.

La morphologie actuelle du terrain — types de falaises, échancrures de rivage, tirants d'eau, platiers géologiques, morphologie fluviale —, a été relevée. En complément d'un relevé préliminaire initié par Honor Frost (Frost 2002) dans la bande côtière de Byblos, une topographie complète du secteur côtier a été effectuée par Raffi Gergian et Jeanine Abdul Massih dans le cadre du programme de recherche «Byblos et la mer» (Grimal et Francis-Allouche 2012); plus particulièrement, l'étude de l'exploitation de la pierre en carrière le long de la côte en contrebas du tell antique a été réalisée par Jeanine Abdul Massih (voir rapport Abdul Massih ci-après).

Au final, un plan masse complet de toute la zone antique côtière a été rattaché au plan masse existant du tertre; il a été produit comme base de travail pour la recherche présente et servira évidemment pour toutes recherches futures éventuelles (Fig. 3).

#### L'exploitation de la pierre sur la façade maritime de Byblos

JEANINE ABDUL MASSIH (\*)

L'étude de la bande côtière de Byblos a été initiée par les recherches maritimes d'Honor Frost<sup>4</sup>, qui sont complétées par la mission actuelle, dirigée par Martine Francis-Allouche<sup>5</sup>. C'est dans le cadre de ce programme de recherche<sup>6</sup> que sont publiés les résultats des observations sur l'extraction de la pierre menées le long de la bande côtière qui borde le tell sur sa façade occidentale. L'analyse de l'exploitation de la pierre a apporté de nouvelles données non seulement sur les techniques relatives à l'extraction, à la construction et au transport mais également à l'évolution de l'aspect de la colline sur laquelle s'est installée le site. Les diverses investigations présentées ci-dessous ont permis de proposer une restitution de la morphologie initiale du tell en limite ouest et d'identifier les différentes transformations subies.

Le substrat rocheux de la bande côtière et du promontoire du site antique de Byblos est constitué de grès dunaire quaternaire<sup>7</sup> désigné aussi par le terme calcarénite marine<sup>8</sup>. C'est dans ce substrat rocheux que la pierre a été extraite, comme en témoignent de nombreux secteurs du site, tels que «les carrières amorites», les tombes royales et le littoral maritime rocheux, sujet de notre recherche.

La carrière maritime de Byblos se situe en contrebas du site et s'étend du port médiéval au nord à la Jeziret el-Yasmine au sud. Trois secteurs de travail ont été définis: le premier au pied de la tour (nord) du port médiéval, le deuxième est le secteur situé entre le port médiéval et Ras Byblos, englobant ainsi l'ensemble du secteur de la baie de Chamiyé; le troisième et dernier secteur s'étire de Ras Byblos au nord à Jeziret el-Yasmine au sud. (Fig. 4)

L'exploitation s'étend, d'est en ouest, sur un niveau rocheux uniforme matérialisé par un «trottoir», sur lequel l'ensemble des installations s'est établi, notamment la carrière. De nos jours, ce «trottoir», légèrement au-dessus du niveau de la mer<sup>9</sup>, continue, malgré son état érodé, de jouer un rôle important dans la protection des vestiges face à l'action des vagues.

#### Le secteur nord ou port médiéval

C'est sur le «platier»<sup>10</sup> qui se développe au nord de la tour septentrionale du port médiéval, qu'ont été relevées les traces d'extraction et d'exploitation de la pierre. Il s'agit vraisemblablement d'un chantier d'extraction isolé, exploitant des diaclases naturelles du rocher pour l'extraction de blocs d'une construction située à proximité. Le front de taille délimitant l'extraction maritime du côté oriental est, actuellement, entièrement englouti sous le mur occidental du port actuel.

Au pied de la tour, côté mer, sur un secteur d'environ 12 m de long par 8 m de large, une plateforme en pierre de taille a été identifiée. Elle est composée d'une assise irrégulière de calcarénite marine, d'une hauteur approximative de 70 cm, installée au-dessus

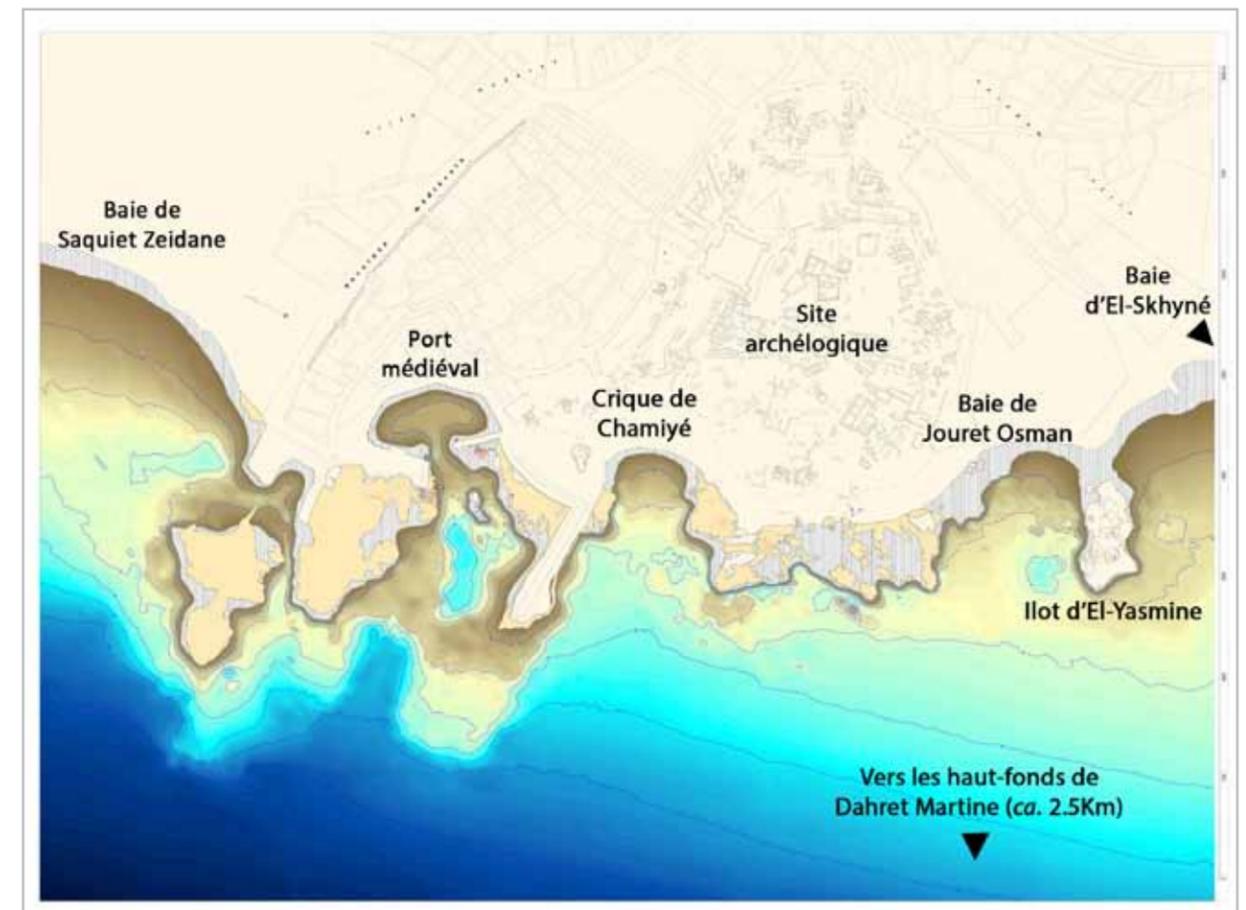


Fig. 3- Plan topographique de la côte de Byblos et relevé bathymétrique de ses abords marins (Archives «Byblos et la mer»).



Fig. 4- Vue satellite des secteurs étudiés (image Google).

du «platier» géologique. Cette plateforme a été érigée sur une zone d'extraction régulière de blocs. À l'avant de cette dernière, côté sud et ouest, se développe un sol de carrière, sur lequel ont pu être identifiées les traces d'une exploitation systématique de blocs, de dimensions allant de 87 à 125 cm de long sur 50 à 62 cm de large. Une grande quantité de blocs mesure 62 par 125 cm (**Fig. 5**).

Cette exploitation correspond vraisemblablement à la carrière ayant fourni les blocs de calcarénite marine employés pour la construction de la tour franque. Malheureusement, de la tour d'origine, il ne reste que quelques assises en fondation. Elles sont construites en pierre de taille, dans lesquelles s'insèrent, de manière irrégulière des tambours de colonnes en remploi. Des vestiges similaires ont été

notés du côté sud du port. Les rares traces restant sur le rocher et la présence de ces éléments de construction suggèrent leur possible appartenance aux vestiges de la tour franque aujourd'hui complètement disparue<sup>11</sup>.

### La baie de Chamiyé

A partir du port médiéval, la bordure de la colline naturelle, côté nord-ouest, sur laquelle est installé le site ancien de Byblos, a pu être identifiée sous forme d'un front de taille ou d'une limite rocheuse régulière avançant en direction du sud. En suivant ce front de pierre jusqu'à l'entrée de la baie Chamiyé, on aboutit à une avancée rocheuse empiétant sur la bordure maritime et comprenant de nombreux aménagements.



Fig. 5- Secteur du port médiéval en contrebas de la tour.

### Le rocher en limite nord de la baie Chamiyé

L'avancée rocheuse taillée concorde avec le prolongement de la fortification septentrionale du tell et devrait probablement correspondre à l'angle de rencontre entre les fortifications nord et ouest. Ce rocher s'étend en pente, d'est en ouest, sur 25 m de long et 7 à 20 m de large. Cet aménagement est entièrement creusé dans le rocher, et son avancée vers l'ouest pourrait être mise en relation avec un système de circulation menant au site antique.

En effet, trois paliers de circulation y ont été dénombrés. Le premier relie le niveau de la mer, par un escalier taillé dans le rocher, à un palier intermédiaire menant vers une grotte ou une pièce rupestre. La grotte, creusée dans le rocher, ne présente aucun aménagement particulier. Toutefois, un puits de lumière est aménagé dans sa couverture rocheuse, pour permettre l'aération et l'éclairage de la pièce. Un deuxième escalier, creusé dans le roc, permet d'accéder au niveau supérieur. Il est aménagé en bordure nord du rocher et est délimité au sommet, sur le côté oriental, par un muret élevé, suggérant la présence d'une porte. À partir de ce niveau, l'axe de circulation s'oriente vers le sud en suivant des marches, moins hautes et plus larges, délimitées par un front de taille sur son flanc oriental. Le sommet de ces aménagements, ainsi que la suite du cheminement, est actuellement difficile à identifier, à cause de l'accumulation des déblais des anciennes fouilles et d'une végétation luxuriante.

L'aménagement de cette installation sur l'avancée rocheuse a laissé des traces d'exploitation sur l'ensemble du secteur. Des tranchées d'extraction de 10 cm de large, délimitant les blocs, ont été observées; l'arrachage du substrat s'est généralement effectué en exploitant les diaclases naturelles de la roche. Des fronts de taille comportant de rares traces de pic sont toujours visibles au sommet du roc.

### Le «trottoir» en limite sud de la baie Chamiyé

En limite sud, en contrebas du rocher de Ras Byblos, affleure le «trottoir» sur environ 57 m de long par 43 m de large. C'est sur ce niveau géologique naturel, souvent sous l'eau, que l'on a pu observer des

vestiges d'extraction au niveau du «platier», et cela sur un secteur d'environ 16 m de long sur 8 m de large. Des tranchées d'extraction de 10 cm de large y ont été notées, ainsi que de nombreuses traces permettant de restituer les dimensions des blocs issus de ce secteur. Les blocs extraits devaient être de dimensions variables, allant de 90 à 135 cm de long et de 50 à 85 cm de large<sup>12</sup>.

Les aménagements de ce secteur, bien que délimités par le contour du rocher actuel, semblent se poursuivre sous l'eau, notamment vers l'ouest. Cette extraction correspond probablement à un nivellement du rocher en profondeur pour permettre aux radeaux ou aux barques d'accoster. Cette hypothèse est étayée par la présence d'une trace de creusement circulaire de plus de 2 m de diamètre et d'une réutilisation moderne d'un deuxième creusement circulaire comme bite d'amarrage en ciment et en fer pour les barques de pêcheurs actuels<sup>13</sup>. Des aménagements similaires sont notés également sur le Ras Byblos en limite sud.

### Le secteur en contrebas du site côté ouest

La bande côtière occidentale du site de Byblos s'étend du Ras Byblos au nord à Jeziret el-Yasmine au sud couvrant une surface de 57 m de long et 43 m de large. Sa jonction avec le tell archéologique est, de nos jours, masquée par les déblais des anciennes fouilles et le déversement de blocs modernes de pierre, déchets issus de la construction de l'actuelle jetée maritime, qui se développe en bordure nord de la baie de Chamiyé.

### Ras Byblos

La carrière de Ras Byblos est bordée, du côté nord, par la baie de Chamiyé et se compose d'une proéminence rocheuse constituée de deux massifs alignés sur la baie et séparés par une tranchée de 33 m de long, 7 à 8 m de large et 4 à 6 m de hauteur. Cette tranchée, de direction nord-sud, ayant vraisemblablement servi de carrière d'extraction, a été creusée le long d'une faille géologique visible entre la plaque rocheuse descendant du tell et celle constituant le massif rocheux à l'ouest.

Le massif rocheux oriental mesure environ 35 m de long sur 16 à 17 m de large. Il permet l'accès à

partir de son sommet à la tranchée par un escalier, de 446 cm de long et 90 cm de large, creusé dans la roche<sup>14</sup> et, vers le sud, par un escalier taillé de 107 cm de large, composé de deux volées de marches. L'accès au massif rocheux lui-même s'effectue à travers un escalier, qui se compose de trois marches de 215 cm de long sur environ 180 cm de large. Sur ce sommet, quelques traces d'extraction ont été observées, notamment le long de sa façade ouest, où il semblerait qu'une rangée de blocs de petites dimensions ait été extraite. Dans l'angle nord-est du massif oriental, un sarcophage inachevé, creusé dans le rocher, a été relevé; il mesure 125 cm d'est en ouest et 140 cm nord-sud.

Plus à l'ouest, sur le massif occidental<sup>15</sup>, sept tombes rectangulaires creusées dans le rocher, d'une dimension approximative de 230 cm par 190 cm, ont été identifiées comme appartenant à la phase d'aménagement de la «nécropole»<sup>16</sup>. Aujourd'hui, toutes ces tombes, localisées au nord-est du massif, sont vides et érodées par les intempéries.

Il est important de noter que l'absence de traces ou de vestiges d'exploitation de la pierre sur le sommet du massif occidental est liée à la nature et la composition de la roche et à son état de conservation. Cependant, dans le secteur sud-est, deux traces d'implantation, de forme carrée, de 55 cm de côté, d'éléments liés au système de levage ont été retrouvées dans l'angle surplombant la tranchée. Plus loin vers le nord, à environ 6 à 7 m de ces derniers, deux autres creusements de forme carrée, de mêmes dimensions que les précédents, ont été localisés à 2,50 ou 3 m du bord oriental du massif. À proximité de ces derniers, une trace de croix creusée dans le rocher est constituée de deux saignées perpendiculaires de 3 cm de large taillées au ciseau. Ces différentes traces sont à mettre en relation avec le travail d'extraction ou de transport. Elles ont toutes été localisées sur le sommet du massif occidental, qui se termine vers l'ouest par une exploitation en carrière localisée en contrebas, au niveau du trottoir, en bout de la baie Chamiyé.

Cette carrière est de petite envergure et ne peut avoir produit qu'une faible quantité de blocs. Néanmoins, les traces d'exploitation apparaissent de manière évidente, non pas au sol, mais sur les fronts de taille, notamment sur la paroi ouest du grand rocher (**Fig. 6 a**). Ce front de carrière, d'une hauteur

maximum de 2 m, se développe au-dessus du niveau du «platier». Il forme avec le rocher, à proximité, au sud, une sorte d'espace de circulation aménagé sur le «trottoir» naturel. La paroi sud ne comporte que très peu de traces d'extraction identifiables. En revanche, des traces d'extraction ont été relevées sur le côté oriental, où plusieurs bancs d'extraction constituent le front de carrière. Leurs traces se présentent sous forme de bancs réguliers horizontaux, d'une hauteur maximale de 30 cm. Des décrochements verticaux marquent l'ensemble du front d'exploitation. Ils sont de nature fonctionnelle et à mettre en relation avec le travail d'extraction. Car le carrier se décale à chaque fois, après l'extraction d'un bloc, pour commencer une nouvelle saignée. Cette pratique constitue une précaution de travail commune observée dans diverses carrières. Ainsi, les techniques d'extraction employées semblent se matérialiser sur les fronts de taille, où l'utilisation systématique des diaclases naturelles est mise à profit pour l'arrachage des blocs. Il est actuellement impossible de noter des traces d'outil de taille sur les fronts de cette carrière, très érodés et attaqués par le sel marin.

Au sommet de l'avancée prolongeant le front oriental vers le nord, trois creusements circulaires sont répartis d'est en ouest (**Fig. 6 b**). L'emplacement de ces cavités en hauteur et leur degré d'érosion semblent résulter de leur appartenance à un mécanisme qui est à l'origine de l'usure observée. C'est vraisemblablement le frottement régulier d'un élément en bois qui aurait érodé et accentué la profondeur des trous. Cet élément de bois, de par son diamètre, ne peut être interprété que comme un mât de levage. C'est en analysant, en effet, les techniques de levage que nos observations se sont affinées sur le terrain et que différents éléments ont été relevés. Les mécanismes de levage de ce type<sup>17</sup> se caractérisent en général par l'utilisation d'un mât en bois de 5 à 10 m de hauteur, enfoncé dans une cavité servant d'emboîture pour favoriser le pivotement. Ce mât, auquel sont attachés les blocs ou les charges, est retenu par des cordes, manipulées de part et d'autre par un treuil d'enroulement. Les deux manivelles du treuil devaient se situer, d'après l'emplacement du mât, de part et d'autre de celui-ci. Un examen du rocher, côté sud, a donc permis de mettre en évidence une sorte de languette rocheuse d'une épaisseur de 30 cm, complètement usée, localisée à 8 m du mât.

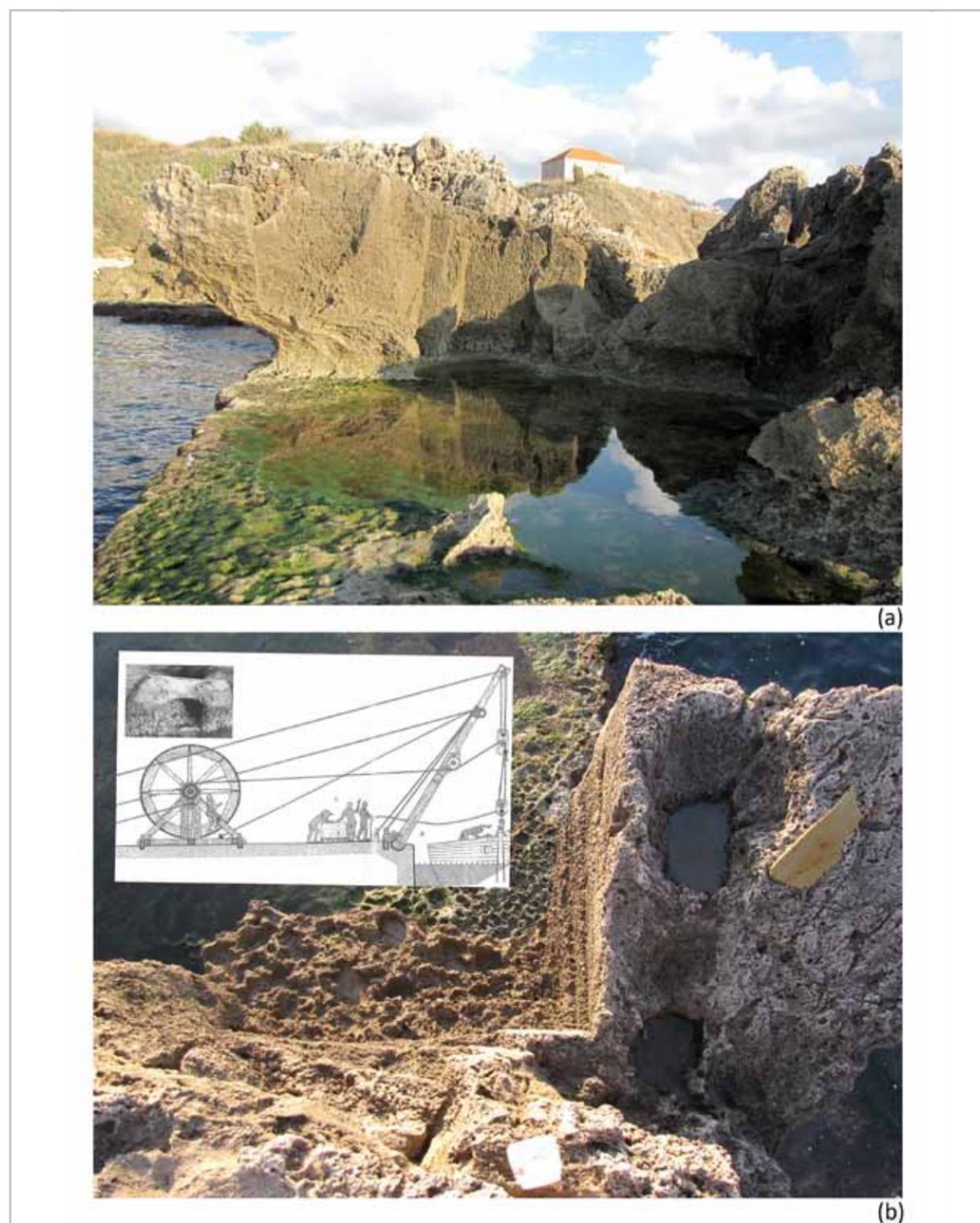


Fig. 6a- Extraction à l'extrémité ouest de Ras Byblos; Fig. 6b- Traces de creusements circulaires pour mât de levage et dessin du mât de levage et des anneaux d'accrochage de ses haubans (Kozelj 1980, figs. 69 et 84).

Afin de démultiplier la force manuelle des utilisateurs du mât de levage, des combinaisons de poulies, assemblées sous la forme de mouffes, devaient être intercalées dans les cordages du mât (**Fig. 6 b**).

La technique de levage et la portée du mât semblent avoir conditionné l'étendue et la forme circulaire de cette carrière; elle a aussi dicté la superficie de la zone de stockage des blocs extraits.

### La piscine au sud de Ras Byblos

La «piscine» dite hellénistique a été interprétée comme étant liée à une activité d'élevage de poissons<sup>18</sup>. Cette piscine mesure 512 cm à 640 cm est-ouest sur 512 cm nord-sud. Elle est entièrement taillée dans le roc et son creusement a servi également à l'extraction des blocs. Au nord-ouest, un bloc est toujours conservé contre la paroi du rocher. Il semble avoir été abandonné en cours d'extraction. Il est caractérisé par des creusements à sa base, qui semblent correspondre aux seuls vestiges d'emboîtures identifiés sur le site comme ayant servi à loger les coins destinés à l'arrachage du bloc<sup>19</sup>.

L'angle sud-ouest de la piscine est surplombé par un rocher comportant un escalier taillé dans sa limite nord. Les marches inférieures de l'escalier se sont écroulées. Toutefois, quatre marches préservées mènent à un palier relié à une deuxième volée d'escalier de sept marches. Au sommet du rocher, deux trous aménagés vraisemblablement pour un système de levage, ont été retrouvés; ils mesurent 13 à 15 cm de diamètre.

### Le secteur sud

Le secteur sud, où la limite méridionale de la bande côtière s'illustre par une avancée importante du platier dans la mer, sur lequel quelques rochers sont préservés en élévation. En général, des traces de trous de levage et des saignées ou des tranchées d'extraction ont été observées de manière sporadique sur cette dernière portion du «trottoir» occidental.

En limite sud du «platier», un secteur d'extraction plus dense a livré des traces diverses d'activités de carrière et de transports. Des activités similaires ont également été notées sur deux rochers en mer.

Sur le rocher 1, mesurant 6 m de long sur 3 m de large, trois blocs de 184 cm de long sur 76 cm à 1 m de large et maximum 60 cm de hauteur sont délimités par des tranchées de 15 cm de large creusées, sur trois côtés, le quatrième étant matérialisé par la bordure naturelle. Sur le rocher 2, composé de deux massifs rocheux et mesurant 272 cm de long sur 200 cm de large, des traces d'extraction de blocs de grandes dimensions, 208 cm de long sur 135 cm de large, similaires à ceux observés sur le rocher ouest, caractérisent cette extraction. Leurs tranchées d'extraction atteignent les 40 cm de large, preuve de l'importante épaisseur des blocs, qui devait dépasser en hauteur les 70 cm. La présence de tranchées d'extraction de type «enjarrot»<sup>20</sup> est très rarement observée sur les fronts de la carrière maritime de Byblos. Elle peut être dans ce cas liée à une exploitation exceptionnelle d'un banc d'une épaisseur importante, destiné à une construction monumentale.

On peut observer, sur les grands blocs encore en place, des traces d'utilisation de coins pour débiter les blocs en pierres de moindres dimensions. Cette technique d'extraction de gros blocs et leur débitage en de plus petites dimensions est assez répandue et répond à une économie de chantier et de temps. Cependant, elle peut être également un indice en faveur d'un fonctionnement de l'extraction en deux phases. Ainsi, les gros blocs ayant été abandonnés sur place à une certaine période, auraient été exploités et débités dans une phase plus récente. Cette technique d'extraction a également été observée sur l'île Jeziret El-Yasmine, localisée plus au sud.

### Jeziret El-Yasmine

L'ensemble de l'île, de 100 m de long sur 35 à 50 m de large, connaît une activité d'exploitation intensive de la pierre à une période non déterminée. L'observation des techniques d'extraction a mis en évidence différentes adaptations aux formations du rocher pour assurer la rentabilité de l'exploitation. Au nord de l'île, un rocher visible sur 6,80 m de long sur 6 à 3 m de large, comporte sur son sommet et son flanc nord une extraction en palier de blocs de petites dimensions (96 cm de long sur 32 cm de large). Au milieu de l'île un rocher similaire, de 7 m de long sur 7,50 m de large, a été aussi exploité en

palier, notamment au milieu de sa face nord-ouest et sur son sommet. Quelques blocs en place, délimités par des tranchées de 15 cm de large, présentent une longueur de 138 cm pour une largeur de 55 cm et une hauteur de 36 à 37 cm. L'ensemble de l'exploitation est dicté par la nature du rocher. Les joints de stratification sont bien apparents et ont donc été exploités pour l'arrachage des pierres. On observe également, à plusieurs endroits de l'île, la présence de larges tranchées, témoins d'une extraction de blocs de grandes dimensions. Deux grandes tranchées sont visibles au sommet du rocher central; elles mesurent environ 5,50 m et 2,70 m de long, pour une largeur de 40 à 43 cm. D'autres empreintes d'extraction de grands blocs ont été observées sur le rocher dans la partie sud-est de l'île. Les blocs extraits sur cet emplacement mesurent 290 cm de long sur 195 cm de large et 160 cm de long sur 113 cm de large.

Au sud-ouest du rocher et jusqu'à la zone sud-ouest du «platier», se développe un secteur assez horizontal comportant quelques traces d'exploitation, mais surtout des aménagements circulaires creusés dans le rocher. Ces creusements, localisés à proximité du bord du «trottoir», sont au nombre de neuf. Je les ai interprétés comme des emplacements pour des engins de levage et de chargement. Leurs diamètres varient entre 58, 90, 100 et 125 cm. Ils devaient servir à des engins de levage similaires à ceux décrits ci-dessus.

## Conclusion

La carrière maritime de Byblos a exploité la calcarénite marine disponible sur place pour les chantiers de construction situés à proximité. La disparition sous les déblais de fouilles des vestiges de la fortification occidentale et l'ensablement du port sud n'ont permis aucune comparaison entre les pierres extraites et celles mises en œuvre. A cela s'ajoute les difficultés d'observation des traces d'outils dues à l'érosion de la roche par les intempéries et le sel marin. L'absence de toute trace de stratigraphie et la perturbation des aménagements par des installations modernes rendent finalement impossible la datation des différentes exploitations. Pour plus de corrélations entre les différentes données, ce travail devrait être repris plus en détail lors de la mise en place d'un programme de fouille traitant de la façade maritime du tell de Byblos.

## Bibliographie

**Abdul Massih, J. et Bessac, J.-C. 2009.** *Glossaire trilingue de la pierre. L'exploitation en carrière*, IFPO Guide 7.

**Adam, J.-P. 1984.** *La construction romaine*, Paris.

**Bessac, J.-C. 2013.** «Les roches de construction d'Ougarit: production, façonnage, mise œuvre», in V. Matoïan (éd.), *Études ougaritiques III, Ras Shamra-Ougarit XXI*, Leuven: 111 à 142.

\_\_\_\_\_ **2012.** «La calcarénite marine et les techniques de construction de l'Âge du Bronze à Ougarit», *Géologue* 173, p. 73-74.

\_\_\_\_\_ **2003.** «Nouvelles traces du chantier romain du Pont du Gard», *Revue Archéologique de Narbonnaise* 36, p. 177-198.

\_\_\_\_\_ **2002.** «Les carrières du Bois des Lens (Gard)», *Gallia* 59, p. 29-51.

\_\_\_\_\_ **1986.** «La prospection archéologique des carrières de pierre de taille: approche méthodologique», *Aquitania* 4, p. 151-171.

\_\_\_\_\_ **1986b.** *L'outillage traditionnel du tailleur de pierre de l'Antiquité à nos jours*, *Revue Archéologique de Narbonnaise*, suppl. 14, Paris.

**Carayon, N. 2003.** «L'île de Ziré à Saida: Nouvelles données archéologiques», *Archaeology and History in Lebanon (AHL)* 18, Autumn issue, p. 95-114.

**Foucault, A. et Raoult, J.-F. 2000.** *Dictionnaire de géologie*, 5<sup>e</sup> éd., Dunod, Paris.

**Frost, H. 2002.** «Byblos: the Lost Temple the Cedars and the Sea. A Marine Archaeological Survey», *AHL* 15, Spring issue, p. 57-77.

\_\_\_\_\_ **2001.** «The Necropolis, Trench and other Ancient Remains: A Survey of the Byblian Seafront», *Bulletin d'Archéologie et d'Architecture Libanaise (BAAL)* V, p. 195-217.

\_\_\_\_\_ **1998-99.** «Marine prospection at Byblos», *BAAL* III, p. 245-259.

**Kozelj, T. 1980.** «Aliki I: Les carrières de marbre à l'époque paléochrétienne», *Études Thasiennes* IX, p. 81-137.

**Morhange, C. 1998-99.** «Étude géomorphologique du littoral de Byblos, résultats de la mission de terrain de 1998», *BAAL* III, p. 261-265.

**Sanlaville, P. 1977.** *Étude géomorphologique de la région littorale du Liban*, Université Libanaise, Beyrouth.

\_\_\_\_\_ **1970.** «Les variations Holocènes du niveau de la mer au Liban», *Méditerranée* 35, 3, p. 279-304.

\_\_\_\_\_ **1969.** «Les bas niveaux marin pléistocènes du Liban», *Méditerranée* 3, p. 257-292.

### III.2 Topographie sous-marine – mission 1b

MARTINE FRANCIS-ALLOUCHE  
et NICOLAS GRIMAL

#### Le secteur marin nord

En complément des observations faites par nombre de chercheurs, et, en particulier, des résultats des sondages par carottages effectués dans le quai du port médiéval en 2000 dans le cadre franco-libanais de «l'Opération Cèdre» du CNRS et en collaboration avec H. Frost, (Morhange *et al.* 2005), la première investigation lancée en 2011, dans le cadre du projet «Byblos et la mer», avait pour but de comprendre la zone portuaire nord à partir de la mer.

Une prospection sous-marine a été effectuée le long du littoral (Grimal et Francis-Allouche 2012), suivie d'un relevé bathymétrique de la configuration des abords maritimes, réalisé à l'aide d'un équipement performant, vérifiant la composition du lit marin et les tirants d'eau de l'ensemble des abords marins de la ville (voir rapport Papatheodorou ci-après). Le secteur marin nord de Byblos donne des résultats concordant avec ceux des sondages par carottages effectués en 2000. Car deux de ces carottages sédimentaires (BV & BVI, Projet Cèdre), réalisés dans le quai du bassin, avaient déterminé un milieu marin exposé à la houle et une crique de 2.5m de colonne d'eau pour une élévation de 3.5m de quai (Morhange *et al.* 2005). L'étude bathymétrique de la zone du bassin portuaire confirme la faible profondeur, inadéquate pour amarrage de navires de gros tonnages; elle décrit, surtout, la composition du lit marin de la zone du port: une empreinte rocheuse sous-marine importante et peu profonde (Figs 7 b et c).

Un des clichés aériens de Byblos pris en 1939 par le Père Poidebard, montre l'état du bassin du port médiéval avant son aménagement en 1968. On y voit un lagon naturel, une tour au nord, des vestiges d'une deuxième tour au sud, et de part et d'autre du goulet, des platiers géologiques affleurant à la surface de l'eau (Fig. 7a). Il semblerait que ce bassin ait été inséré entre les platiers géologiques à fleur d'eau vers l'ouest et un talweg du côté oriental, aux parois exigües et abruptes: l'entrée d'un ensemble de tombes rupestres de type hellénistique, aujourd'hui incluses dans un

restaurant qui borde le bassin de port, se trouve, en effet, à environ 3m au-dessus du niveau actuel du quai, soit à plus de 6m du fond du bassin (Grimal et Francis-Allouche 2012).

Toutefois, un mouillage pour petits navires y reste plausible, mais aucune datation antérieure à l'époque médiévale ne peut être avancée à ce stade, bien qu'une porte nord-ouest de la ville antique ait été placée en direction du talweg surplombant le port, — raison pour laquelle les premiers chercheurs avaient pris pour acquis d'interpréter le port médiéval en tant que port antique (Montet 1962: 79-83; Dunand 1939a, Lauffray *et al.* 2008: 27).

S'il était question, en 1968, de creuser cette crique rocheuse en bassin, de profondeur suffisante et de circonférence adéquate pour assurer l'amarrage et la manipulation de grandes embarcations, ces travaux d'aménagements ont malheureusement engendré un problème: celui de la circulation perturbée des courants marins à l'intérieur du bassin. Le lagon naturel ayant été bordé d'un quai sans conduite d'apport ni de décharge d'eau, et avec une entrée de port resserrée, les courants marins s'y engouffrent comme dans un fond de bocal sans dépressurisation, — ce qui entraîne dégâts et ensablement au quotidien.

La situation a empiré en 1971, après la construction d'une jetée à l'extérieur du bassin de port, censée protéger la zone portuaire des intempéries. Cet ouvrage monobloc, de plus de 140m de long, conçu sans ouvertures ni couloirs de circulation pour courants marins, n'a jamais minimisé l'impact des grandes vagues sur la zone du port. Au contraire, il forme une barrière aux courants dominants du sud-ouest, dont les vagues déferlantes, de 3 à 4m en période de tempêtes, se heurtent contre la jetée. L'inertie augmente, les vagues se dirigent encore plus violemment, surtout vers la baie de Chamiyé et la façade ouest du site archéologique, entraînant glissements de terrain et éboulements. Quant au côté nord de la jetée, un effet de succion se produit, provoquant des turbulences permanentes de houles sous-marines. Cela explique la relative rapidité de l'érosion des fondations de la tour nord depuis la construction de la jetée (40 ans), alors que la tour elle-même a tenu huit siècles.

Même aujourd'hui, l'amarrage reste difficile dans le bassin du port médiéval par mauvais temps. La construction d'un brise-lame immergé au large du

port est prévue depuis plusieurs années par la ville de Byblos pour assurer la protection du bassin du port et permettre l'activité quotidienne des pêcheurs durant les intempéries (Frost 1999).

Le diagnostic est le même pour la petite baie de Chamiyé, située au SE du bassin portuaire médiéval, en contrebas du faciès ouest du tell. Bordée par une étroite plage de galets en son milieu et de platiers d'érosion de part et d'autre, cette formation naturelle peu profonde offre, elle aussi, une approche hasardeuse aux navires de gros tonnages.

Néanmoins, un mouillage devait y être possible pour de petites embarcations, probablement destinées à l'acheminement de blocs de calcarénite marine extraits autour de l'avancée rocheuse de Ras Byblos (ou Cap de Byblos). Un dispositif complet témoigne en effet de l'anthropisation de ce secteur du littoral, transformé en carrière maritime (voir rapport Abdul Massih ci-dessus): multiples traces d'extraction de blocs, des espaces de stockage ou de manipulation, des trous pour mât de levage surplombant des débarcadères pour le chargement des blocs extraits.

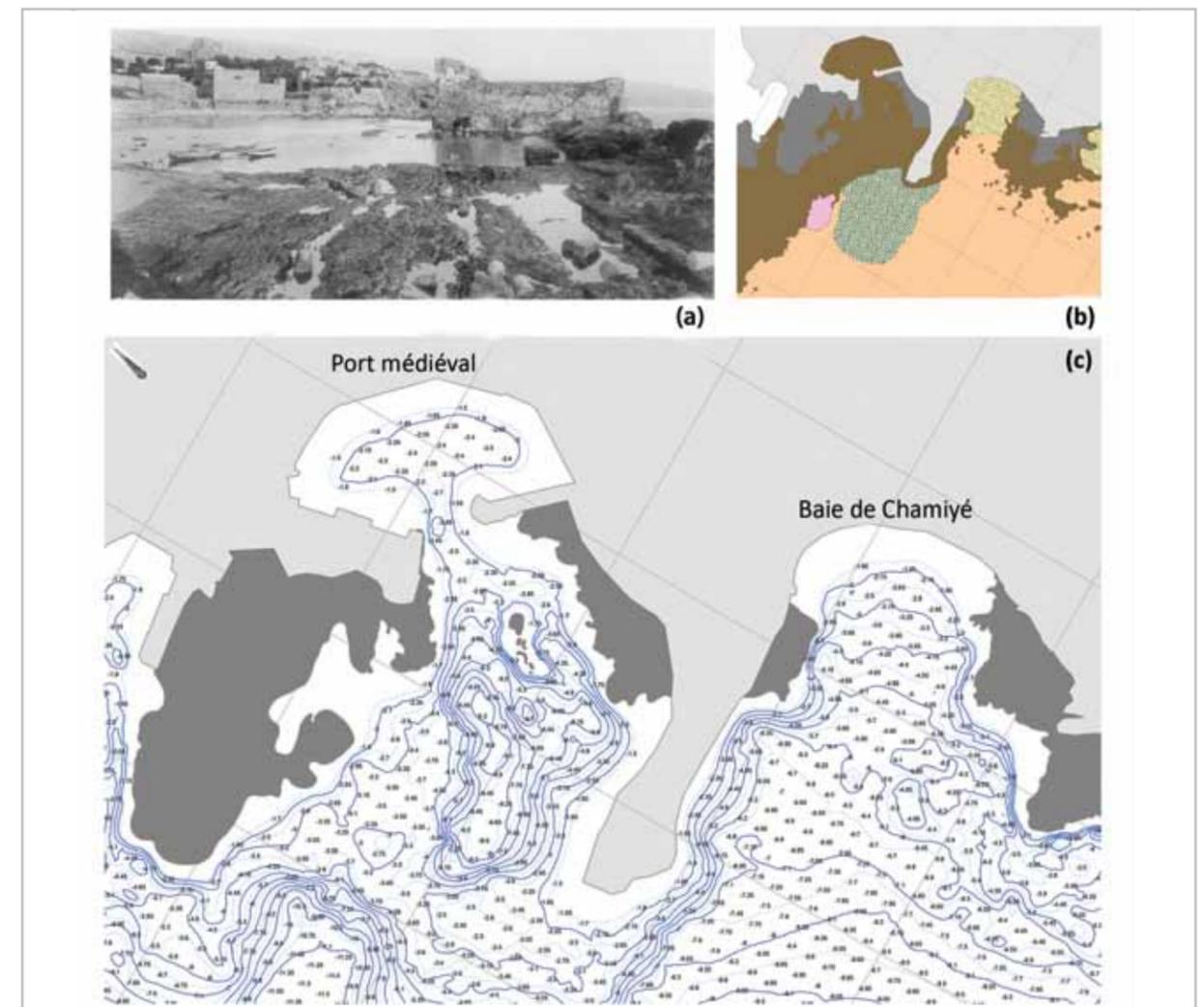


Fig. 7a- Le port médiéval de Byblos en 1930: une crique naturelle peu profonde avec des platiers géologiques affleurant à l'intérieur du bassin (Archives Fondation Max von Berchem); Fig. 7b- Composition des fonds marins de la zone du port, montrant, en marron, l'empreinte rocheuse sous-marine: même aujourd'hui, les abords du bassin restent hasardeux pour de grandes embarcations (Archives «Byblos et la mer»); Fig. 7c- Relevé bathymétrique de la zone du port médiéval, montrant une configuration étroite et un tirant d'eau faible, malgré la réfection de son quai en 1968.

Les relevés bathymétriques et paléo-bathymétriques effectués dans la zone maritime nord de Byblos, — de la baie non-abritée de Saquiet Zaidan à l'avancée rocheuse de Ras Byblos —, ont démontré que les fonds marins proches de ce secteur de la côte sont composés de reliefs rocheux directement reliés aux platiers d'érosion (plateformes émergées), les prolongeant sous la mer (**Fig. 7b**), confirmant ainsi une configuration des pourtours immergés très accidentée, un rivage escarpé et des tirants d'eau très faibles; la navigation pour navires de gros tonnages y eût été pratiquement impossible. Pour toutes ces raisons, l'hypothèse d'une installation portuaire antique dans la zone maritime nord de Byblos doit être écartée. Les derniers résultats de recherche ont définitivement détourné les regards vers le sud du promontoire: la baie sablonneuse d'El-Skhyné, accolée au piémont sud de la ville antique, semble offrir un excellent mouillage.

#### Le secteur marin sud

Toujours au sein de «l'Opération Cèdre», effectuée en 2000 à Byblos, quatre sondages par carottage avaient été effectués dans la baie sud d'El-Skhyné.

a) Un premier sondage (BI) a été implanté dans la zone présumée de l'ancien lit de l'oued qui s'écoulait dans la vallée de la Qassouba; ce carottage devait analyser le débit d'eau ainsi que la largeur du lit de cet ancien oued, aujourd'hui complètement artificialisé, sinon asséché. La nature des sédiments prélevés par le carottage a déterminé qu'il s'agissait d'une rivière de largeur importante durant l'Antiquité (Frost 2004: 342; Stephaniuk 2001; Morhange *et al.* 2005: 19-41).

Selon H. Frost, les grumes de bois de cèdres et autres conifères auraient été acheminées de l'arrière-pays vers la côte sur le cours de cet oued. Suite à une prospection effectuée dans les vallées de l'arrière-pays de Byblos (Dalix et Chaaya 2007), cette dernière hypothèse doit être rejetée. Le cours d'eau saisonnier de la Qassouba ne pouvait être en mesure d'acheminer de grands troncs en raison de son lit très accidenté, présentant de nombreux coudes. La raison majeure de ce rejet reste que cet oued n'atteignait pas les hauts plateaux où poussaient le cèdre, le genévrier et autres conifères convoités durant toute l'Antiquité (**Fig. 8**). Mais le transport de marchandises de petit gabarit aurait été possible sur le cours de cet oued ainsi

que l'approvisionnement en eau fraîche desservant le secteur sud de la zone côtière de Byblos.

b) Deux autres sondages par carottage, effectués au centre de la baie sablonneuse d'El-Skhyné (BII) et au sud (BIV), ont déterminé qu'il s'agissait d'une baie largement ouverte et battue (Stephaniuk 2001; Morhange *et al.* 2005). Toutefois, le secteur sud de la baie de sable présente à ce jour une anse, qui aurait pu offrir un abri sûr pour amarrage. Pour vérifier cette possibilité, le programme de recherche «Byblos et la mer» dans le cadre d'une mission de sondage par carottage effectuée en 2014, a implanté un carottage à l'intérieur de cette anse au pied des falaises, à 250m du trait de côte actuel. Les résultats ont conforté ceux de l'étude du projet CEDRE: malgré la configuration de cette anse naturelle plus ou moins abritée, les sédiments qui y ont été prélevés dévoilent un milieu battu, exposé aux courants marins.

c) un quatrième sondage (BIII) a été effectué à l'intérieur de la parcelle de l'Orphelinat arménien pour vérifier la localisation possible du port antique à cet endroit, hypothèse avancée par H. Frost et C. Morhange (Morhange 1998-99). Malheureusement, le prélèvement de la colonne sédimentaire a présenté un hiatus important (un vide dans la colonne sédimentaire traduisant un problème technique au moment du retrait de la carotte) et ne peut donc pas être pris en considération dans son ensemble. Toutefois, un échantillon de ce carottage a pu montrer un milieu protégé remontant à une très courte période, le restant des sédiments extraits indiquant un milieu plutôt battu (Stephaniuk 2001: 85-86).

Au vu des résultats des sondages par carottages effectués en 2000, il n'était plus question pour H. Frost de placer un port fermé dans l'ensemble de la zone sud de Byblos. Cette troisième localisation portuaire a ainsi été éliminée à son tour.

Par ailleurs, les observations en plongée (Collina-Girard *et al.* 2002), ont montré une configuration actuelle du paysage sous-marin de la baie de Jouret Osman — zone maritime de la parcelle de l'Orphelinat arménien —, inadaptée à la navigation: le lit marin actuel présente un fond rocheux accidenté avec des pics affleurant par endroit; la colonne d'eau peu profonde ne permet pas l'accès aux embarcations.

En procédant par élimination et compte tenu des résultats de terrain obtenus jusque-là, la tendance générale a été d'adopter la théorie de H. Frost, pour qui un amarrage de pleine mer était la seule théorie envisageable. Pour elle, les grands navires auraient attendu leur cargaison, amarrés au large de Byblos, sur les hauts fonds dits de «Dahret Martine», une série de trois promontoires sous-marins. Des petites chaloupes faisant l'aller et retour entre la baie ouverte d'El-Skhyné et l'amarrage à deux kilomètres, pour transborder, entre autre, les troncs d'arbres qui étaient exportés vers l'Égypte.

En 2002, H. Frost avait entrepris une mission de cartographie de ces trois hauts fonds ou escarpements sous-marins (Frost 2002), localisés depuis 1998 (Plongée en scaphandre autonome, H. Frost, M. Francis-Allouche, C. Francis et J. Charbine). Ce relevé au GPS et au sondeur a été effectué par Jacques Collina-Girard, qui décrit ces formations, comme «horst», c'est-à-dire un compartiment surélevé

entre deux failles parallèles, orientées NE-SW, et sous-compartimenté par des accidents mineurs NS ou «grabbens» (Collina-Girard *et al.* 2002). Cette prospection avait livré un plan préliminaire de ces trois promontoires sous-marins, alors que l'ensemble de la zone maritime, liée au tell de Byblos, n'a été couverte qu'en 2014, par un relevé bathymétrique (et paléo-bathymétrique) complet au sein du projet «Byblos et la mer» (Fig. 18; voir rapport Papatheodorou ci-après).

Toutefois, étant donné l'exposition de la zone des hauts fonds aux vents et aux courants marins de directions différentes selon les saisons, et en prédominance du SO, les questions d'amarrage et de débordement de pleine mer, surtout de grumes de taille considérable (de plus de 20m), ont été repensées. Le levage des ancrs en pierre, trouvées concrétionnées au haut fond de «Dahret Martine» en 2002 (Collina-Girard *et al.* 2002), permettrait peut-être de trancher définitivement la question de savoir si, comme le pensait H. Frost, elles sont liées au port



Fig. 8- Les principaux ouadis de l'arrière-pays de Byblos: possibles axes de communication pouvant desservir la ville antique (Archives «Byblos et la mer»).

de l'Âge du Bronze (Frost 1998-99). Mais ne feraient-elles pas penser plutôt à une zone d'ancrage passager pour les navires en attente d'amarrage dans le port antique de Byblos, où le chargement de cargaison se serait fait à quai, comme le laissent penser les témoignages historiques évoqués plus haut?

Au final, les différentes possibilités portuaires envisagées le long du littoral giblité depuis 1998, ont été écartées au bout de plusieurs campagnes de vérification dans le cadre du programme de recherche «Byblos et la mer».

#### IV. Réorientation de la recherche: éléments nouveaux, une démonstration

MARTINE FRANCIS-ALLOUCHE  
et NICOLAS GRIMAL

Suite à ce premier bilan, une nouvelle hypothèse de travail est envisagée; depuis 2013, le terrain a livré de nouveaux éléments qui ont porté plus loin la recherche sur la localisation du bassin portuaire. Le détail des études pluridisciplinaires effectuées dans la zone se trouve ci-après.

##### IV.1 Reconsidération de la zone sud de Byblos.

Plusieurs facteurs nous ont poussés à reconsidérer la localisation portuaire au piémont sud du tertre archéologique.

###### IV.1.1. Le récit d'Ounamon: un amarrage à proximité du tell de Byblos

Avant d'en venir à la vérification de terrain, il convient d'évoquer à nouveau le rapport d'Ounamon; quand il est en audience avec le Prince pour sa requête, ce dernier désigne à son hôte, à partir du tell où il le reçoit, vingt navires amarrés dans son port; Ounamon, lui-même, aperçoit onze navires de là où est entassé le bois qui lui est destiné. Cela voudrait bien dire que l'amarrage des navires se trouvait à proximité, voire en contrebas du promontoire sur lequel était perchée la ville, puisqu'ils arrivent à discerner un nombre

exact de navires amarrés dans le port. Nous en avons donné en 2012 l'analyse suivante (Grimal et Francis-Allouche 2012: 290-93).

Le récit d'Ounamon donne une indication qui éclaire la nature du lieu où le bois est entreposé, en attendant d'être chargé: «je m'en allais au bord de la mer, là où était entassé le bois, et j'aperçus 11 bateaux (*iwꜣi šm nꜣi <hr> spr <n> pꜣ ym r pꜣ nty nꜣ ht im wꜣh, iwꜣi nw r 11 n br*)». Le lieu d'entrepôt est proche d'un mouillage important, puisque Ounamon y voit 11 bateaux *br*. Le terme est un mot d'emprunt, comme l'indique sa graphie (𓆎𓆏𓆑𓆒𓆓𓆔), qui apparaît dans la seconde moitié du 2<sup>e</sup> millénaire av. J.-C.<sup>21</sup>. [...] Les exemples d'emploi montrent qu'il s'agissait d'un navire apte au transport, aussi bien de personne que de marchandises, et destiné à la navigation en haute mer. [...]

Ce texte, en effet, revient à poser la question de la nature du port: mouillage, installations à quai ou rade foraine, ou l'ensemble combiné?

Pour désigner un port, la langue égyptienne utilise essentiellement deux termes, en contexte aussi bien fluvial que maritime. Le premier est *mniw*<sup>22</sup>, substantif formé sur le mot *mni*, qui désigne le «pieu d'amarrage»<sup>23</sup>, c'est-à-dire un point d'attache solide<sup>24</sup>. Dans les tombes de Beni Hassan, par exemple, on voit l'enfoncement du pieu *mni* qui va servir à amarrer la barque<sup>25</sup>. Il s'agit donc d'un point d'amarrage, qui ne nécessite pas une installation portuaire complexe et s'inscrit en dehors d'un contexte urbain. Dans ses *Annales*, Thoutmosis III appelle *mniwt* les mouillages artificiels, qu'il crée en terrain conquis dans le nord de la Syrie et qu'il approvisionne en nourriture et matériaux à partir des produits de la région.

L'autre terme est *mryt*, un mot attesté tout au long de l'histoire de l'Égypte, pour deux sens que distingue clairement la graphie. Le sens premier est celui de «rive»<sup>26</sup>, écrit 𓆎𓆏𓆑. Le terme désigne, à proprement parler, une réalité très égyptienne, plus liée aux canaux qui distribuent les eaux du Nil à travers la campagne qu'aux rives de celui-ci: le talus que l'on rehausse chaque année après la crue en draguant la vase accumulée au fond du canal. C'est ce chemin qu'utilisent les paysans pour se déplacer; c'est ce chemin que le fourbe intendant Rensi barre d'une pièce de tissu pour s'emparer des biens de l'Oasien<sup>27</sup>.

Le déterminatif reste toujours le même: celui de la portion de terrain<sup>28</sup>.

Le sens second, dérivé de l'idée d'aménagement de la berge, est celui de «port»<sup>29</sup>. La même polysémie se retrouve en démotique<sup>30</sup>; en copte, c'est le sens second qui prévaut<sup>31</sup>. Dans ce second sens, le déterminatif est généralement celui de l'eau: 𓆎𓆏𓆑𓆒. Dans sa thèse, Caroline Sauvage risque une analyse de deux termes, mais qui reste insuffisante<sup>32</sup>. Il n'est que de reprendre, en effet, une à une les attestations pour constater la distinction graphique entre rive et port est constante.

Dans le texte de la campagne de l'an 42 des *Annales* de Thoutmosis III, que l'auteur cite<sup>33</sup>, *hm-f hr pꜣ mꜣn n mryt*, et qu'elle traduit «Sa Majesté était sur la route de la berge/côte», le mot employé est celui qui désigne la côte, et non le port: 𓆎𓆏𓆑𓆒𓆓𓆔.

Dans le texte du rapport d'Ounamon, la rigueur est la même; les dix occurrences de *mrit* montrent que le terme est toujours employé au sens de «port» (Fig. 9), qu'il distingue du «rivage» (*spt*) et qui est un lieu dans lequel les bateaux s'amarront: «le port de la mer (*n pꜣ ym*)», «le rivage de la mer du port de Byblos», «n'y a-t-il pas 20 navires *mns* ici, dans mon port», etc. Les termes sont les mêmes pour Dor, où l'emplacement du port a été clairement identifié<sup>34</sup>: «j'ai été volé dans ton port», «je passai neuf jours amarré dans ton port», «attends d'avoir quitté le port».

Il est donc clair que, au 11<sup>e</sup> siècle av. J.-C., Byblos possédait un port construit, muni de quais, auxquels au moins 20 navires de charge (*mns*) pouvaient être amarrés en même temps. Par ailleurs, ce port se trouvait à peu de distance de l'acropole, en contrebas de laquelle il se trouvait nécessairement.

Port de Byblos :	
𓆎𓆏𓆑𓆒𓆓𓆔	2, 74 « le port de la mer »
𓆎𓆏𓆑𓆒𓆓𓆔	1, 33 « Je dressai ma tente sur le rivage de la mer du port de Byblos »
𓆎𓆏𓆑𓆒𓆓𓆔	1, 35 « Va-t'en de mon port ! »
𓆎𓆏𓆑𓆒𓆓𓆔	1, 37 « Je passai 29 jours dans son port »
𓆎𓆏𓆑𓆒𓆓𓆔	1, 37-38 « Va-t'en de mon port ! »
𓆎𓆏𓆑𓆒𓆓𓆔	1, 58-59 « N'y a-t-il pas 20 navires <i>meneshou</i> (l. x+24) ici, dans mon port ? »
𓆎𓆏𓆑𓆒𓆓𓆔	2, 26-27 « Tu as laissé ce grand dieu passer 29 jours amarré (dans) ton port »
Port de Dor :	
𓆎𓆏𓆑𓆒𓆓𓆔	1, 13 « j'ai été volé dans ton port »
𓆎𓆏𓆑𓆒𓆓𓆔	1, 21-22 « Je passai neuf jours amarré dans ton port »
𓆎𓆏𓆑𓆒𓆓𓆔	1, 27 « [Attends d'avoir quitté] le port »

Fig. 9- Les emplois de *mrit*, «port» dans le rapport d'Ounamon (Archives «Byblos et la mer»).

Donnons, en effet, une dernière fois la parole à Ounamon. Arrivé au port, il a planté sa tente sur le rivage, attendant que le prince de Byblos le fasse chercher. «Quand le matin fut venu, il envoya quelqu'un pour me conduire en haut tandis que le dieu reposait dans la tente [1, x+13] où il était, au bord de la mer. Je le trouvai assis dans son bureau, le dos tourné [1, x+14] à une fenêtre: les vagues de la grande mer de Syrie roulaient jusqu'à [1, x+15] son cou. Je lui dis: 'Qu'Amon te bénisse!' Il me dit: 'Il y a combien de temps jusqu'à aujourd'hui que tu as quitté le lieu de résidence [1, x+16] d'Amon?' Je lui dis: 'cinq mois pleins jusqu'à aujourd'hui'<sup>35</sup>. L'épisode a fait couler très tôt beaucoup d'encre. Pierre Montet s'est tout particulièrement attaché à retrouver les indications topographiques, qu'il connaissait bien<sup>36</sup>. S'il montre bien la nécessaire proximité du port de l'acropole<sup>37</sup>, il place celui-ci au nord du tell, à l'emplacement du port médiéval, ce qui, comme nous l'avons vu plus haut, est impossible.

#### IV.1.2. Le nord de la baie d'El-Skhyné, un milieu propice

Les conditions physiques de ce milieu semblent offrir une configuration naturelle favorable à l'amarrage de navires. Même si la configuration antique de ce secteur de la côte a plus ou moins disparu, en raison de l'ensablement et de l'urbanisation moderne, on devine encore aujourd'hui l'invagination de cette ancienne vallée au pied du tertre de Byblos (Carayon 2013). Un fond de carte ancienne d'Ernest Renan (Fig. 10 a), montre encore mieux cette échancrure profonde qui contournait le tertre pour s'enfoncer jusque vers la porte SE de la ville. Cet accès à la ville, y est visible (flèche rouge), surplombant des falaises abruptes, elles-mêmes indiquées par des courbes de niveaux serrées, il apparaît sur un plan plus tardif (Laufray 2008: 77), montrant l'organisation de la voirie et les différents quartiers et portes de la ville au 3<sup>ème</sup> millénaire; un deuxième accès à la ville, désigné en tant que «poterne» dans la zone sud de la ville (Laufray 2008: 321-322), se trouve aujourd'hui au-dessus de cette même vallée colmatée, occupée par les bâtiments de l'Orphelinat arménien (Fig. 10 b). Lieu présumé de l'installation portuaire de la ville

antique. Ainsi, la proximité de la ville de Byblos de la zone en question rejoindrait les propos du récit d'Ounamon, concernant l'existence d'un amarrage au pied du promontoire.

La position de l'îlot El-Yasmine offre une protection naturelle à l'angle NTE de la baie d'El-Skhyné, — il fait office de brise-neige contre les courants marins prédominants du SO (Sauvage 2015: 78-79). Des rides sous-marines de part et d'autre de l'îlot, détectées par des relevés bathymétriques (Francis-Allouche et Grimal 2016), renforcent la protection de cette baie, confinée en sa partie nord, alors que le reste de la baie sud semble être soumise, d'après les résultats de carottages, aux courants marins ainsi qu'aux dynamiques torrentielles des différents oueds et rivières de proximité.

#### IV.1.3 La proximité de cours d'eau dans l'arrière-pays de Byblos

Il ne suffit pas juste d'un mouillage abrité pour justifier l'installation d'un port commercial de grande envergure; il faut encore que celui-ci soit lié à l'aboutissement de voies fluviales et/ou terrestres, pour assurer l'exploitation d'un arrière-pays riche en conifères.

Le récit d'Ounamon nous informe des différentes étapes du commerce de bois selon les saisons, de son abattage, dans l'arrière-pays de Byblos, à son export, à partir du port de la ville. Les grumes de cèdre ou de pins, qui pouvaient dépasser 30m de longueur, ne se prêtaient guère au transport terrestre. Les arbres qui les fournissent poussent, eux, plus bas, sur les contreforts du mont Liban qui séparent la Beqaa de la mer, dans cette partie occidentale du pays que les sources égyptiennes qualifiaient de «plantations «(*hnty-š*), ou, de façon encore plus explicite de «terrasses du pin parasol» (*htyw n š*), deux termes devenus des quasi-synonymes de «Liban»<sup>38</sup>. Cette zone se situe, pour le cèdre, et pour rester dans l'arrière-pays de Byblos, dans la région de Jaj (Fig. 8) (ou Arz Jaj, littéralement les cèdres de Jaj), puis, en-dessous de 1500m pour le pin parasol (Grimal et Francis-Allouche 2012: 282).

À cette altitude, les deux principaux cours d'eau aptes à la descente des grumes en période de hautes eaux sont l'oued du Fidâr et le Nahr Ibrahim

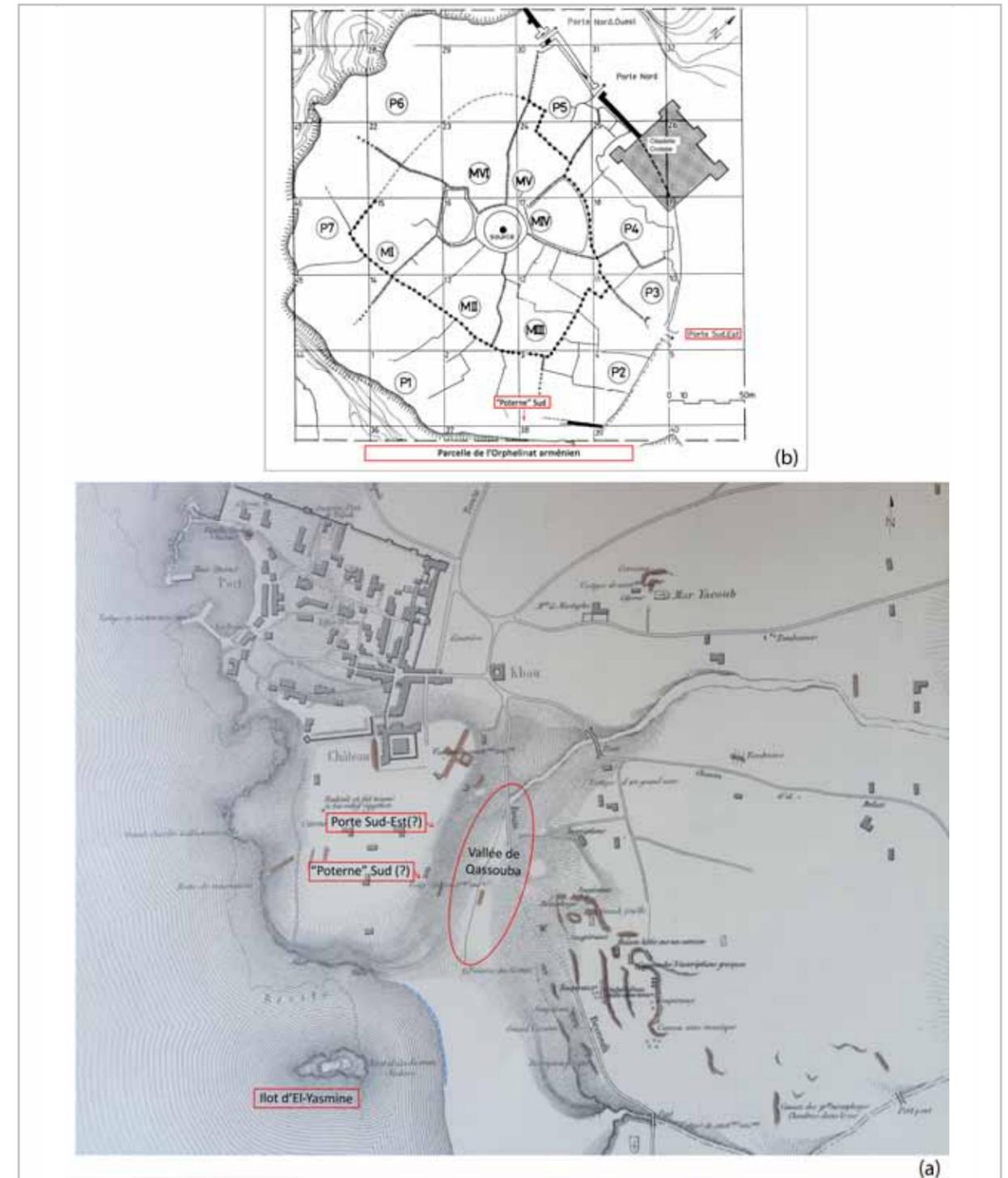


Fig. 10a- Invagination marquée de la vallée de Qassouba, partiellement colmatée en 1860, - ligne de rivage en tirés bleus en amont de l'îlot d'El-Yasmine, aujourd'hui pratiquement rattaché à la côte (d'après Renan, 1860); on y voit aussi l'emplacement approximatif de deux accès à la ville antique de Byblos, surplombant la vallée; Fig. 10b- La «Porte Sud-Est» et la «Poterne» au sud (d'après Laufray, 2008), surplombant la vallée de Qassouba, occupée aujourd'hui par les bâtiments de l'Orphelinat arménien.

(ou «rivière d'Ibrahim») (Fig. 8). Il est évident que tous les cours d'eau de la région devaient servir aux transports divers de l'arrière-pays vers la côte, mais nous ne prenons en considération que ceux au sud de Byblos pour des raisons d'ordre pratique: le transport des grumes à partir de l'embouchure des rivières vers le port de Byblos s'effectuant par voie maritime, les anciens utilisaient sans doute les courants marins dominants du SO pour tracter des grumes de bois vers le nord, là où devait se situer le port antique au pied de la ville de Byblos, selon les annales anciennes.

Pour conforter cette hypothèse, une inscription d'Hadrien, parmi d'autres (Abdul-Nour 2001: 64-95), visant à protéger quatre espèces de conifères, dont le cèdre, se trouve encore gravée dans de la pierre dans la forêt de Mar Moussa qui surplombe le Nahr Ibrahim. Une prospection menée par Anne-Sophie Dalix et Anis Chaaya en 2004 dans le cours supérieur du Fidâr a également permis de mettre en évidence des traces anthropiques dans la zone probable d'exploitation: en particulier, une route menant au torrent, ainsi que, sur son cours, diverses encoches taillées dans la roche, qui auraient pu servir à un dispositif de freinage des grumes lors de leur descente<sup>39</sup>. Ce mode de transport, — à l'époque qui nous intéresse ici, plus probablement «à bûches perdues» que sous forme de radeaux —, devait être très semblable à celui qu'employèrent les souverains perses, sur l'autre versant, en direction de l'Oronte<sup>40</sup>.

### Conclusion

Au bout du compte, l'angle NE de la Baie d'El-Skhyné, l'actuelle parcelle de l'Orphelinat arménien, est le seul candidat favorable à une installation portuaire de la ville antique de Byblos.

## IV.2. Vérification de terrain

Pour toutes ces raisons, un programme d'investigation pluridisciplinaire a débuté en 2013 dans la parcelle du terrain de l'Orphelinat arménien (Byblos, lot 642), au piémont sud du site archéologique; nous avons fait appel à des outils de reconnaissance «non destructrice», avant de considérer la fouille de terrain.

### IV.2.1. Prospection géophysique: cartographie de résistivité électrique: mission 2

Pour dresser un premier état des lieux, une mission de prospection géophysique a été effectuée en octobre 2013 dans le cadre du programme «Byblos et la mer» sous la direction scientifique de Tomasz Herbich (Institute of Archaeology and Ethnology, Polish Academy of Sciences) dans la parcelle basse de l'Orphelinat arménien (Fig. 11b; voir rapport Herbich ci-après), à la recherche de possibles niveaux antiques enfouis dans le sous-sol de cette parcelle. En fonction de la nature de celui-ci, à prospecter, nous avons opté, parmi les différentes techniques disponibles, pour la résistivité électrique.

Au final, cette méthode d'investigation nous a fourni une cartographie en deux dimensions du sous-sol, et nous a permis de localiser grossièrement un ancien plan d'eau portuaire, c'est à dire une baie colmatée avec un paléorivage, ou une ligne de rivage ancien, bien en amont du trait de côte actuel (Fig. 11a).

### Preliminary results of the electrical resistivity profiling survey

TOMASZ HERBICH

The report presents preliminary results of the electrical resistivity profiling survey. The measurements were taken by Tomasz Herbich (from the Institute of Archaeology and Ethnology, Polish Academy of Sciences) and Dawid Swięch (self-employed archaeologist) in October 2013. The grid was set by Damien Laisney of Maison d'Orinet, Lyon. The data were processed by Tomasz Herbich.

### The method of the survey

An unsymmetrical Schlumberger array (AM=2.5m, MN=1m) has been applied, in two configurations of the electrodes:

- a- current probe A – 8.5 m – potential probe M – 1 m – potential probe N – infinity – current probe B;
- b- current probe A – 2.5 m – potential probe M – 1 m – potential probe N – infinity – current probe B.

The array a) makes it possible to observe changes of apparent resistivity (herein after referred to as resistivity) to a depth of approximately 5 m (herein after referred to as a deep layer of prospection); the array b) allows to observe changes of resistivity to a depth of approximately 1.5 m (herein after referred to as a shallow layer of prospection).

The deep layer profiling covered an area of app. 6000 m<sup>2</sup>; the shallow layer profiling covered an area of app. 2400 m<sup>2</sup>. The traverses were oriented NE-SW; the probe A was always to SW of the MN probes. The sampling grid was 1 x 1 m (measurements were taken along traverses 1 m apart, every 1 m along the traverse). Measurements were taken within grids 20 x 20 m.

Two instruments ADA 05-R (by Elmes, Poland) have been used. The potential probes were fixed to a wooden frame to keep a constant distance between the probes.

### Presentation of resistivity maps and results of the survey

Results are presented as maps of the apparent resistivity changes (herein after referred to as resistivity maps), with blue corresponding to lowest values of resistivity and brown corresponding to the highest ones. The results were processed with a use of Surfer software; a low pass filter has been applied.

In the deep layer of prospection, measures registered resistivity of values within a range of 10 to 400 ohm-m. One can observe that the area characterized by a low resistivity (below 50/60 ohm-m) is located close to a present sea shore - in the western part of the prospected area. The values increase towards the east, with increase of a distance to the shore and reach average values of around 100/130 ohm-m; in the SE part of the area, the values exceed 200 ohm-m. The map shows in a distinctive way a

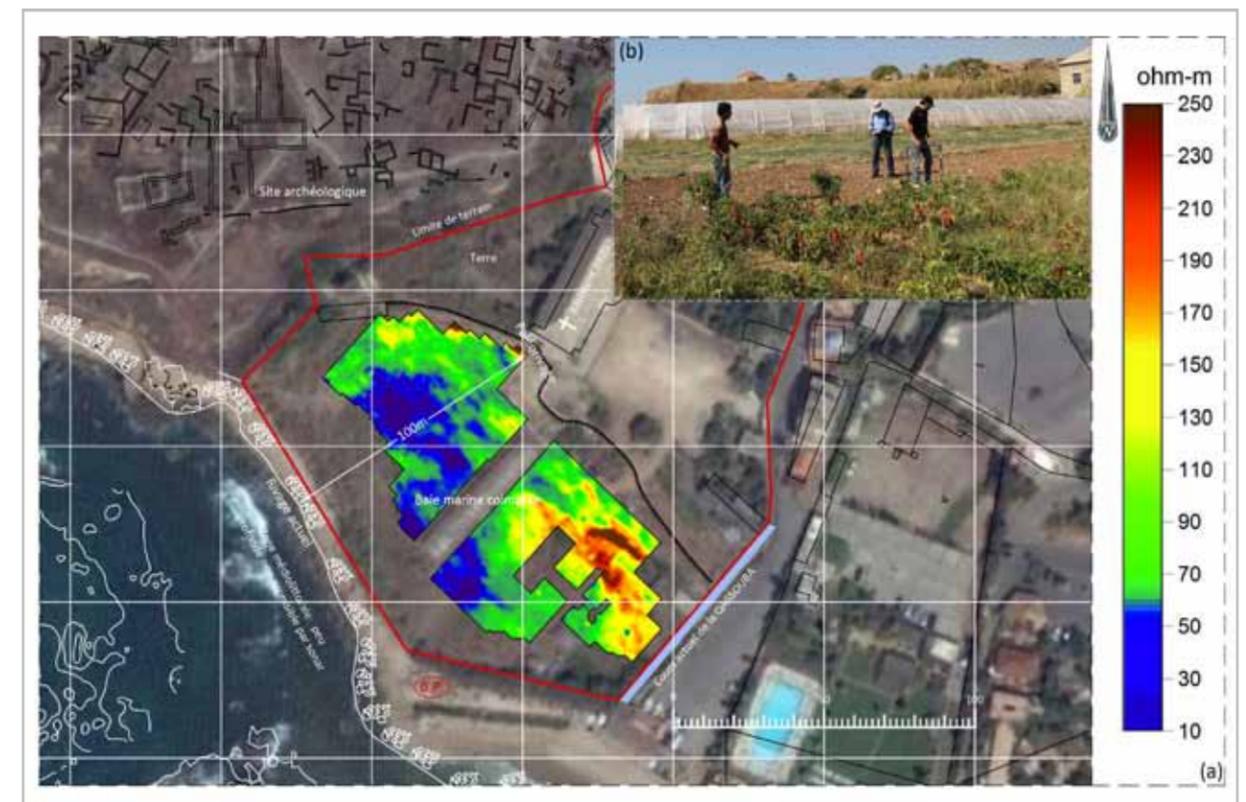


Fig. 11a- Résultats de la cartographie résistive: image en 2D d'un plan d'eau enfoui; l'échelle de couleur varie selon la résistivité du sol pénétré: les tons vert et bleu montrent la zone de faible résistivité propre à des matériaux argileux ou baignés dans de l'eau salée; Fig. 11b- Prospection de cartographie par résistivité électrique sur le terrain de l'Orphelinat arménien.

boundary between the areas characterized by lower and higher resistivity: the location of the boundary could suggest its correspondence with a former see shore or a paleo-shoreline lying today at about a 100m inland (**Fig. 11a**); the low resistivity can be an effect of a presence of layers, with admixture of clay/loam, which are characterized by low resistivity values.

The result of the survey produced a good basis for a further research: verification by auger coring. This can be performed along lines perpendicular to the boundary between high and low resistivity areas, both in the northern and the southern parts of the prospected area.

#### IV.2.2 Sondages par carottages sédimentaires: mission 3

MARTINE FRANCIS-ALLOUCHE  
et NICOLAS GRIMAL

Pour vérifier les résultats de la prospection géophysique (2013) dans la parcelle de l'Orphelinat arménien, il était nécessaire de sonder le terrain par carottages sédimentaires. L'objectif principal de cette campagne de carottage, menée par «Byblos et la mer» dans cette zone, avait pour but d'évaluer les potentialités portuaires naturelles dans l'Antiquité.

Cette investigation dirigée par Nicolas Carayon (CNRS UMR 5140: Archéologie des Sociétés Méditerranéennes, Montpellier-Lattes, France) en janvier 2014 dans cette même parcelle de l'Orphelinat arménien, a fait suite aux travaux de 2000, qui s'étaient limités alors à quatre carottages au nord et au centre de la baie; elle a vérifié surtout les résultats de l'investigation géophysique d'octobre 2013; l'implantation d'une série de 29 sondages par carottages a été déterminée en fonction des résultats de sondages géophysiques (**Fig. 12**); Cette mission, a abouti au prélèvement de colonnes sédimentaires, dont l'échantillonnage sur le terrain et l'analyse en laboratoire ont fourni de nombreux indices concernant une paléobaie en arrière de l'actuelle baie de Jouret Osman.

Au sein de l'étude autour de la problématique portuaire antique de Byblos, il était question à ce point, de comprendre comment l'espace côtier

«naturel» était passé à un aménagement artificiel créé par l'homme. Nous avons tenté de retracer les phases d'anthropisation et de recréer la zone antique portuaire à partir de l'analyse des sédiments: généralement, la mise en place des structures portuaires provoque en effet le passage d'un mode marin battu à un mode calme. Le bassin portuaire correspond à un milieu de sédimentation artificiel, qui va désormais piéger des sédiments très fins limono-argileux; des changements nets apparaissent dans la taille des grains: ils s'affinent. Ce bouleversement de milieu affecte également la macrofaune et la microfaune. On passe d'assemblages caractéristiques de milieux ouverts vers le large à des assemblages adaptés au milieu confiné, riche en sédiments fins, rejoignant la définition schématique d'un port: un contenant, un contenu et un plan d'eau marin (Goiran et Mohrange 2001).

Dans la parcelle de l'orphelinat, le contenu sédimentaire a été défini par 24 des 29 carottes effectuées et 291 échantillons (80kg) prélevés et analysés en laboratoire; la topographie d'une paléobaie a été précisée en arrière de l'actuelle baie de Jouret Osman, retraçant son évolution et son processus de colmatage (voir rapport Carayon ci-après). Une dynamique de zone portuaire protégée a été déterminée: les carottages ont extrait des couches stratigraphiques composées de dépôts fins, traduisant ainsi un milieu portuaire confiné et protégé des assauts de la mer. Ces «archives sédimentaires», renfermant généralement de nombreux bio-indicateurs tel que faunes, pollen et graines, nous ont également renseignés sur les degrés de protection et de confinement du milieu (voir rapport Carayon ci-après). Quelques échantillons prélevés ont servi de marqueurs chronologiques pour une datation préliminaire de certaines phases de la vie du bassin et de son colmatage. Une série de douze échantillons a été datée au C14 au laboratoire de Poznan en Pologne (voir **Tab. 1** rapport Carayon ci-après). Nous espérons pouvoir les contextualiser archéologiquement et confirmer ou infirmer ces premières données par les fouilles de sondages prévues sur la parcelle de l'Orphelinat arménien au sein du projet de recherche «Byblos et la mer» (mission 8).

Concernant le contenant, c'est à dire de possibles structures archéologiques, taillées dans le substrat ou

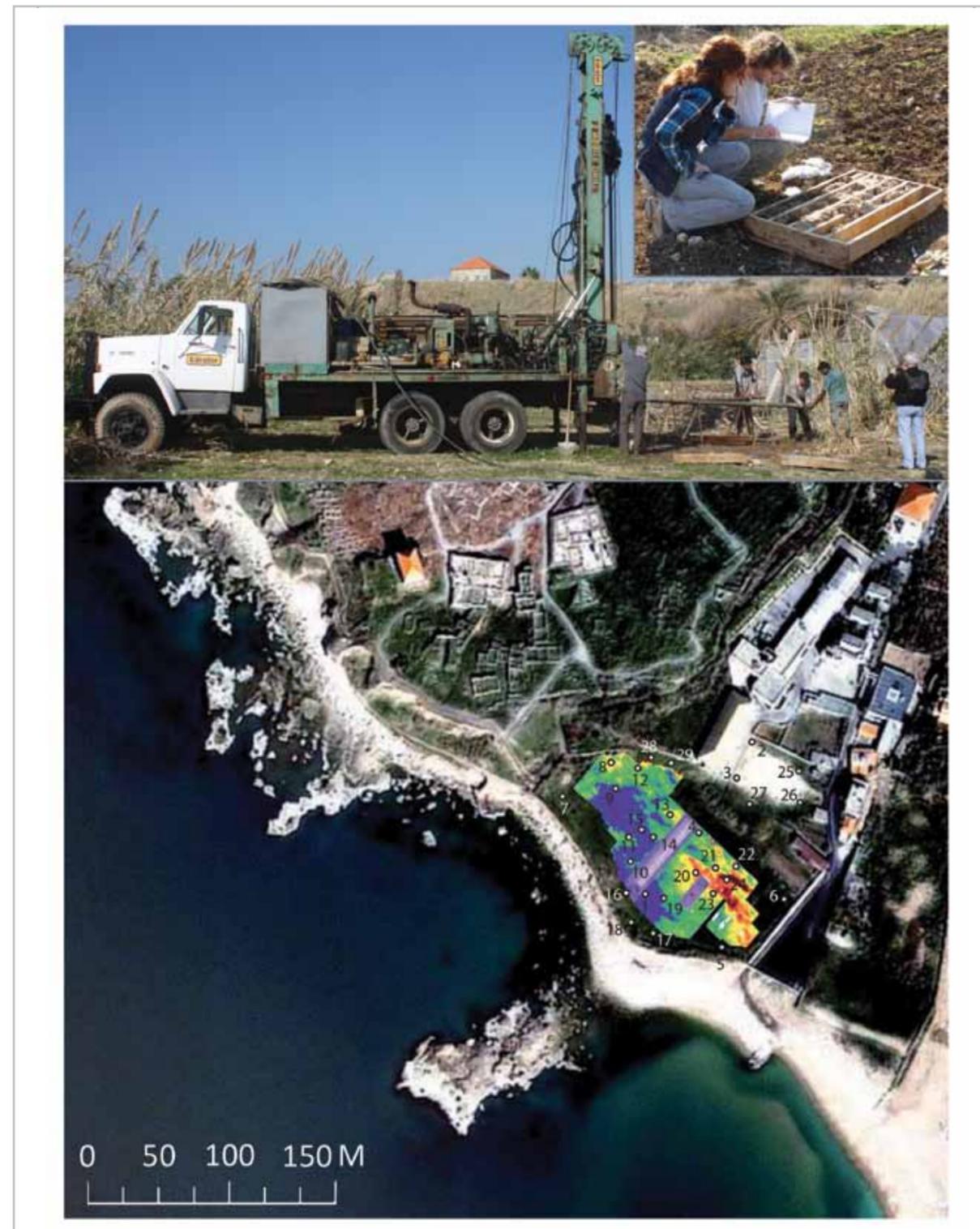


Fig. 12- Implantation d'une série de 29 sondages par carottage sur la parcelle de l'Orphelinat arménien, pour vérification des résultats de prospection géophysique.

Echantillon	Type	Lab. No	Radiocarbon Age BP	Cal. BC/AD	Standard deviation	Calibration data set	Delta R
BYB_16_10_1	Coquille <i>Glycymeris glycymeris</i>	Poz-72186	1110 +/- 30	cal AD 1158- 1415	2 sigma	marine13.14c (Reimer et al. 2013)	2 +/- 61 (Reimer 2002)
BYB_16_11_1	Pépin de raisin	Poz-72257	2175 +/- 35	cal BC 135- 115	2 sigma	intcal13.14c (Reimer et al. 2013)	2 +/- 61 (Reimer 2002)
BYB_17_7_1	Coquille <i>Columbella Rustica</i>	Poz-72187	525 +/- 30	cal AD 1682- 1950	2 sigma	marine13.14c (Reimer et al. 2013)	2 +/- 61 (Reimer 2002)
BYB_17_7_2	Coquille <i>Cerithium vulgatum</i>	Poz-72188	555 +/- 30	cal AD 1653- 1950	2 sigma	marine13.14c (Reimer et al. 2013)	2 +/- 61 (Reimer 2002)
BYB_17_8_1	Charbon	Poz-71244	2195 +/- 35	cal BC 368- 174	2 sigma	intcal13.14c (Reimer et al. 2013)	
BYB_17_10_1	Charbon	Poz-71245	2210 +/- 30	cal BC 370- 199	2 sigma	intcal13.14c (Reimer et al. 2013)	
BYB_17_10_2	Coquilles <i>Glycymeris glycymeris</i> en connexion	Poz-71190	2460 +/- 30	cal BC 345- cal AD 11	2 sigma	marine13.14c (Reimer et al. 2013)	2 +/- 61 (Reimer 2002)
BYB_17_11_1	Pépin de raisin	Poz-71247	2200 +/- 35	cal BC 370- 179	2 sigma	intcal13.14c (Reimer et al. 2013)	
BYB_20_10_1	Pépin de raisin	Poz-71248	2205 +/- 35	cal BC 376- 191	2 sigma	intcal13.14c (Reimer et al. 2013)	
BYB_20_11_1	Charbon	Poz-71249	2190 +/- 35	cal BC 368- 169	2 sigma	intcal13.14c (Reimer et al. 2013)	
BYB_20_12_1	Coprolithe d'ovicapriné	Poz-71250	2245 +/- 30	cal BC 392-206	2 sigma	intcal13.14c (Reimer et al. 2013)	
BYB_20_13_1	Pépin de raisin	Poz-71251	2200 +/- 35	cal BC 370- 179	2 sigma	intcal13.14c (Reimer et al. 2013)	

Tab. 1- Tableau récapitulatif des datations radiocarbones réalisées.

construites, de type môles ou quais, et qui contiennent le plan d'eau, les colonnes sédimentaires ont relevé quelques blocs de calcaire et de Ramleh (voir rapport Carayon ci-après). Cependant, les niveaux les plus profonds, qui correspondent à celui du bassin antique enfoui, n'ont pas été atteints lors des sondages effectués par la Direction Générale des Antiquités en 2015, du fait de la difficulté rencontrée dans les sondages atteignant le niveau de la mer; l'infiltration de l'eau de mer d'une part et de la nappe phréatique d'autre part en ont limité la fouille.

Des moyens techniques plus importants devront être mis en place dans la deuxième phase de recherche. La partie haute de la parcelle étant densément urbanisée, il n'a pas non plus été possible d'atteindre les niveaux plus anciens en raison du manque de temps et de la taille réduite des sondages: risque d'effondrement des parois en terre.

La masse d'eau d'un bassin portuaire compte deux interfaces dynamiques: le niveau marin (plus

ou moins inchangé depuis l'Antiquité (Elias *et al.* 2007) et le fond marin. La différence entre les deux permet d'aboutir à une mesure de la hauteur de la colonne d'eau et à une estimation du tirant d'eau maximal des navires; une colonne d'eau suffisante pour le mouillage d'un navire dans le vieux port de Marseille, par exemple, ne comptait que 100cm au VI<sup>e</sup> s. av. J.-C. (Goiran et Mohrange 2001). Pour le bassin portuaire de la parcelle de l'Orphelinat arménien à Byblos, la masse d'eau a pu être reconstituée d'après les colonnes sédimentaires extraites: en première phase, la superficie minimale du plan d'eau est de 8000m<sup>2</sup>, pour une profondeur allant de 2,5m, au moins profond, à 4,20m vers le large (voir rapport Carayon ci-après). Suite à une possible élévation du niveau de la mer, le bassin jouit, dans une deuxième phase, d'une superficie minimale d'un plan d'eau de 12000m<sup>2</sup>, pour une profondeur de 1,2-1,5m à 2,5-3,5m vers le large (voir **Fig. 13** rapport Carayon ci-après).

## Stratigraphie de la paléobaie d'El-Skiné Résultats préliminaires de la campagne de carottage réalisée en 2014

NICOLAS CARAYON (\*)

### Introduction

Le terrain de l'Orphelinat arménien est situé immédiatement au pied méridional du tell de Byblos qui le limite vers le nord-ouest. Il est également limité au SE par un mur de parcelle qui sépare

le terrain du cours actuel de la Qassouba, un petit oued saisonnier aujourd'hui très artificialisé. Au NE, le terrain est occupé par les bâtiments (notamment l'église) et le parking de l'orphelinat qui surplombent de 2m environ une zone basse en partie cultivée, immédiatement en retrait de l'actuel trait de côte. Les carottages ont été implantés à la fois au niveau du parking et de la zone basse (**Figs 12 et 13**). Dans la mer, approximativement en face de l'embouchure de la Qassouba, émerge l'îlot d'El-Jasmine. Ce secteur de Byblos a fait l'objet de plusieurs observations et

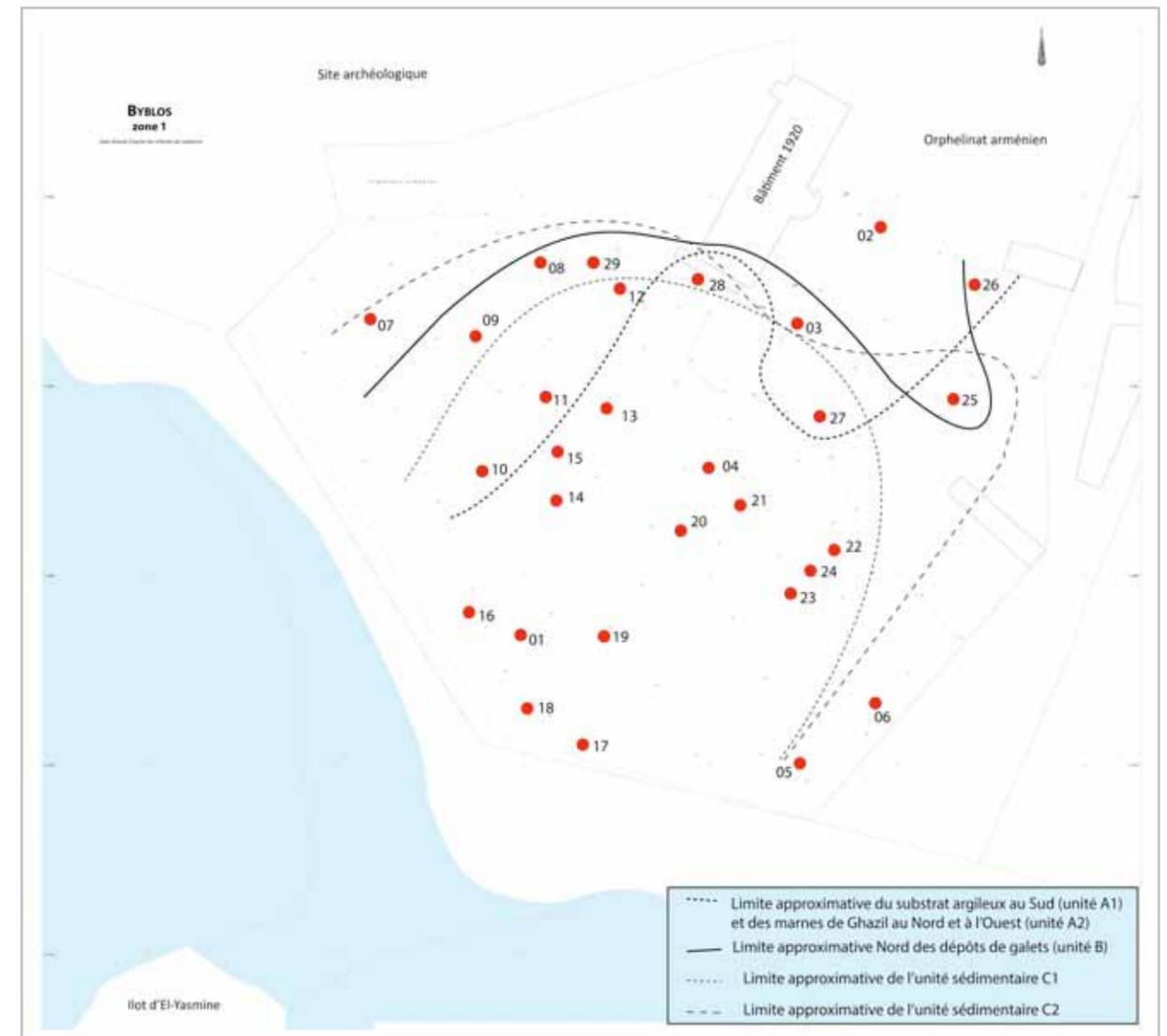


Fig. 13- Plan d'implantation des carottages sédimentaires et des limites approximatives des unités sédimentaires A1, A2, B, C1 et C2 (DAO: N. Carayon, University of Southampton).

opérations archéologiques et géoarchéologiques. H. Frost, en 1998, a réalisé une campagne de prospections le long du littoral gilibite et sur l'îlot d'El-Jasmine qui a permis de repérer plusieurs structures archéologiques bâties ou taillées dans la roche et de supposer le colmatage de la zone basse de l'Orphelinat arménien qui pourrait avoir été utilisé comme port dans l'Antiquité (Frost 1998, Frost 1998-99, Morhange 1998-99, Frost et Morhange 2000). En 2000, une campagne de 6 carottages sédimentaires a été réalisée à Byblos, au niveau du port nord et de la baie d'El-Skhiné (Stefaniuk *et al.* 2003). Deux carottages avaient été réalisés dans ou à proximité du terrain de l'Orphelinat arménien. La carotte BIII a été prélevée dans la zone basse de l'orphelinat et la carotte BI dans le lit de la Qassouba, immédiatement au sud-est du mur qui limite le terrain. Une étude préliminaire de la mobilité du niveau marin a été entreprise par M. Beydoun et H. Frost au début des années 2000 (Frost 2001 et 2002) et une campagne de prospections sous-marines a été réalisée en 2002 dans les eaux gilibites afin de préciser la cartographie sous-marine de la zone (Collina-Girard 2002).

## Méthode

Vingt-neuf carottages (BYB01 à BYB29) ont été réalisés sur le terrain de l'actuel Orphelinat arménien avec un carottier rotatif «Mobile Drill» monté sur camion par l'entreprise Hydrafor. Les carottages ont été effectués depuis la surface topographique actuelle jusqu'au substrat pré-holocène. L'emplacement de chaque carotte a été relevé au théodolite par Stéphane Raskatoff et replacé sur le plan topographique levé par Damien Laisney (MOM) en 2013 dans le cadre du projet «Byblos et la mer». Afin de recalibrer en altitude les carottes effectuées, une série de mesure du niveau marin biologique a été réalisée. Le niveau marin biologique actuel a ainsi été estimé à 15 cm en-dessous du niveau 0 topographique. Les carottes ont été décrites, dessinées et échantillonnées sur place. Deux-cent-quatre-vingt-onze échantillons ont ainsi été prélevés pour une masse totale de 73,9 Kg. Tous les échantillons ont ensuite été exportés vers le laboratoire CNRS de l'UMR 5140: Archéologie des Sociétés Méditerranéennes de Montpellier-Lattes pour analyse.

L'analyse en laboratoire a été réalisée sur 13 carottes (BYB 06, 07, 09, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 23, 28). Elle a consisté en un tamisage humide avec une colonne composée de 7 tamis (2 - 1 - 0,5 - 0,315 - 0,2 - 0,1 - 0,05 mm). La détermination de la texture générale et de la texture sableuse a permis de différencier les unités sédimentaires principales (Figs 14 et 15) et de réaliser plusieurs sections du colmatage du bassin (Figs 16 et 17). Durant les carottages et au cours du tamisage, du matériel datable par C14 (matière organique ou carbonatée) a été isolé en vue d'une datation. Douze échantillons ont été envoyés au Poznań Radiocarbon Laboratory pour datation (Tab. 1). Les dates radiocarbones ont été calibrées en âge calendaire avec le logiciel CALIB Radiocarbon Calibration version 7.1 (<http://calib.qub.ac.uk/calib/>) en utilisant la courbe de calibration intcal13.14c (Reimer *et al.* 2013) pour la matière organique et marine13.14c (Reimer *et al.* 2013) pour les carbonates des coquillages marins. L'âge réservoir (delta R) utilisé pour calibrer les coquillages marins est 2 +/- 61 (Reimer et Mc Cormac 2002). Toutes les dates calibrées utilisent deux déviations standards (sigma).

## Organisation des dépôts Unités sédimentaires A1 et A2

Toutes les carottes ont été effectuées jusqu'au substrat pré-holocène, et nos résultats diffèrent radicalement des résultats obtenus lors des carottages réalisés en 2000 (Stefaniuk *et al.* 2003). Deux types de substrat ont été reconnus: des marnes de Ghazir (A2), qui forment le tell de Byblos, et des dépôts argileux très compacts de couleur grise (A1). Les marnes de Ghazir se retrouvent au nord de la zone étudiée, à proximité du tell et semblent dessiner deux promontoires: le premier au SO, le second au nord qui correspond au tell (Fig. 13). Ces deux promontoires délimitent une anse, dont le substrat est composé d'argiles très compacts de couleur grise, comme toute la partie SE de la zone étudiée, du côté de la mer. Sans analyse approfondie du substrat argileux, il est difficile de proposer une interprétation définitive, mais, à titre d'hypothèse, et parce que ces types de sédiments sont très similaires à ceux rencontrés lors des carottages réalisés par N. Marriner à Tyr (par exemple T. VI) et à Sidon (par exemple BH XV) (Marriner 2009),

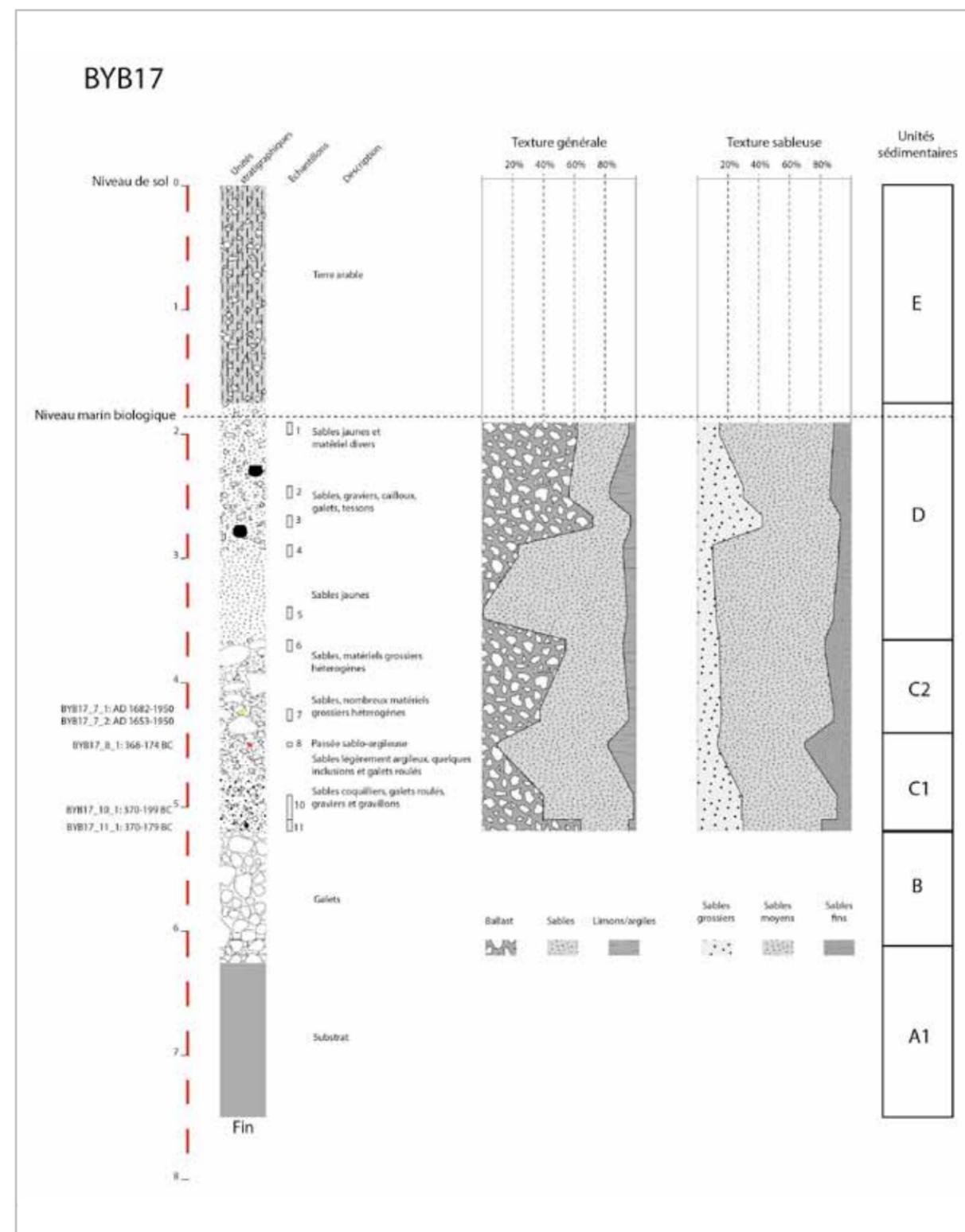


Fig. 14- Carottage BYB17 (DAO: N. Carayon, University of Southampton).

on peut supposer ici l'existence d'un plan d'eau pré-holocène.

### Unité sédimentaire B

L'unité B repose directement sur le substrat (unité A1 ou A2). Il s'agit d'une couche, composée presque exclusivement de gros galets, pluricentimétriques, de nature hétérogène, roulés et cassés que l'on retrouve dans 24 des 29 carottes réalisées (Fig. 13). Seules

les carottes BYB 01, 02, 07, 11, 16 n'ont pas permis de l'observer. Son absence dans la carotte BYB 11 peut-être le résultat d'une mauvaise observation, car cette unité B se retrouve dans toutes les carottes environnantes: BYB 08, 09, 10, 12, 13 et 15. Stefaniuk *et al.* (2003) ont interprété cette unité comme une couche marine transgressive basale. Les galets présents dans cette unité sont, en effet, très hétérométriques, et dépassent régulièrement les 5 cm de diamètre. Ils sont également de nature très diverses (ramleh, marne,

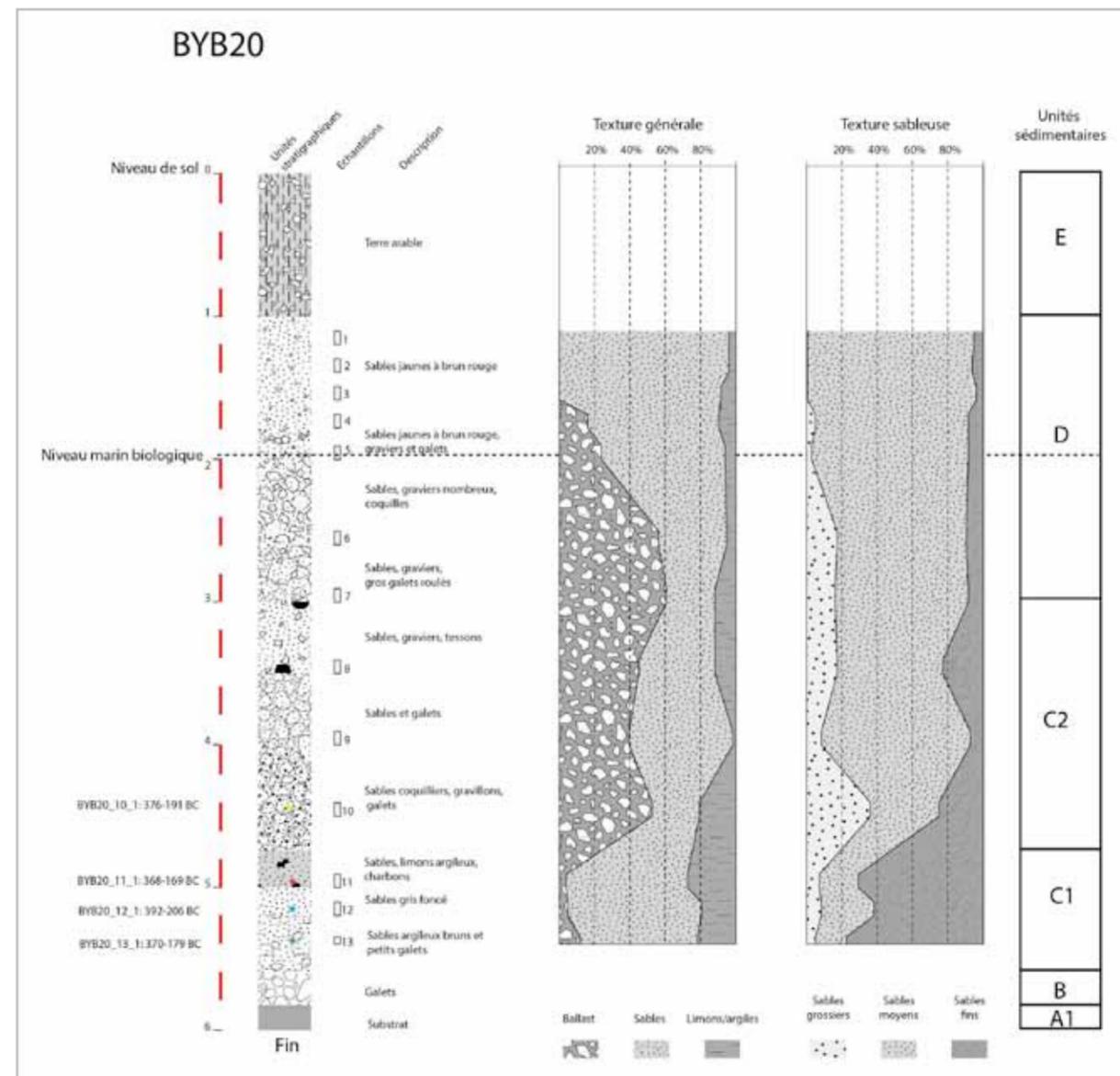


Fig. 15- Carottage BYB20 (DAO: N. Carayon, University of Southampton).

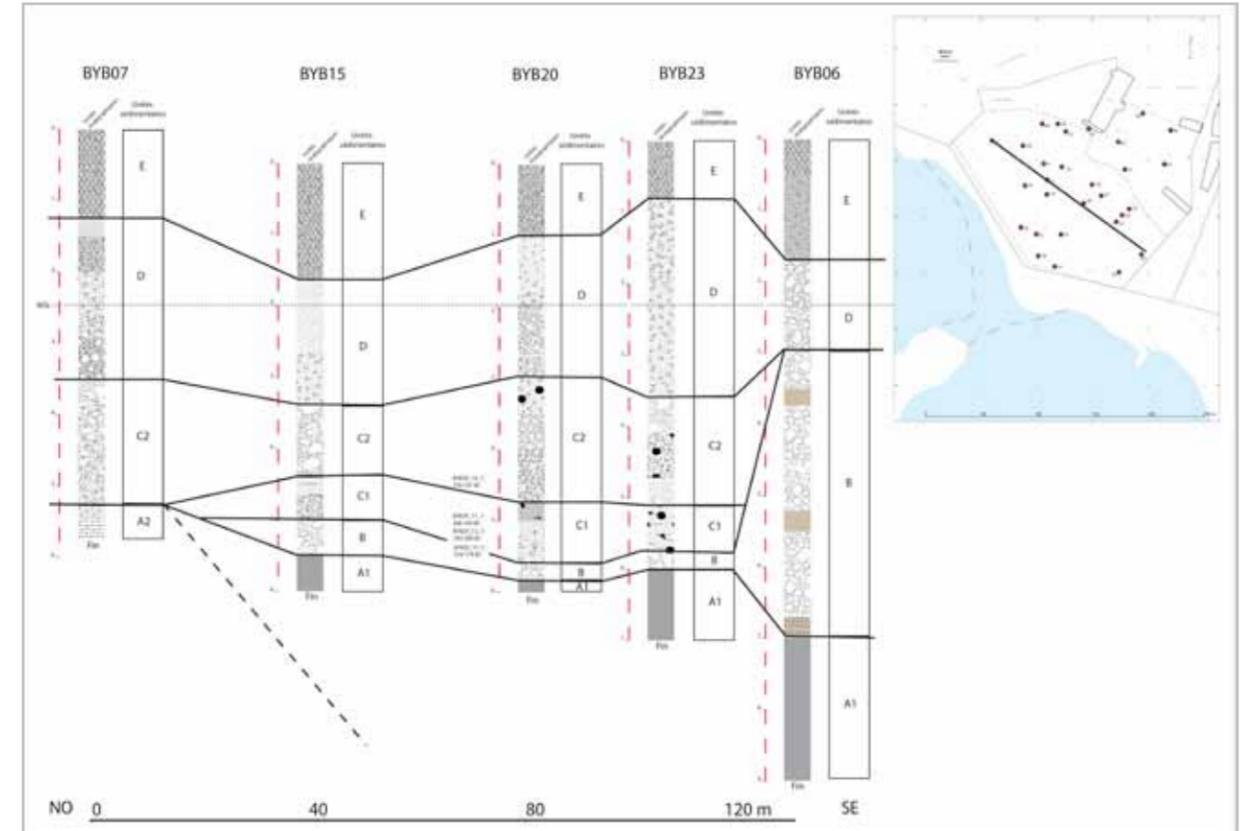


Fig. 16- Coupe stratigraphique NO/SE de la paléobaie d'El-Skiné (DAO: N. Carayon, University of Southampton).

calcaire...). Dans les carottes BYB 05 et BYB 06, à proximité immédiate du lit actuel de la Qassouba, la couche correspondant à cette unité atteint plusieurs mètres d'épaisseur (4m dans BYB 06, voir Fig. 16, et au moins 2,5m dans BYB 05 avec une perte des sédiments sus-jacents), alors que cette même couche atteint difficilement le décimètre d'épaisseur dans les autres carottages. Cette particularité semble montrer clairement que la Qassouba est la source principale de ces galets dont le lit majeur et l'embouchure ont subi d'importantes transformations. Immédiatement au-dessus du substrat, cette unité B est présente dans une zone s'étendant depuis l'embouchure actuelle de la Qassouba jusqu'au pied du tell archéologique. Cette zone reprend grossièrement l'emprise du substrat argileux (unité A1). On peut supposer que le lit majeur de la Qassouba a occupé cette zone jusqu'à une date antérieure à l'époque hellénistique

à partir de laquelle les dépôts de galets sont confinés à proximité de l'embouchure actuelle. Il pourrait s'agir ici d'un phénomène naturel de levées des berges ou du résultat d'aménagements anthropiques visant à canaliser l'oued vers son cours actuel. Cette unité présente globalement un double pendage NO/SE et NO/SE qui reprend la topographie générale de la zone.

### Unités sédimentaires C1 et C2

L'unité C est représentée par des dépôts, essentiellement sableux, qui se distinguent très clairement des galets presque exclusifs de l'unité B sous-jacente. Cette unité présente également régulièrement une part importante de matériel grossier, issu d'un transport torrentiel par la Qassouba (gros galets roulés et cassés) ou du colluvionnement depuis le tell ou les pentes de la montagne libanaise. Il a été possible de

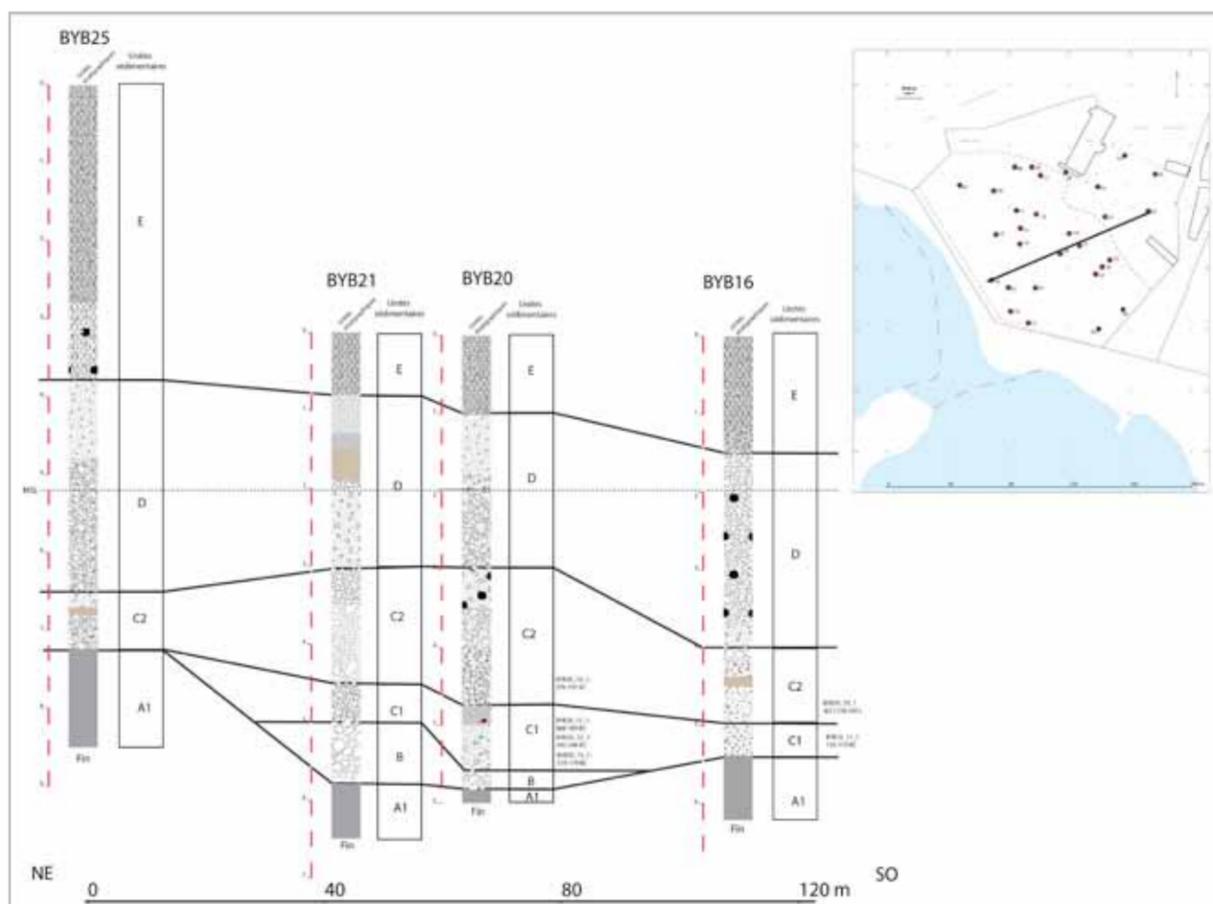


Fig. 17- Coupe stratigraphique NE/SO de la paléobaie d'El-Skhiné (DAO: N. Carayon, University of Southampton).

distinguer deux sous-unités: C1 et C2. La sous-unité C1 présente des dépôts relativement plus fins que la sous-unité C2 sus-jacente.

### Unité sédimentaire C1

Elle a été observée dans 18 carottes: BYB 1, 4, 10-24 et 27, ce qui correspond à une zone clairement limitée à l'est par le lit de la Qassouba, et l'épaisse unité B des carottes BYB 05 et BYB 06, au nord par les pentes de la montagne libanaise et au NO par les pentes méridionales du tell archéologique (Fig. 13). La zone forme alors une baie largement ouverte vers le SO. Son sommet présente un double pendage général NE/SO (de -1,2 à -2,5m sous le niveau marin actuel) et SE/NE (de 2,5 à 3,5m) qui

se distingue clairement du pendage des unités sous-jacentes. La sous-unité C1 est caractérisée par une forte représentativité des sables (60 à 75 %) avec une prédominance de sables fins (77 % à 82%) et une présence non négligeable d'argile/limon (de 7% à 30%). Cette unité n'apparaît cependant pas uniforme dans toutes les carottes et dans tous les échantillons, et cela est en partie dû à d'importantes phases de colluvionnement comme l'indiquent la présence d'un important matériel grossier et hétéromorphe, hétérogène et hétérométrique dans une matrice sableuse. De manière générale, le ballast est plus important à la base de la sous-unité, et les dépôts fins à son sommet. Cette unité a été datée par 8 échantillons, prélevés dans 3 carottes (BYB 16, BYB 17 et BYB 20). Sept de ces datations ont été réalisées

sur des graines ou des charbons (Tab. 1) et datent toutes de la fin de l'époque perse au début de l'époque hellénistique. Une datation (BYB 17\_10\_2) a été réalisée sur un individu de *Glycymeris glycymeris* et date, après calibration, de 345 av J.-C. - 11 apr. J.-C.

### Unité sédimentaire C2

La sous-unité C2 a été observée dans 23 carottes (BYB 01, 04, 07-25, 27-29) qui permettent de délimiter une zone légèrement plus étendue que la sous-unité C1, du côté du tell et vers le nord (Fig. 13). En revanche, elle semble avoir la même limite que C1 du côté de la Qassouba. Son toit est irrégulier, il culmine entre -0,2 et - 2m par rapport au niveau marin actuel. Cette sous-unité repose principalement sur C1 ou sur le substrat marneux A2 (BYB 07 et BYB 02), le substrat argileux A1 (BYB 25), le niveau de galets B (BYB 08-09, 28-29). Cette unité C2 est, comme C1, caractérisée par une importante présence de sable, mais se distingue de l'unité sous-jacente par une importante à dominante proportion de ballast et par une texture sableuse dominée par les sables moyens. L'importante présence de ballast s'explique par de très gros apports de colluvions depuis les pentes du tell et peut-être depuis la Qassouba. Quant à la prépondérance des sables moyens, alors que la sous-unité C1 est dominée par les sables fins, elle s'explique par un dynamisme plus important dans C2 que dans C1. On note également que parfois, toujours dans la partie sud de la baie, assez loin des pentes du tell, le ballast est très peu représenté (BYB 17/7, BYB 18/5, BYB 20/9, BYB 23/9). L'analyse de l'échantillon BYB 23/9 semble très représentative de la dynamique de l'unité C2, lorsque celle-ci n'est pas touchée par le colluvionnement. Le pourcentage de ballast est alors de 0,3 % et 98 % des dépôts sont sableux avec une texture sableuse composée à 90 % de sables moyens.

Quatre échantillons prélevés dans trois carottes (BYB 16, BYB 17 et BYB 20) ont fait l'objet d'une datation. Un pépin de raisin de la carotte BYB 20 a été daté de 379-191 BC. Les trois autres datations ont été effectuées sur des coquilles marines et datent de 1158-1415 apr. J.-C. dans BYB 16 et de 1653-1950 et 1682-1950 apr. J.-C. dans BYB 17. L'échantillon de BYB 20 (BYB 20\_10\_1) apparaît beaucoup plus ancien (378-191 cal. BC) que les autres échantillons de l'unité C2. Il pourrait avoir été remanié.

### Unité sédimentaire D

L'unité D a été observée dans toutes les carottes réalisées. Son pendage reprend la topographie antérieure et, de façon générale, est orientée depuis la périphérie de la baie vers son centre et la mer. Elle culmine à 1,7-1,8m au-dessus du niveau marin actuel au NE de la zone, au niveau du parking de l'église arménienne, à 1-1,5m au nord, au pied du tell, et au SE, et à 0,2-1m au centre de la baie et dans l'ancien lit de la Qassouba, au niveau des carottes BYB 05 et BYB 06. Il est important de noter que cette unité ne reprend pas clairement la topographie actuelle de la zone marquée par un talus qui sépare une partie basse du côté de la mer à une altitude moyenne de 2m au-dessus du niveau marin actuel et une partie haute au niveau de l'église arménienne à une altitude moyenne de + 5m. L'unité sédimentaire D est caractérisée par un ballast nettement moins important que dans l'unité C2 sous-jacente, mais encore bien représenté, et une fraction sableuse dominante. De façon générale, la texture de la partie supérieure de l'unité présente un ballast inférieur à 50% et une fraction sableuse supérieure à 50%. La texture sableuse est essentiellement dominée par les sables moyens. Les caractéristiques de cette unité sédimentaire sont très similaires aux dépôts de plage actuels dans la baie d'El-Skhiné et pourraient traduire un passage d'un milieu immergé à un milieu émergé. On notera, dans la carotte BYB 02, plusieurs blocs de ramleh et des cavités posés sur les sables de l'unité D, observés sur 2,35m de hauteur entre -0,6 et +1,7m par rapport au niveau marin actuel, pourraient indiquer un mur appartenant à un bâtiment construit sur la plage.

### Unité sédimentaire E

L'unité E est représentée au sommet de toutes les carottes réalisées. Elle correspond au sol pédologique actuel constitué de terres cultivées, posé, dans la partie haute du terrain, sur une importante couche de remblai qui a donné au terrain sa configuration actuelle et qui est responsable de la présence du talus de 3m de hauteur environ. Cette couche de remblai semble être liée aux travaux de terrassement préalable à la construction de l'Orphelinat arménien.

## Interprétations Un niveau transgressif

L'unité basale B, constituée exclusivement de galets ronds roulés et cassés déposés immédiatement sur le substrat et qui s'en distingue clairement, indique un niveau transgressif qui pourrait correspondre à la mise en eau de la baie d'El-Skhiné dans laquelle vient se jeter l'oued Qassouba. A l'est, à proximité de la Qassouba, cette unité est épaisse de plusieurs mètres et culmine à 0.7m sous le niveau marin actuel en aval (BYB 06) et en amont (BYB 26) à 0.2m au-dessus du niveau marin actuel. Dans cette zone, il s'agit sans aucun doute de dépôts de la Qassouba continus depuis le toit du substrat jusqu'aux remblais modernes. En revanche, plus à l'ouest, l'épaisseur de ces dépôts est de l'ordre du décimètre et ils culminent aux alentours de 3m sous le niveau marin actuel. Ils sont recouverts par les dépôts sableux de l'unité C sus-jacente. Cette unité n'a pas été datée.

## Une baie marine ouverte sur le large

Un important changement intervient entre l'unité sédimentaire B et l'unité C1. Les dépôts de la Qassouba sont alors limités à la partie SE de la zone étudiée (carottes BYB 05 et BYB 06) et le secteur situé au NO de ces carottes est alors soumis à des apports marins. L'origine de cette modification est énigmatique: il peut s'agir d'une stabilisation naturelle du lit de la Qassouba ou d'un aménagement artificiel. Quoi qu'il en soit, les galets de l'unité B sont totalement absents des carottes réalisées à l'ouest et au NO des BYB05 et BYB 06.

Une baie marine caractérisée par les dépôts de l'unité C1 baigne alors les pentes méridionales du tell et cette baie a pu être délimitée. Il s'agit d'une baie ouverte sur la mer dans laquelle se déposent des sédiments marins (sables) et des apports terrigènes depuis les pentes du tell. Des dépôts de type inondations torrentielles sont également possibles. Il est possible que cette baie ait été ponctuellement plus abritée des dynamiques marines (sommet de l'unité C1), mais aucun indice ne nous permet de supposer qu'elle fut confinée ou séparée de la mer.

L'unité C1 a été datée de la fin de l'époque perse et de l'époque hellénistique et la profondeur du toit de cette unité nous renseigne sur sa profondeur hypothétique. Elle culmine à 2-2,5m sous le niveau marin actuel dans la partie nord et à 3-4m sous le

niveau marin actuel dans la partie sud. Avec un niveau marin antique identique à l'actuel, cette baie était, à l'époque hellénistique, suffisamment profonde pour accueillir des navires à fort tirant d'eau.

## Le comblement de la baie

C2 correspond à une nouvelle étape du colmatage de la baie déjà délimitée en C1, caractérisée par deux phénomènes distincts. Tout d'abord, des dépôts sableux d'origine marine plus grossiers que dans C1 indiquent un hydrodynamisme plus important, peut-être en relation avec la remontée du niveau marin. La proportion de rudites hétérogènes et hétéromorphes, associées à une fraction sableuse largement représentée, traduit un colluvionnement très important, que l'on explique par une érosion beaucoup plus active des pentes du tell et des terrains autour de la baie. La profondeur de la baie associée aux dépôts de l'unité C2 est de 1,2-1,5m sous le niveau marin actuel dans la partie nord et 2,5-3,5m dans la partie sud.

On note également que le rivage de la baie représenté par les unités sédimentaires C1 et C2 n'est pas soumis à un phénomène de progradation. Il apparaît au contraire que le plan d'eau est plus étendu en C2 qu'en C1. L'érosion du trait de côte est clairement effective. On pourrait également expliquer ce phénomène par la remontée du niveau marin, mais ce serait sans compter avec le phénomène de surrection qui semble toucher le littoral giblite (Elias *et al.* 2007; Frost 2001 et 2002; Frost et Morhange 2000).

Cette unité C2 a été datée de l'époque médiévale jusqu'à l'époque moderne et l'absence de sédiments antérieurs à cette période et postérieurs à l'époque hellénistique (unité C1) confirme le phénomène d'érosion.

## Émersion du milieu et configuration actuelle du terrain de l'Orphelinat arménien

L'unité sédimentaire D traduit l'émersion du milieu et la formation d'une plage soumise à l'action des vents et à d'importants apports terrigènes. Cette émersion est très récente puisqu'elle est postérieure aux dépôts de baie de l'unité C2. C'est encore plus récemment que le terrain adopte sa topographie actuelle, marquée par un talus qui sépare une zone basse d'une zone haute. Cette morphologie semble être une conséquence des travaux de terrassement préalable aux aménagements de l'Orphelinat arménien.

## Bibliographie

**Collina-Girard, J. et al. 2002.** «Un promontoire sous-marin au large du port antique de Byblos: cartographie, interprétation géologique et implications archéologiques», *BAAL* 6, pp. 317-324.

**Elias, A. et al. 2007.** «Active thrusting offshore Mount Lebanon: Source of the tsunamigenic A.D. 551 Beirut-Tripoli earthquake», *Geology* 35, pp. 755-758.

**Frost, H. 1998.** «Byblos: Wen-Amon's harbor», *National Museum News*, 8, p. 29.

\_\_\_\_\_ **1998-99.** «Marine Prospection at Byblos», *BAAL*, 3, pp. 245-259.

\_\_\_\_\_ **2001.** «The Necropolis, Trench and other Ancient Remains: A Survey of the Byblian Seafront», *BAAL* 5, pp. 195-217.

\_\_\_\_\_ **2002.** «The Lost Temple, the Cedars and the Sea. A Marine Archaeological Survey», *AHL* 15, pp. 52-56.

**Frost, H. et Morhange, Ch. 2000.** «Proposition de localisation des ports antiques de Byblos (Liban)», *Méditerranée* 94, pp. 101-104.

**Marriner, N. 2009.** «Géoarchéologie des ports antiques du Liban (Milieux naturels et sociétés)», *L'Harmattan*, Paris.

**Morhange, C. 1998-99.** «Étude géomorphologique du littoral de Byblos. Résultats de la mission de terrain de 1998», *BAAL* 3, pp. 261-265.

**Reimer, P.J. et al. 2013.** «IntCal13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0-50000 years calBP», *Radiocarbon* 55.4, pp. 1869-1887. DOI: 10.2458/azu\_js\_rc.55.16947

**Reimer, P.J. et Mc Cormac, F.G. 2002.** «Marine radiocarbon reservoir corrections for the Mediterranean and Aegean Seas», *Radiocarbon* 44, pp. 159-166.

**Stefaniuk, L. et al. 2003.** «Localisation et étude paléoenvironnementale des ports antiques de Byblos», dans Chr. Morhange et M. Saghieh-Beydoun (dir.), *La mobilité des paysages portuaires au Liban*, *BAAL*, hors-série II, pp. 19-41.

#### IV.2.3. Relevés bathymétriques des abords maritimes: mission 4

MARTINE FRANCIS-ALLOUCHE  
et NICOLAS GRIMAL

Les résultats encourageants de la recherche terrestre ont poussé l'investigation vers la mer. Une mission de relevé bathymétrique des abords maritimes de la cité antique a été effectuée en juin 2014, en collaboration avec l'équipe de géologues marins de l'Université de Patras en Grèce, sous la direction de George Papatheodorou.

Une aire d'environ 8km<sup>2</sup> a été couverte; comme mentionné plus haut dans l'article, elle s'étend du port médiéval de Byblos à la région du Nahr el Fidar, atteignant trois kilomètres vers le large (Figs 3 et 18 a). L'objectif était de cartographier les fonds sous-marins par une méthode de relevé en bathymétrie, pour mesurer les profondeurs et les reliefs des fonds marins et en déterminer la topographie. Une convention utilisant des codes de couleur permet de cartographier les fonds marins de manière standardisée, utilisant un équipement très performant, tel que le sonar latéral, qui visualise les fonds sur une largeur importante, pour en obtenir une vue planimétrique complètes. Il permet d'obtenir des informations sur la nature et le relief des fonds (rocheux, sablonneux, les récifs, les canyons,...) et de détecter des anomalies, c'est à dire des obstructions (épaves ou autres). Le pénétrateur de sédiments (*subbottom profiler*), lui, lit les couches jusqu'à une profondeur de 40 à 50 m. sous le niveau du sol marin, selon la nature de celui-ci (Fig. 18 b) (voir rapport Papatheodorou ci-après). Il permet de détecter la composition ainsi que l'épaisseur des couches enfouies, recouvrant des objets (épaves, ancres, amphores,...) ou des traces de constructions portuaires ensevelies de type môle, chenal, etc...

Les premiers résultats ont fourni des données déterminantes concernant la localisation possible du port antique. Ces résultats ont également permis de restreindre le champ de recherche et de vérifier les zones d'intérêt par prospection sous-marine (en plongée).

Concernant la zone maritime du port médiéval (port de pêche actuel), l'étude bathymétrique a confirmé les résultats de la mission 1, tel qu'expliqué en début d'article: un tirant d'eau très faible ainsi qu'une nature rocheuse de la composition du fond marin (Fig. 7 b et c; voir rapport Papatheodorou ci-après). Par contre, le relevé bathymétrique, effectué dans la zone maritime face au terrain de l'Orphelinat arménien (dans la baie de Jouret Osman), a révélé un lit marin bien plus profond qu'il n'apparaît aujourd'hui: une couche épaisse de sédiments meubles (de 4 à 5m) couvre le fond marin de cette baie (Fig. 19 a et b). La configuration antique des abords marins, devant l'Orphelinat arménien est définie: l'espace portuaire se confirme au piémont sud de la ville antique (Fig. 20).

#### Marine geophysical survey offshore Byblos (Jbeil): preliminary results

GEORGE PAPTAEODOROU,  
MARIA GERAGA, NIKOLAOS GEORGIU  
et DIMITRIOS CHRISTODOULOU

#### Introduction

The coastal geomorphology of Byblos as well as the offshore approaches to the city had been subject to limited surveys so far, preventing an overall knowledge of the ancient coastal setting. Since 2014, several marine geophysical campaigns were conducted by the University of Patras, within the framework of the project "Byblos and the Sea". New marine geophysical datasets were collected from offshore Byblos, acquiring bathymetric, sub-bottom profiling and side scan sonar data. Marine remote sensing techniques, systematically used in underwater archaeological research as these non-destructive tools, are capable of detecting and mapping underwater archaeological features lying on the seafloor or buried in it; such equipment can also evaluate the evolution of local palaeogeography (Papatheodorou *et al.*, 2015; Ferentinos *et al.*, 2015; Geraga *et al.*, 2015). This paper presents preliminary results, focusing mainly on bathymetric data set.

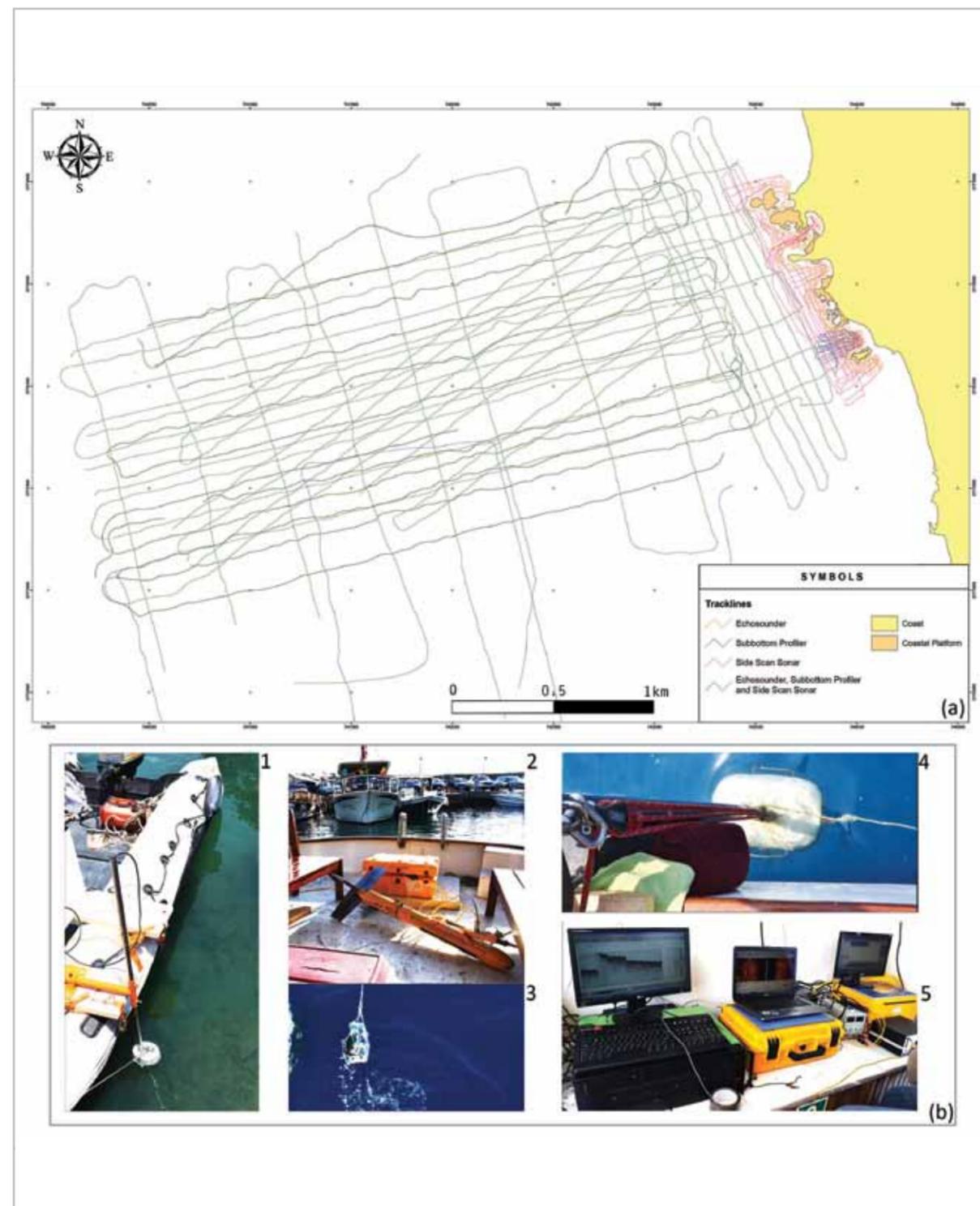


Fig. 18a- Plan de l'aire maritime cartographiée, mission de prospection géophysique; Fig. 18b- Equipment pour prospection géophysique des fonds marins de Byblos: (1) Echosondeur; (2) Pénétrateur de sédiments (3.5 kHz sub-bottom profiler transducer); (3) Sonar latéral; (4) Caméra sous-marine; (5) Système d'acquisition (Clichés G. Papatheodorou).

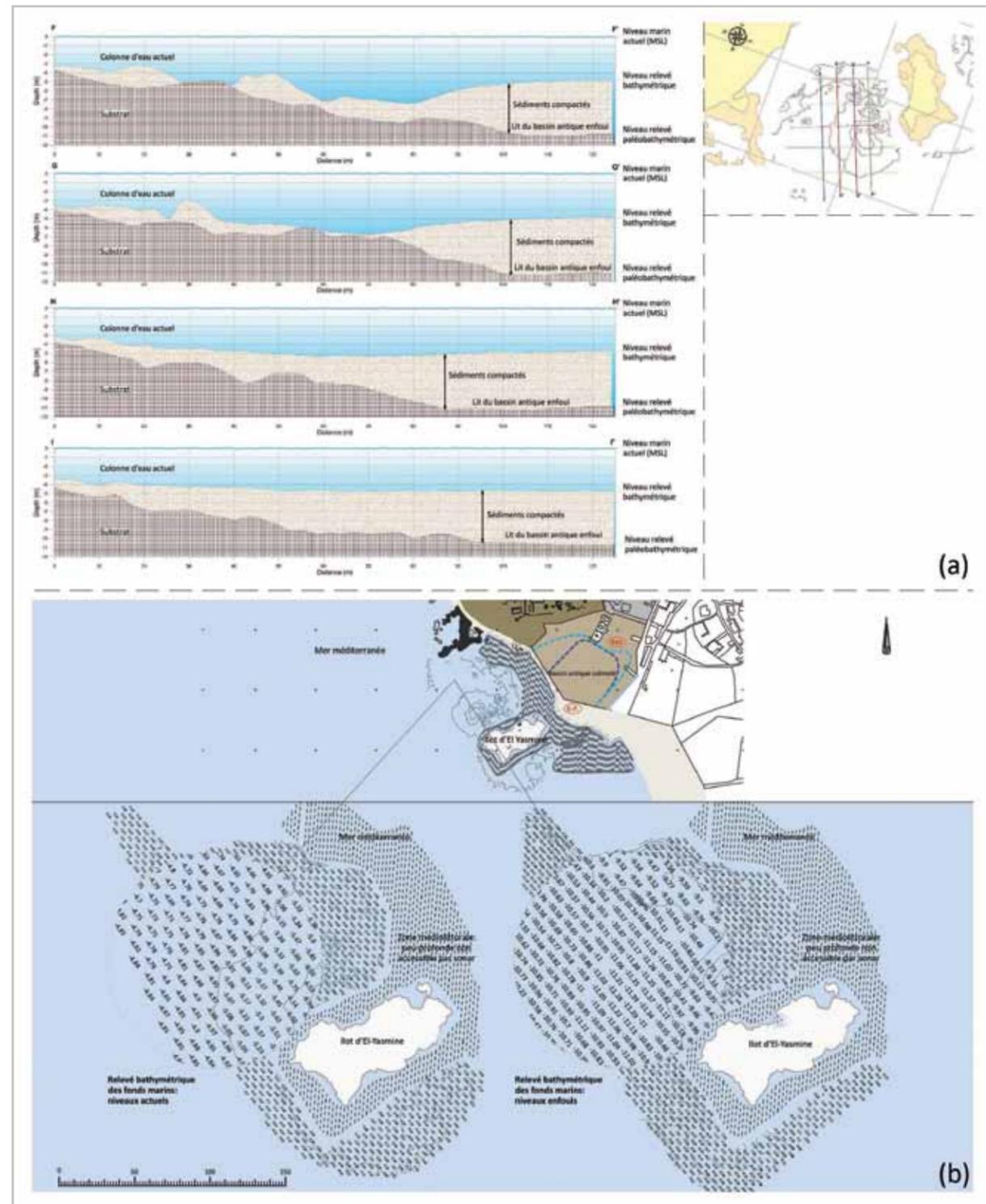


Fig. 19a- Sections NS d'après relevés bathymétriques et paléobathymétriques, montrant le lit antique de la baie de Joutet Osman (Archives «Byblos et la mer»); Fig. 19b- Plan comparatif entre les niveaux marins actuels et les niveaux antiques enfouis de la baie de Joutet Osman, devant l'Orphelinat arménien.

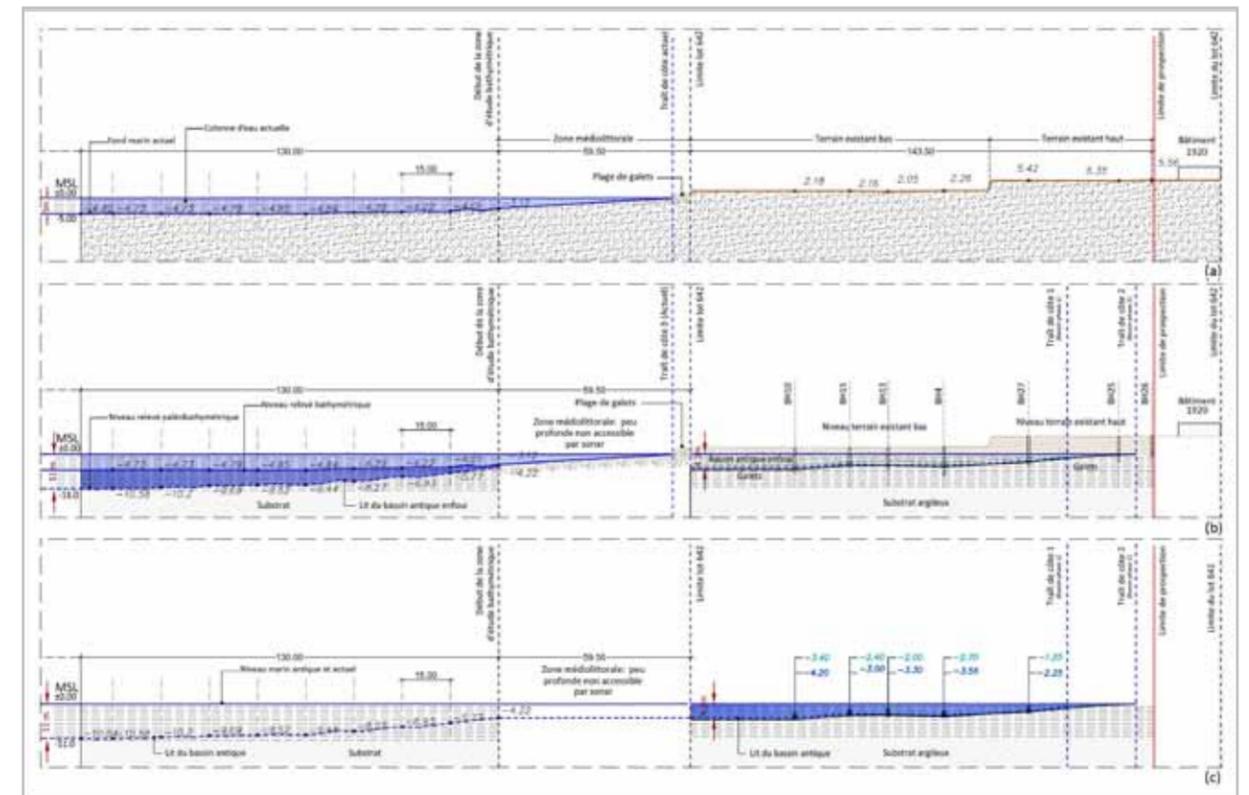


Fig. 20- Section générale NE-SO, montrant le tirant d'eau du bassin antique enfoui dans la parcelle de l'Orphelinat arménien, se prolongeant sous la baie de Joutet Osman (Archives «Byblos et la mer»).

### Geological-geomorphological setting

The Lebanese territory is a tectonically active region controlled mainly by the Dead Sea fault system which is the main boundary between the African and Arabian plates and causes left lateral displacement, signifying the relative motions of the two plates. This fault system is mainly responsible for the topographic configuration of the area during the Quaternary (Gomez *et al.*, 2007). The dominant geomorphological structure consists of two NNE trending mountainous chains (Lebanon and Anti-Lebanon) separated by a high plain (the Bekaa).

Byblos is located at the northern coastal zone of Lebanon. There noticeable are a series of WSW-ENE to E-W trending faults (Beydoun, Z.R., 1977, Walley, 1998) and submarine canyons and valleys developed as seaward continuations of land valleys and/or land faults (Goedicke, 1972, Beydoun, 1976). Adonis

(or Nahr Ibrahim) and Nahr el Fidar rivers South of Byblos constitute two such examples (Goedicke, 1972). So far, scientific literature regarding the shelf and slope topography and morphology is rather limited in comparison to similar research in the basin offshore Lebanon (Hawie, *et al.*, 2013). However, the shelf extends from the coastline until 100 m water depth. There, rivers and streams contribute to the accumulation of the sedimentary deposits. The sediment movement along the Lebanese coastal zone and shallow water areas is by seawater currents (longshore currents) whose motion is regulated by the strength and the direction of winds, which are usually from south to north (Beydoun, 1976 and references within).

Sand, gravels, conglomerates, limestones and sandstones dominate the sedimentary sequences of the coastal zone (Beydoun, 1976). Noticeable are the rocky formations locally named Kurkar originated

most probably by cementation of aeolian deposits which often form wave-washed platforms (Beydoun, 1976, Galili *et al.*, 2007). Frequent detection of rocky outcrops on the Lebanese shelf may indicate the existence of the Kurkar formations seaward (Beydoun, 1976).

During the upper Quaternary the sea level has dramatically changed in response to climatic changes and tectonic activity and caused migrations of the shoreline with time. The melting of the great ice-sheet that covered northern Europe and North America during the last glaciation provoked a sea level rise and deformation of the Earth in response to changes of the surface loads of ice and melt water (Lambeck, 1996). Based on these changes, Lambeck and Purcell (2005) estimated that the sea level stood 120 m below the present level at 20000 years Before Present (BP), at around the time of the Last Glacial Maximum and 45 m below the present level at 12000 years BP, at around the onset of the Holocene, the last interglacial period. The continuous warm climate and subsequently the decay of the glaciers caused a rise of the sea level of 1.5 m the last 6000 years (Lambeck and Purcell, 2005).

However, vertical displacements related to tectonic activity have been also contributing to the evolution of the position of the shoreline in the area. In particular, the detection and datings of palaeo-shoreline markers such as fossil biological and geomorphological indicators point out at least two uplift movements within the last 6000 years (Pirazzoli, 2005, Morhange *et al.*, 2006). The older palaeo-shoreline occurs between +1.2 and +1.4 m and lasted from 6000 to 3000 years BP. The younger palaeo-shoreline occurs at +0.8 ± 0.4 m and lasted from 3000 to 1800 years BP. Uplifted palaeo-shorelines have been suggested also by Sivan *et al.* (2010, and references within). These authors, taking into consideration all the existing and new sea-level data, estimated that vertical displacement for the northern Lebanese coasts ranges between 60 and 340cm during the upper Holocene resulting to an average vertical tectonic displacement of 0.63 mm/yr. The above mentioned suggests that the evaluation of the evolution of the coastal palaeogeography in the examined area is complex and is regulated by the relative sea level change in response to sea level fluctuations and coastal vertical displacements.

## Methods

For the marine geophysical survey two vessels were used: an inflatable vessel (Lebanon Divers II) for the shallow waters (0-10m) and a 14m-long wooden vessel (DISCOVERY 1) for the deeper waters (**Fig. 18 b**).

The marine geophysical survey employed three acoustic systems: a single beam echo-sounder (ELAC Nautic Hydrostar 4300C) (**Figs 18 b-1**), a dual frequency (100 and 500 kHz) side scan sonar (Edgetech 4100P) (**Fig. 18 b-2**) and a 3.5 kHz sub-bottom profiler (GeoPulse) (**Fig. 18 b-3**). A drop camera was used for ground-truthing (**Fig. 18 b-3**). All these systems are non-destructive and are using in marine archaeology mainly for two purposes: (i) the examination of the evolution of coastal palaeogeography and (ii) the detection and mapping of potential archaeological sites lying on the seafloor or buried in it.

In particular, the echo-sounder is used for the acquisition of the bathymetric data thus the examination of the seafloor topography. A sub-bottom profiling system provides an acoustic profile (or seismic profile) of a narrow section of the sub-bottom beneath the path over which the device is being towed. The signals are reflected off the seafloor surface and the interfaces between strata; where layers of coarse material (e.g. gravels, or coarse grained sands) produce strong reflections and vice versa. Therefore, the sub-bottom system provides the seismic stratigraphy of the seafloor and in addition it detects specific features buried in the sediments as palaeo-shorelines or artifacts.

The technical specifications of the sub-bottom system used in this survey do not permit the penetration of echoes through hard material (e.g. bedrock) therefore the last reflector obtained on profiles of this survey indicates the location of the bedrock. On the other hand the technical specifications of this system provide high vertical resolution therefore it can record stratigraphic details across the sedimentary deposits overlying the bedrock.

Side-scan sonar is an acoustic device which consists of a towed system of transducers ("towfish") connected by a cable to the recording unit.

The towfish sends pulses in two separate fan-shaped beams which are directed down to the seafloor either side of the tow-fish. The result is a plan view acoustic image which is usually called "sonograph" and portrays: (i) the morphology of the seafloor and (ii) the texture of the surface sediments. The identification of texture of sediment surface is based mainly on the acoustic reflectivity. Strong reflectors such as coarse grained sediments, bedrock or metal objects create strong echoes and are recorded by light tones on the sonographs (in the present study), while weak reflectors (such as muddy loose sediments) create weaker echoes and are recorded by dark tone (in the present study). The morphology of the seafloor is also based on acoustic criteria. For instance, local increases in the height of the seafloor or an object lying on it could be obtained by the recording of an acoustic shadow which accompanies the recording of the high site. The detection of manmade objects is complex and depends on the material (hard or soft) and the shape (e.g regular or irregular patterns, short or high) of the object.

During the acquisition of the data, all the instrumentations were linked to a Hemisphere V100 GPS system with accuracy of approximately 1.5 m which was also used for navigation and positioning during the surveying. Therefore, the acquired data sets were georeferenced. A number of sophisticated software (SB-Interpreter, Triton Imaging Inc; ISIS Sonar, Triton Imaging Inc; DelphMap, Triton Imaging Inc) was used for the acquisition and the processing of the acquired data sets. All the processed datasets were compared and synthesized in GIS environment.

A total area of 8km<sup>2</sup> was surveyed by a dense grid of track-lines of around 155km in length (**Fig. 18 a**). The surveying covers the offshore area from the coastline between the medieval harbor area (actual harbor of Byblos) and the location of islet of El-Yasmine up to approximately 150m water depth (at 3km offshore). The survey was conducted in two distinct areas and it could be distinguished in two components: a) in shallow waters (from 0 to 10m water depth) and b) in deep waters (from 10 to around 150m water depth).

## Results and Discussion

### Deep offshore seafloor

The water depth in the examined area reaches up to 150m. The seafloor presents an unusual topography modulated by the presence of three features, A, B and C. These features constitute extended topographic highs recorded 1350m, 2100m and 2750m, respectively, away from the coastline at a water depth of 25m, 28m and 31m, respectively (**Fig. 21 a**). Each one preserves an almost flat surface forming plateaus at about 30m higher in relation to the surround seafloor.

Side scan sonar data recorded these features by strong reflections (light tone areas on sonograph; **Fig. 21 b**) with patchy acoustic signal which includes spots of acoustic shadows. This acoustic signature suggests the prevalence of seafloor of hard material and micro-relief. Lateral to these plateaus the recording of medium reflectivity areas (medium tones on sonographs; **Fig. 21 b**) suggests deposits of coarse grained material, which most likely originated from the erosion of the nearby plateaus. Beyond these features, the sonograph present low reflectivity (dark tones on sonograph **Fig. 21 b**), suggesting a fine grained (muddy) sedimentary seafloor cover. This is further supported by the seismic profiles. The majority of the profiles present an almost acoustically transparent unit overlying a strong reflector which prevents further penetration, suggesting that the seafloor in the examined areas is composed by an upper unit of loose sedimentary deposits overlying the bedrock (**Fig. 22 a**).

The three plateaus are forming a step like morphology oriented perpendicular to the coastline. The acoustic and topographic signature of these features resembles that of the wave-washed platforms seen on the coastal zone at present day, suggesting that these features may correspond to submerged remains of former shore platforms. These submerged platforms may have formed by sub-aerial weathering and wave erosion during a period in the past when the sea level, being below the present day, remained relative stable for an adequate interval (Micallef *et al.*, 2013). By this concept, the platforms could be considered as palaeoshoreline markers.

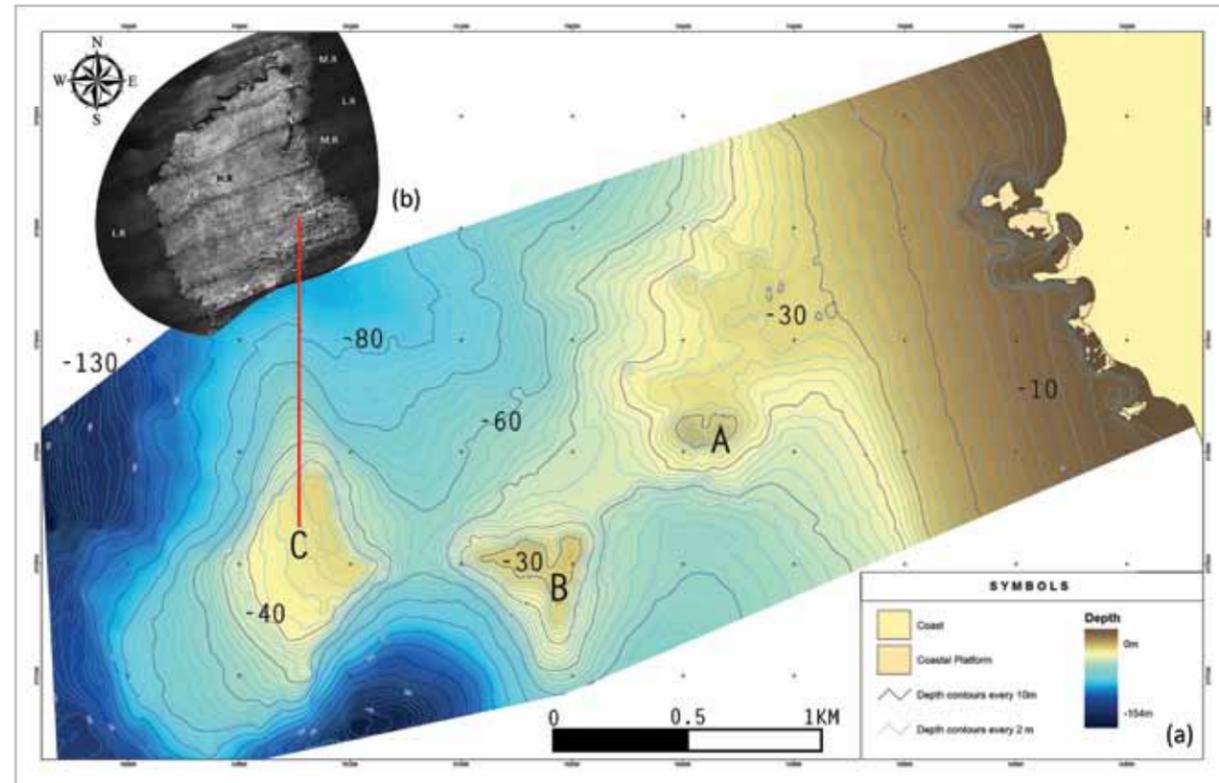


Fig. 21a- Bathymetric map offshore Byblos, showing the general bathymetry and the three bathymetric shallow plateaus of «Dahret Martine» area (A, B and C); Fig. 21b- Side scan sonar mosaic obtained from the third plateau (plateau C) which is characterized by high reflectivity (H.R) (hard material). Lateral to the plateau the seafloor is characterized by medium reflectivity (M.R). Away from the plateau the acoustic signal of the seafloor presents low reflectivity suggesting a fine-grained sedimentary seafloor cover (L.R).

Based on this assumption and taking into consideration the eustatic-isostatic sea level change curve (Lambeck and Purcell, 2005), then an age of around 10000 years BP could be suggested for these palaeoshoreline markers. Variations in the rate of the sea level rise in response to changes in the rate of the ice sheet decay have globally been observed. The presence of many submerged palaeo-shoreline markers as scarps and terraces on the marine seismic profiles probably figure out this signal of the sea level rise variations (i.e. van Andel and Lianos, 1984, Micallef *et al.*, 2012). Therefore the formations of these plateaus could be attributed to a low stand of the sea level linked to climatic change, incorporated in a slowdown of sea level rise during a period of relative cold climate. However, the intense tectonic activity of the area, already obtained throughout upper

Holocene, suggests tectonics as another possible mechanism triggering these sea level low-stands.

### Nearshore seafloor

Rocky small platforms and small coves and basins configure uneven seafloor topography in the examined area (Fig. 23). A small basin located northwards of the El Yasmine rocky islet can be discriminated among the seafloor topographical anomalies. The basin is 30x40m in dimension and has a water depth up to 7.5m.

The seismic profiles within the basin recorded the top surface of the bedrock to lie 9 to 8 m below the present sea surface, forming a small scale oblong basin-like deepening. The loose sedimentary deposits above the bedrock are up to 3 to 5m thick suggesting

relatively high sedimentation loads within the outer basin of Jouret Osman Bay (Fig. 19 a and b). This acoustic stratigraphic pattern suggests that the development of the basin could be the result of the submergence of an older rocky (bedrock) deepening, filled with high sedimentary deposits due to sediment supply over time and the sediment transport by currents/waves (Fig. 22 b). The depth of this submerged and buried seafloor by loose sediments,

matches very well the depth of the onshore silted-in basin of the adjacent Armenian Orphanage forming an overall basin suited for mooring boats in ancient times (Fig. 20; Francis-Allouche and Grimal 2016). Taking into consideration the above findings and the location of the ancient city of Byblos, this basin maybe of potential archaeological value linked with the coastal zone of the ancient city.

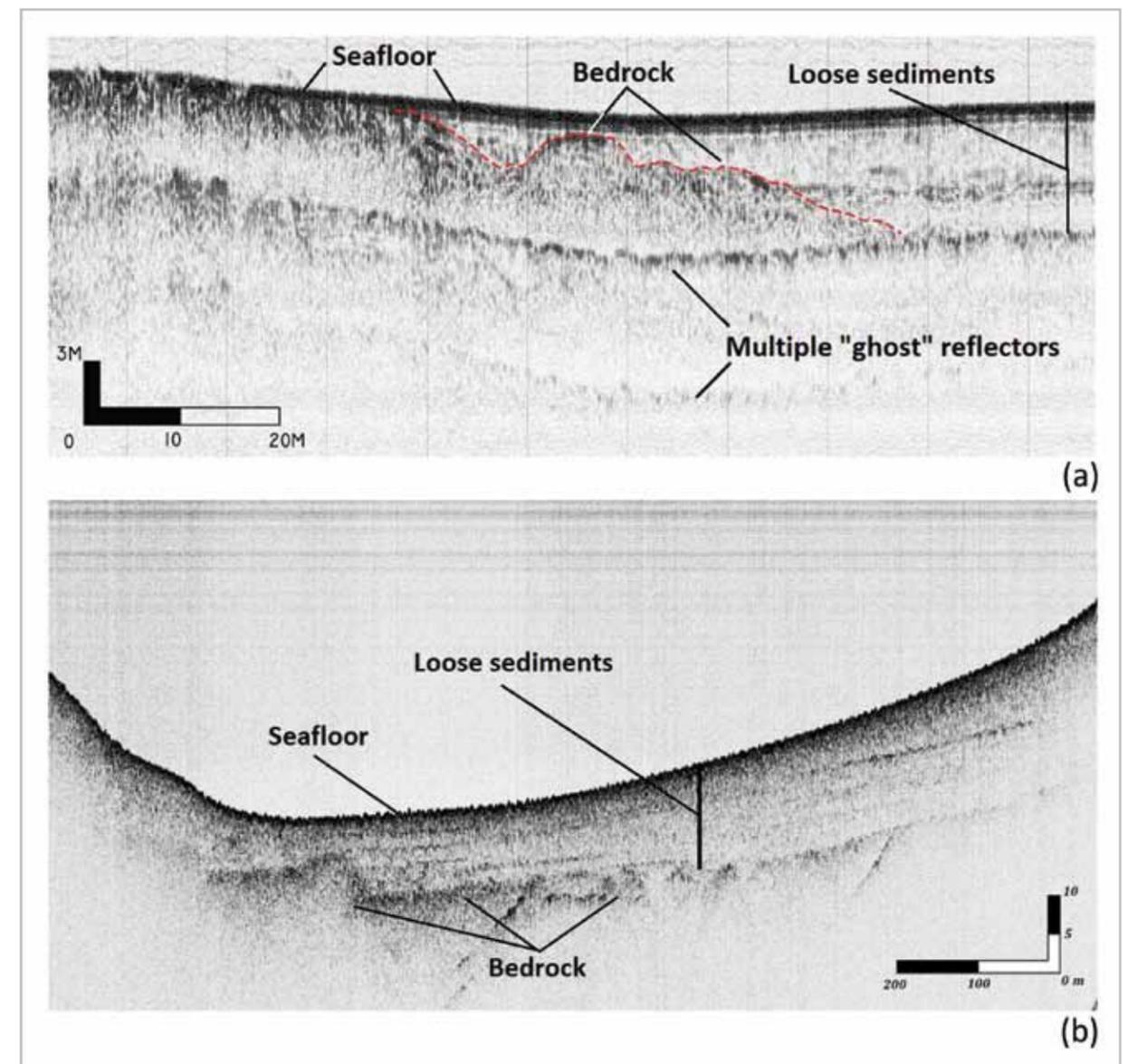


Fig. 22a, b- Typical seismic profiles showing successive layers of loose sediments overlying the acoustic basement (bedrock) acquired from (a) the surveyed area offshore Byblos and (b) the basin of Jouret Osman, located northwards of El-Jasmine rocky islet.

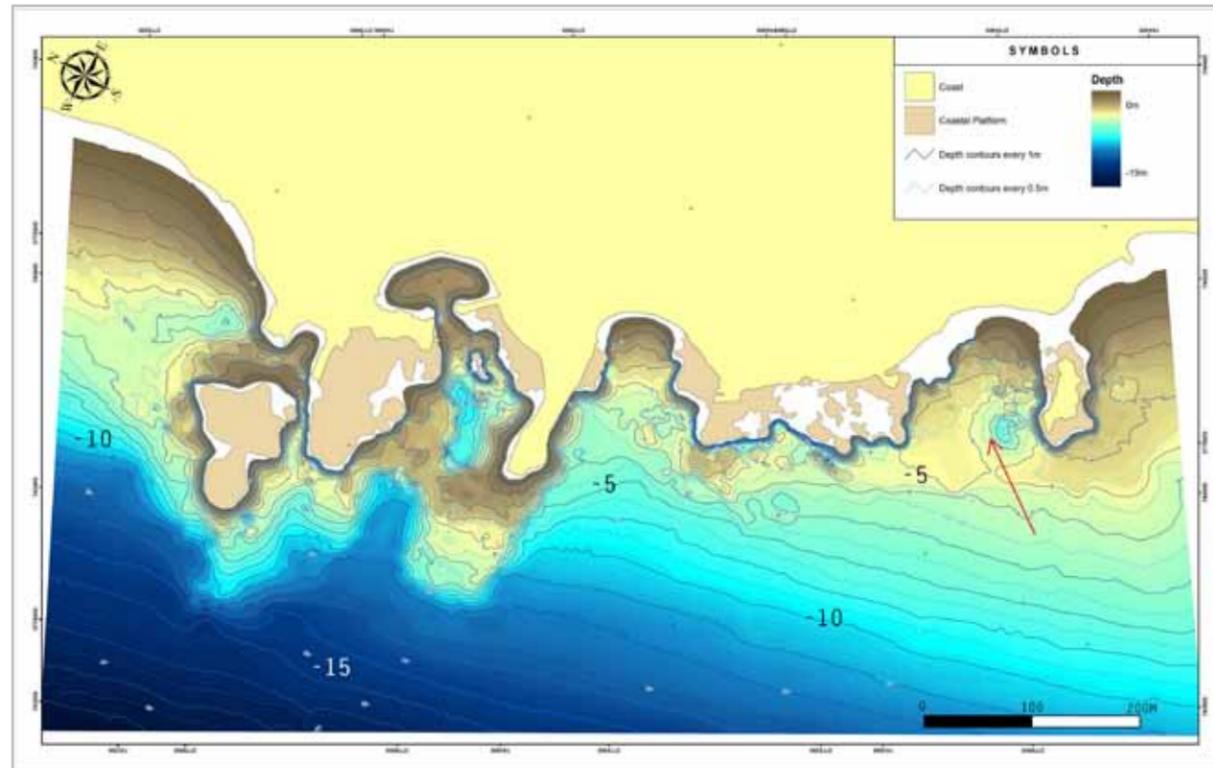


Fig. 23- Bathymetric map of the near shore area of Byblos. The red arrow indicates the small basin northwards of El-Yasmine rocky islet, which is of potential archaeological value.

## Conclusions and future work

The present paper briefly presents the preliminary results of a detailed marine geophysical survey, mainly focused on bathymetric data, which was carried out in the offshore area of Byblos (Jbeil). Both in shallow and deep waters (up to 150 m water depth) the seafloor presented uneven topography. The correlation of the present bathymetric data with the available sea level change curves helped us to speculate regarding the shoreline evolution during the Holocene. At the lower Holocene (at around 10-10.5 kyrs BP) the most prominent feature on the coastal zone was a series of three plateaus running almost perpendicular to the ancient shore line for a distance at least 2.5km. The following sea level rise would drown this wide coastal zone and by the upper Holocene (around 6.5 kyrs BP) the coastal zone would resemble the present one. The most prominent location probably linked to the ancient harbor of Byblos was obtained

northwards of the El-Yasmine rocky islet, where a small deep basin stands out from the rest nearshore bathymetry, suggesting a natural oblong deepening. This deepening, which is aligned almost perpendicular to the coastline, together with the adjacent onshore basin buried under the Armenian Orphanage lot, constitute an overall basin that could be an ancient boats mooring area.

The processing of the collected side scan sonar and profiling data sets, coupled with datings from specific locations, is expected to illuminate the implications for the evolution of the coastal palaeogeography, as this is raised by the marine geophysical data sets. The sampling survey was focused on the dating of submerged palaeoshoreline markers and the evaluation of the sedimentation rate. For this purpose, rocky samples, most probably of biological origin, were collected from the three plateaus which are considered important palaeoshoreline markers. Short sediment cores were also taken from the nearshore area of

Byblos and from the small basin located northwards of the el-Yasmine rocky islet. The estimation of the sedimentation rate will lead to the evaluation of the sedimentary thickness at specific time periods and, in conjunction with the predicted sea level evolution, to the establishment of the coastal palaeogeography scenario.

In September 2016, in the framework of “Byblos and the sea” research project, a very detailed subbottom profiling survey has been carried out in the area of El-Yasmine rocky islet using a high resolution chirp subbottom profiler. The aim of this last survey was the accurate mapping of the bedrock and the definition of the seismic stratigraphy of the loose sediments covering the bedrock in the vicinity of El-Yasmine islet. The data are in the process of being analyzed by our team at Patras University. Other remote marine surveys are planned on the basis of upcoming results within the framework of the project “Byblos and the Sea”.

## Bibliographie

**Beydoun, Z.R. 1976.** “Observations on geomorphology, transportation and distribution of sediments in Western Lebanon and its continental shelf and slope regions”, *Marine Geology*, 21: 311–324.

**Beydoun, Z.R. 1977.** “The Levantine countries: the geology of Syria and Lebanon (maritime regions)”, in: Nairn, A.E.M., Kanes, W.H., Stehli, F.G. (Eds.), *The Ocean Basins and Margins. The Eastern Mediterranean*, vol. 4a. Plenum Press, New-York, pp. 319-353.

**Dunand, M. 1973.** *Fouilles de Byblos V: l'architecture, les tombes, le matériel domestique des origines néolithiques à l'avenement urbain*, (2 vols). Paris: Maisonneuve.

**Ferentinos, G. - Papatheodorou, G. - Geraga, M. - Christodoulou, D. - Fakiris E. and Iatrou, M. 2015.** “The Disappearance of Helike-Classical Greece — New Remote Sensing and Geological Evidence”, *Remote Sensing*, 7, 1263-1278, doi: 10.3390/rs70201263.

**Francis-Allouche, M. and Grimal, N. 2016.** “The maritime approaches to ancient Byblos (Lebanon)”, *Journal of Eastern Mediterranean Archaeology and Heritage Studies*, 4:2-3, 241-277.

**Galili, E. - Zviely, D. - Ronen, A. and Mienis, H.K. 2007.** “Beach deposits of MIS 5e high sea stand as indicators for tectonic stability of the Carmel coastal plain”, *Israel. Quaternary Science Reviews* 26: 2544-2557.

**Geraga, M. - Papatheodorou, G. - Ferentinos, G. - Fakiris, E. - Christodoulou, D. - Georgiou, N. - Dimas, X. - Iatrou, M. - Kordella, S. - Sotiropoulos, G. - Mentogiannis, V. and Delaporta, K. 2015.** “The study of an ancient shipwreck using marine remote sensing techniques in Kefalonia Island (Ionian Sea), Greece”, *Archaeologia Maritima Mediterranea - An International Journal on Underwater Archaeology*, vol. 12, pp. 183-200.

**Goedicke, T.R. 1972.** “Submarine canyons on the continental shelf of Lebanon”. In: D.J. Stanley (Editor), *The Mediterranean Sea, a Natural Sedimentation Laboratory*. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Pa., pp: 655-670.

**Gomez, F. - Karam, G. - Khawlie, M. - McClusky, S. - Vernant, P. - Reilinger, R. - Jaafar, R. - Tabet, C. - Khair, K. and Barazangi, M. 2007.** "Global Positioning System measurements of strain accumulation and slip transfer through the restraining bend along the Dead Sea fault system in Lebanon", *Geophys. J. Int.* 168: 1021-1028.

**Hawie, N. - Gorini, C. - Deschamps, R. - Nader F.H. - Montadert, L. - Granjeon, D. and Baudin, F. 2013.** "Tectono-stratigraphic evolution of the northern Levant Basin (offshore Lebanon)", *Marine and Petroleum Geology*, 48: 392-410.

**Lambeck, K. 1996.** "Sea-level change and shore-line evolution in Aegean Greece since Upper Palaeolithic time", *Antiquity*, 70, 588-611. doi:10.1017/S0003598X00083733.

**Lambeck, K. and Purcell, A. 2005.** "Sea-level change in the Mediterranean Sea since the LGM: Model predictions for tectonically stable areas", *Quat. Sci. Rev.* 24, 1969-1988. doi:10.1016/j.quascirev.2004.06.025.

**Micallef, A. - Foglini, F. - Le Bas, T. - Angeletti, L. - Pasuto, A. - Taviani, M. and Maselli, V. 2013.** «The submerged paleolandscape of the Maltese Islands: Morphology, evolution and relation to Quaternary environmental change», *Marine Geology*, 335: 129-147.

**Morhange, C. - Pirazzoli, P.A. - Marriner, N. - Montaggioni, L.F. and Nammour, T. 2006.** "Late Holocene relative sea-level changes in Lebanon, Eastern Mediterranean", *Marine Geology*, 230: 99-114.

**Papathodorou, G. - Geraga, M. - Chalari, A. - Christodoulou, D. - Iatrou, M. and Ferentinos, G. 2015.** "Hellenistic Alexandria: A palaeogeographic reconstruction based on marine geophysical data", in *Alexandria under the Mediterranean* (ed. Soukiassian) pp. 1-35.

**Pirazzoli, P.A. 2005.** "A review of possible eustatic, isostatic and tectonic contributions in eight late-Holocene relative sea-level histories from the Mediterranean area", *Quaternary Science Reviews*, 24: 1989-2001.

**Sivan, D. - Schattner, U. - Morhange, C. and Boaretto, E. 2010.** "What can a sessile mollusk tell about neotectonics?", *Earth and Planetary Science Letters*, 296: 451-458.

**Van Andel, T.H. and Lianos, N. 1984.** "High Resolution seismic reflection profiles for the reconstruction of post-glacial transgressive shorelines: An example from Greece", *Quaternary Research*, 22, 31-45.

**Walley, C.D. 1998.** "Some outstanding issues in the geology of Lebanon and their importance", in the tectonic evolution of the Levantine region, *Tectonophysics* 298: 37-62.

#### IV.2.4. Prospection de tomographie par résistivité électrique: mission 5

MARTINE FRANCIS-ALLOUCHE  
et NICOLAS GRIMAL

En amont de travaux d'aménagements touristiques prévus sur la parcelle de l'Orphelinat arménien une étude d'impact sur l'archéologie a été effectuée en mars 2015 par la Direction Générale des Antiquités. En parallèle, «Byblos et la mer» y a lancé une deuxième phase de prospection géophysique pour compléter les résultats obtenus en 2013 (cartographie de résistivité électrique) et de la campagne de sondages par carottages accomplie en 2014 sur le même lot. La parcelle haute, autour du bâtiment de l'église n'avait pas été prospectée, en raison de l'état non défrichée du terrain en 2013: plantations d'arbres et autre.

Cette campagne de prospection géophysique a été réalisée par les géophysiciens, Vivien Mathé et Adrien Camus de l'Université de La Rochelle au sein du projet de recherche «Byblos et la mer». L'objectif de cette opération était d'étudier le proche sous-sol de ce terrain pour une meilleure appréhension du patrimoine archéologique enfoui. Quelques anomalies pouvant correspondre à des structures archéologiques ont été décelées au niveau du trait de côte antique, bien à l'intérieur de la parcelle. Cette investigation s'est avérée essentielle pour préparer la fouille; plusieurs sondages, effectués par la DGA dans le cadre de l'étude d'impact, ont été implantés de manière plus pertinente sur la parcelle, confirmant l'existence de structures en place là où les lectures de résistivités les avaient signalées (Francis-Allouche et Grimal 2016).

La méthode mise en œuvre en mars 2015 est la tomographie par résistivité électrique (voir rapport Mathé et Camus ci-après). Douze sections de longueurs variées ont été positionnées, de telle sorte qu'elles passent par les points de carottages. Ceci a permis de tenter une corrélation entre les mesures de résistivité et les données sédimentaires. L'objectif étant d'extrapoler les résultats des 29 carottages à l'ensemble de la zone traversée par les sections de résistivité. En somme, celles effectuées dans la parcelle inférieure de l'Orphelinat arménien, ont indiqué une

très faible résistivité (bleu-vert), traduisant un ancien plan d'eau enfoui; alors que celles réalisées dans la zone haute de la parcelle, au niveau des bâtiments actuels, ont mis en évidence une zone plus résistive (rouge-orange) en son pourtour, indiquant un changement de milieu, sans doute la partie «terre ferme» à l'arrière du bassin. Quelques sondages réalisés par la suite dans les zones à haute résistivité ont, en effet, mis au jour une série de structures, alors que ceux effectués dans la zone basse ont confirmé l'existence d'un plan d'eau ancien.

Au final, une vision en trois dimensions du sous-sol a confirmé les résultats de la prospection géophysique de 2013 ainsi que ceux des carottages sédimentaires; les limites d'une baie colmatée ont été définies, confirmant l'existence d'une possible installation portuaire dans la parcelle de l'Orphelinat arménien (**Figs 24 à 26**).

#### Mission de prospection géophysique à Byblos

VIVIEN MATHÉ et ADRIEN CAMUS

#### Intérêts et objectifs des prospections géophysiques

La prospection géophysique regroupe un ensemble de méthodes permettant d'étudier certaines propriétés physiques du sol de manière non destructive. Une étude géophysique est basée sur un ensemble de mesures. Les variations et les contrastes des signaux mesurés sont interprétés en fonction de leur intensité et de leur forme, mais aussi en fonction du contexte archéologique, environnemental, géologique, etc.

L'étude géophysique décrite ici a débuté par cinq jours d'acquisition de données en mars 2015, soit environ un an après la campagne de 29 carottages. Son objectif était d'extrapoler les résultats des carottages à l'ensemble de la zone étudiée et de tester la validité des hypothèses formulées à l'issue de ces travaux.

## Matériel et méthode

Le choix de la méthode de prospection a été guidé par la profondeur des vestiges recherchés, située entre 2 et 6m, et par la localisation du site à proximité immédiate du trait de côte, indiquant un milieu salé donc très conducteur. Il a porté sur la réalisation de sections de résistivité qui peuvent être assimilées à des «coupes» du sous-sol déduites de mesures réalisées à la surface le long de lignes droites aussi appelées «profils». La méthode consiste à injecter un courant électrique dans le sol entre deux électrodes (de simples piquets en inox) et à mesurer dans le même temps la difficulté que celui-ci rencontre à se propager entre deux autres électrodes. C'est l'écartement entre les quatre électrodes choisies pour une mesure qui fixe la profondeur d'investigation. On a employé ici un système constitué de 64 électrodes. Toutes les électrodes sont alignées à espacement constant et reliées à un même appareil de mesure (Terrameter LS, Abem) par l'intermédiaire de deux câbles. Cet instrument assure, pour chaque mesure, la sélection de quatre des 64 électrodes, l'injection de courant, la mesure de la résistivité et le stockage des données. Plus les valeurs obtenues sont élevées, plus le courant électrique rencontre des difficultés pour se propager. Ce sera le cas notamment en présence de galets et de sables surtout s'ils sont secs. A l'inverse, les matériaux argileux ou baignés dans l'eau salée seront très peu résistants. Les mesures sont traitées à l'aide du logiciel RES2DINV (Geotomo Software).

Douze sections de longueurs variées ont été réalisées dans le cadre de cette étude (Fig. 24 a et b), sur une superficie totale d'environ 1,5 ha: sept avec un espacement des électrodes d'1 m ce qui nous a permis d'atteindre une profondeur d'environ 12m, et cinq avec un espacement des électrodes de 0,5m, ce qui a limité la profondeur d'investigation à environ 6m mais a permis d'améliorer la résolution spatiale des résultats d'un facteur 2. Les sections, dont la longueur cumulée atteint 1km, ont été positionnées de telle sorte qu'elles passent par les carottages, afin de faciliter la comparaison de ces deux ensembles de données.

## Résultats et interprétation

Les sections de résistivité électrique présentent de très fortes variations. En effet, les valeurs sont comprises entre 1 et 1000  $\Omega.m$ . Elles s'organisent globalement selon un modèle tabulaire constitué de quelques entités séparées par des gradients, de résistivité parfois élevées (Fig. 25 a).

La section PS2, qui recoupe toute la zone d'investigation du nord-ouest vers le sud-est, est représentative de l'ensemble des sections mesurées, surtout dans la zone basse (Fig. 25 b). Elle a donc été choisie pour illustrer les descriptions à venir. Elle a été réalisée en suivant une ligne passant par les carottages 9, 11, 20 et 23. Les entités détectées par la prospection géophysique ont ainsi pu être mises en relation avec les unités stratigraphiques identifiées dans les carottages. Les données issues de ceux-ci sont considérées comme des «vérités terrain». Elles ont donc servi à contraindre les interprétations de la prospection électrique. Par conséquent, le postulat suivant a été respecté: les interfaces entre les différentes couches proposées à l'issue de la prospection passent obligatoirement par les limites observées dans les carottes.

Dans la zone basse, d'altitude comprise entre 2 et 3 m, les corrélations sont relativement aisées:

- La couche superficielle du sol est conductrice (10 à 30  $\Omega.m$ ) sur une épaisseur variant de 0,5 m à 1 m. Il s'agit de la terre arable identifiée dans les carottages (unité E, bleu-magenta). Quelques sections, telles la PS8 et la PS12, mettent localement en évidence des remblais modernes, beaucoup plus résistants, surmontant cette couche par endroits, notamment au nord-ouest.

- En dessous de l'unité E, une couche plus résistante (>100  $\Omega.m$ ) semble correspondre à l'unité D. Il s'agit de sables, de graviers et de galets. Cette couche présente une épaisseur très variable: de moins de 0,5 m à plus de 3 m. Cette grande variabilité latérale pourrait notamment s'expliquer par l'origine éolienne d'une partie de ces matériaux (sable), ceux-ci constituant des microreliefs (dunes), et non pas une couche d'épaisseur uniforme. D'autre part, le retrait probablement inégal de ces matériaux avant le remblaiement avec de la terre arable au cours du XX<sup>ème</sup> siècle peut être une autre raison de cette

hétérogénéité latérale particulièrement bien soulignée par la tomographie électrique.

- Sous la couche D, les couches C1 et C2 sont difficiles à distinguer l'une de l'autre sur la seule base des mesures de résistivité électrique. Ceci provient du fait qu'elles sont globalement composées des mêmes matériaux et ne présentent donc pas de

contraste de résistivité suffisant pour être dissociées. Par contre, l'unité C, composée de C1 et de C2, peut être repérée, notamment sur la section PS2 (Fig. 25 b). Sa résistivité est comprise entre environ 20 et 80  $\Omega.m$ . Son épaisseur apparaît variable mais tend à être plus, voir beaucoup plus, importante au centre de la zone étudiée.

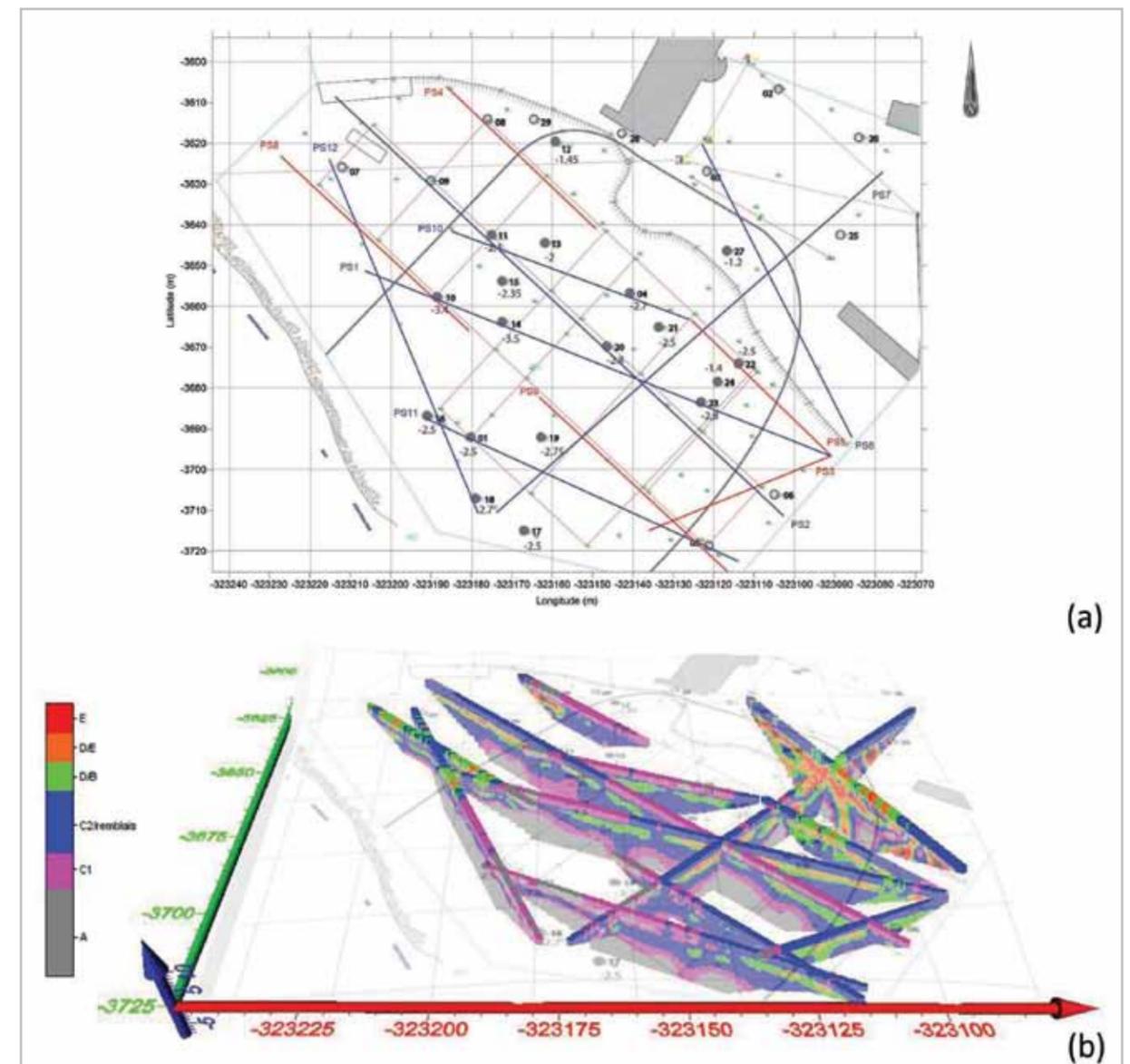


Fig. 24a- Localisation des 13 sections de résistivité électrique. Les sections en bleu ont été réalisées avec un écartement minimal des électrodes de 1m, celles en rouge avec un écartement minimal de 0,5m. Les profondeurs d'investigation sont respectivement de 12 et de 6m. La position des carottes est notée par un cercle bordé d'un nombre en gras (Fig. 13 ci-haut); Fig. 24b- Vue NS en 3D des 13 pseudo-sections montrant le bassin enfoui; les mesures situées au-dessous du niveau de la mer (MSL) sont représentées par le gris (substrat), le magenta et le bleu (bassin enfoui).

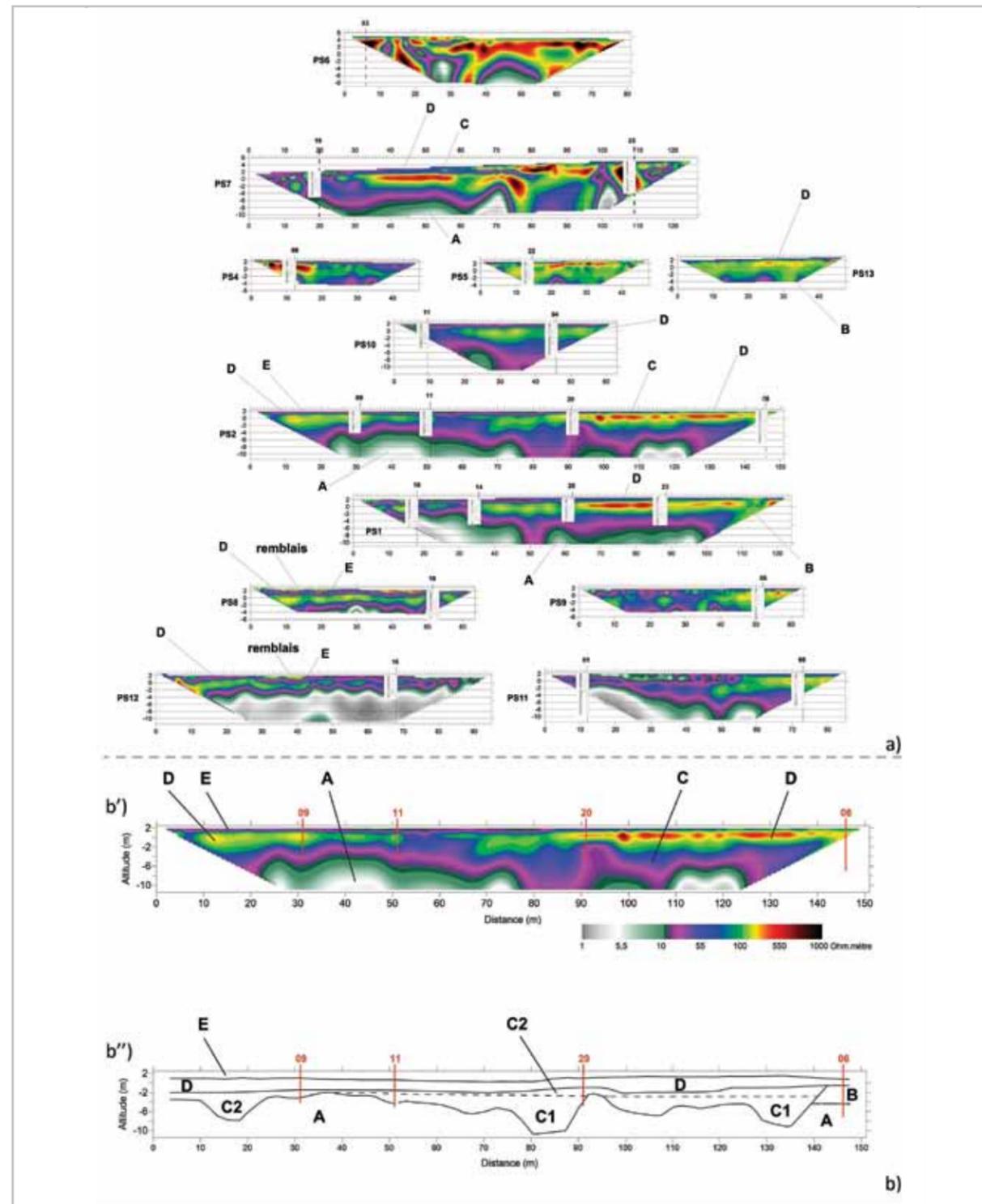


Fig. 25a- Représentation des 13 pseudo-sections avec emplacement et description des sondages par carottages;  
 Fig. 25b- 1) Section de résistivité électrique PS2: modèle de distribution de la résistivité en fonction de la profondeur. Les nombres en rouge correspondent aux carottages. 2) Interprétation de la section de résistivité en prenant en compte les données des carottages.

- Le substrat A est indifférencié en prospection électrique, en raison d'une nature de matériaux peu différente: d'après les carottages, A est constitué d'argile compactée, A1, et de marnes altérées, A2. Ces deux unités sont de surcroît probablement baignées l'une et l'autre dans l'eau salée. Le substrat apparaît comme une couche très conductrice (1 à 15  $\Omega.m$ ) dont le toit avec l'unité C sus-jacente présente de nombreux reliefs. Par endroits, il apparaît profondément entaillé, laissant supposer qu'il a été érodé, peut-être par une rivière. Celle-ci pourrait être un bras ou un paléo-cours de la Qassouba, une petite rivière coulant actuellement en limite est du site. Les extrémités ouest des sections PS7, PS11 et PS12 présentent de très faibles valeurs de résistivité pour des profondeurs inférieures à 4 m. Ceci pourrait indiquer la présence d'une remontée du toit du substrat dans cette zone. Cependant la proximité de la mer, à quelques dizaines de mètres seulement, impose la prudence. Il est plus probable que ces valeurs proviennent de la présence d'une grande quantité d'eau salée dans le sol, abaissant fortement la résistivité sans changement de la nature des matériaux.

- Au sud-est, en bordure du cours actuel de la Qassouba, la couche D est prolongée vers le bas sur une épaisseur d'un à plusieurs mètres par une zone résistante. Cette entité, visible notamment dans les sections 1 et 3, correspond probablement à la concentration de blocs et de galets apportés par la rivière décrit dans les carottages 5 et 6 (unité B). On remarque que sa transition avec les matériaux situés plus à l'ouest est brutale. Elle pourrait avoir fait l'objet d'un aménagement.

A la verticale de chaque pseudo-section, un modèle de coupe stratigraphique peut-être proposé, indiquant la géométrie et l'épaisseur de chaque entité (Fig. 25 b).

La zone haute a une altitude comprise en 5 et 6 m. Elle est traversée seulement par deux sections, compte-tenu des constructions et d'espace de stockage de matériaux. Les corrélations y apparaissent moins évidentes que pour la zone basse. Les quatre premiers mètres sont très hétérogènes, probablement en raison de la grande diversité des matériaux ayant servi à remblayer la zone. C'est le cas non seulement pour PS6 mais aussi à l'extrémité nord de PS7 (Fig. 25 a).

## Synthèse

Les données de prospection électrique et des carottages ont été exploitées, afin de visualiser la topographie de l'ensemble de la zone d'étude après le retrait des unités C1 et C2, ainsi que de la couche de remblais modernes. Au final, la carte obtenue repose sur environ 400 points répartis de façon très hétérogène, mais elle donne cependant un modèle intéressant mettant bien en évidence une baie au pied des collines où s'est installée la ville antique (Fig. 26 a et b). Une vaste dépression de plus de 8000m<sup>2</sup>, atteignant par endroits une profondeur d'environ -6 m (F) vient confirmer l'hypothèse d'un bassin (trait noir épais), émise à l'issue de la campagne de carottage. Une autre dépression, aux dimensions beaucoup plus réduites (G), est présente à proximité immédiate du pied du tell. Elle est séparée de la précédente par une zone résistante (H) (Fig. 26 a).

Ces informations permettent de dresser un rapide aperçu des dernières étapes de l'évolution géologique de la zone. Cette baie semble résulter de l'érosion de dépôts vieux de 10 à 15 millions d'années mis en place au cours d'une transgression marine. Ils sont composés de marnes (unité A2), de grès marins (ramleh) et de conglomérats surmontés de grès dunaires formés par la suite. La dépression, probablement creusée au cours d'un maximum glaciaire, s'est ensuite transformée en lac ou en lagune, puis s'est progressivement comblée d'argile (unité A1) avant l'Holocène (probablement à l'identique de ce qui s'est passé à Tyr et à Sidon, Marriner 2009). Ces argiles ont ensuite pu être localement creusées par une rivière venant se jeter dans la baie, partiellement colmatée par les argiles mais toujours en eau. C'est alors que des aménagements portuaires semblent avoir été réalisés. Un changement des conditions hydrodynamiques du milieu a ensuite engendré une modification de la nature des dépôts sédimentaires qui sont devenus plus sableux (apport de la mer) voir caillouteux (apport des terres). Ceci correspond à la mise en place progressive de l'unité C, au fond d'un milieu ennoyé. Le colmatage par des sables et des graviers s'est ensuite poursuivi, jusqu'à ce que le milieu soit exondé. La sédimentation marine a alors laissée la place à la sédimentation continentale, avec la formation de dunes de sable (éolien) et d'éventuels dépôts de crue.

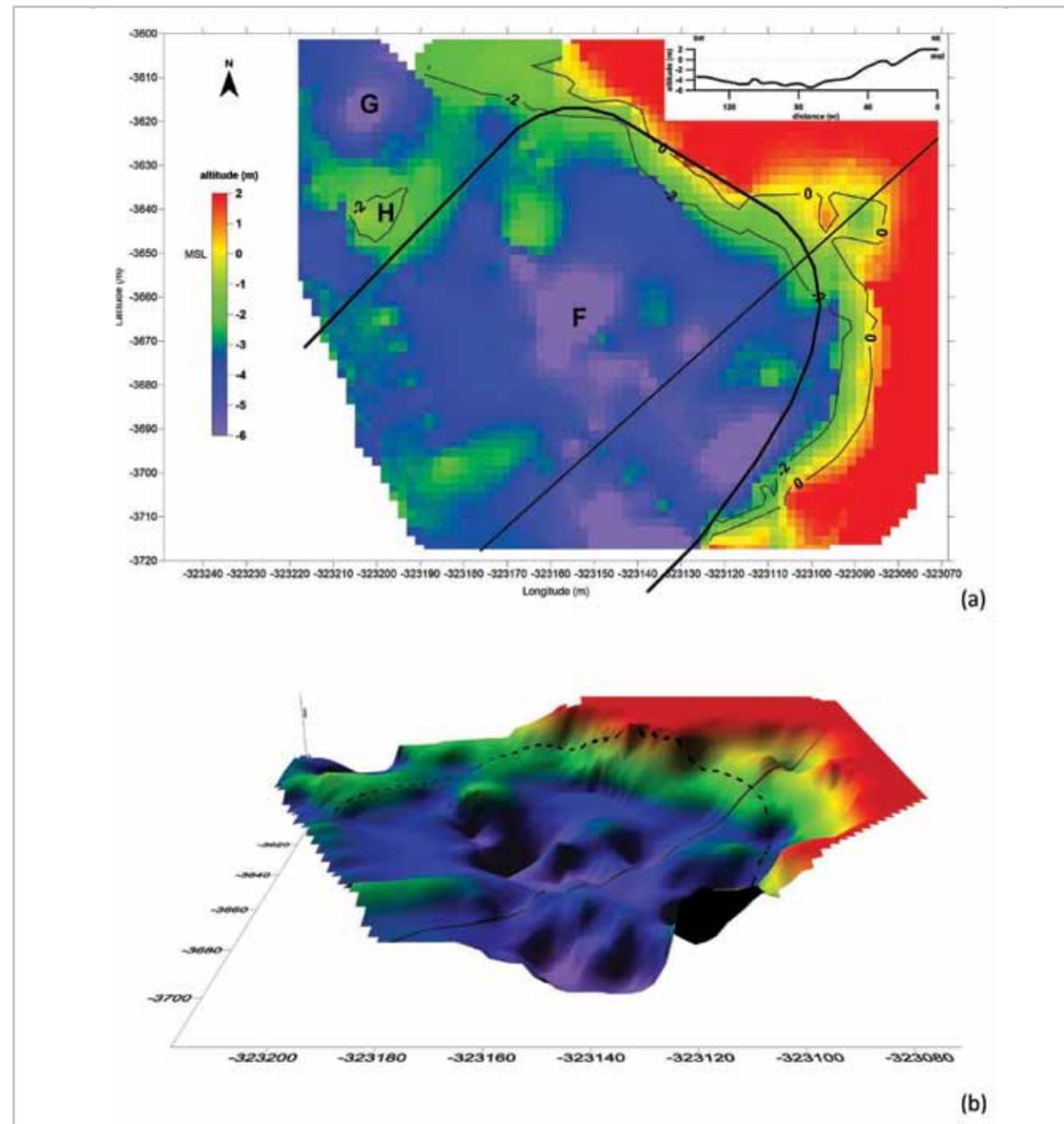


Fig. 26a- Modèle topographique en 2D obtenue après le retrait des entités C1 et C2. La courbe (en haut, à droite) montre la variation d'altitude le long d'un profil orienté NE-SO (trait fin noir). Le contour du bassin suspecté à l'issue de la campagne de carottages est représenté par un trait gras noir; Fig. 26b- Représentation en 3D montrant la topographie du bassin après retrait des remplissages C1 et C2.

## Bibliographie

Marriner, N. 2009. *Géoarchéologie des ports antiques du Liban*. Éditions l'Harmattan, Paris, pp. 259.

## V. Investigations «intrusives»: sondages archéologiques dans la zone du bassin enfoui

MARTINE FRANCIS-ALLOUCHE  
et NICOLAS GRIMAL

La prospection géophysique reste évidemment une méthode d'investigation partielle en raison de la profondeur que l'on peut atteindre par lecture géophysique, les niveaux étant parfois trop enfouis, ou en raison de contextes environnementaux non favorables, tel que des sols perturbés ou encore la salinité en bord de mer, etc. Le diagnostic ultime est bien entendu la fouille par sondage ou la fouille programmée, — unique méthode qui permette d'évaluer exactement l'intérêt et l'importance de l'archéologie enfouie de cette parcelle.

### V. 1 Vérification préliminaire: une étude d'impact

Pour juger de l'importance du patrimoine enfoui dans la parcelle de l'Orphelinat arménien, bien qu'elle ait été d'ores et déjà confirmée par les recherches pluridisciplinaires entreprises par le projet «Byblos et la mer», une série de sondages archéologiques a été menée par la Direction Générale des Antiquités, en collaboration avec l'équipe de recherche de «Byblos et la mer» en 2015. Les résultats ont conforté l'existence d'un bassin enfoui dans la parcelle en question, ainsi que d'une zone urbanisée en amont du plan d'eau.

Ne seront pris en compte dans cet exposé que les résultats d'un sondage, effectué en contexte «marin», que nous avons pu mettre en relation avec la problématique de la localisation du bassin portuaire, — objectif premier du programme de recherche «Byblos et la mer». S'en suit une présentation succincte des travaux d'évaluation effectués par la Direction Générale des Antiquités sur la parcelle.

Dans la partie NO du terrain, plusieurs sondages en contrebas de la falaise du site de Byblos ont mis au jour une série de murs médiévaux et romains, marquant l'urbanisation arrière de la parcelle. Pour la zone supérieure NE de la parcelle (niveau du parking de l'église), la mission géophysique a montré des

zones de forte résistivité (Figs 24 à 26). Plusieurs localisations de sondages archéologiques, ont été choisies en conséquence, confirmant les zones de forte résistivité géophysique: les fouilles ont mis au jour une concentration de structures d'époques différentes, montrant l'urbanisation de l'ensemble de la partie supérieure de la parcelle. Cependant, la plus ancienne structure fouillée dans ces sondages, ne remonte qu'à l'époque romaine, les niveaux atteints restent bien au-dessus du niveau de la mer, alors que les structures portuaires, s'il doit y en avoir, sont dans les strates plus enfouies.

Un seul sondage profond (Fig. 27, sondage S2) a été effectué, en dessous du niveau actuel de la mer, dans la zone basse de la parcelle de l'Orphelinat arménien, — zone recouvrant le plan d'eau antique. Nous avons pu mettre en relation des strates fouillées de ce sondage, avec celles des colonnes sédimentaires de deux sondages par carottage (Figs 13 et 27, carottages 08 et 29), effectuées dans la même zone en 2014.

Un premier élément en faveur de l'existence d'un bassin portuaire colmaté dans la parcelle inférieure du lot de l'Orphelinat arménien, est la nature des sédiments extraits de ce sondage profond. Dans les contextes supérieurs, des sédiments grossiers et très coquillés marquent l'existence d'un rivage ou d'une zone médiolittorale à ce niveau, qui coïncide avec l'emplacement d'un paléorivage placé par les colonnes sédimentaires de carottages effectués en 2014, au même endroit de la parcelle (Fig. 27). **L'emplacement du trait de côte antique se confirme ainsi à une centaine de mètres en amont du rivage actuel.**

À ces sédiments, d'abord grossiers, succèdent, dans les couches stratigraphiques inférieures, des sédiments bien plus fins et homogènes. Dans le cas de notre bassin, ce changement net qui apparaît dans la taille des grains, de plus fins à plus grossiers, traduit une anthropisation de ce plan d'eau naturel en bassin protégé au pied du tell antique. En témoigne également la nature des sédiments fins, extraits des colonnes sédimentaires des sondages par carottage («Unités sédimentaires C1 et C2» dans rapport Carayon ci-dessus), qui ont succédé à une couche plus ou moins épaisse de galets de rivières, qui couvrait

l'ensemble de la zone au pied du promontoire avant l'existence du bassin. C'est «l'Unité sédimentaire B» dans les colonnes sédimentaires, non atteinte par les sondages archéologiques. Tel que l'interprète Nicolas Carayon dans son étude au sein de cet article, la trajectoire du cours de l'oued de la Qassouba a été sans doute réorientée ou confinée par une levée (artificielle ou naturelle) des berges. Les prochaines fouilles pourraient lever le voile sur la question.

Ce bouleversement de milieu, le passage d'un milieu confiné, typique de celui d'un bassin portuaire protégé, à celui d'un mode marin battu, exposé aux courants marins, s'explique par un abandon possible de cette zone en tant qu'installation portuaire. Le milieu ne semble plus protégé contre les assauts de la mer, le bassin se comble plus ou moins rapidement de sédiments grossiers terrigènes de milieux battus, conforme, d'une part, aux couches de comblement, intitulées «Unité sédimentaire D» dans les colonnes sédimentaires des sondages par carottages (voir

rapport Carayon ci-dessus), et d'autre part, aux sédiments extraits des couches supérieures du sondage archéologique n° 2 (Fig. 27).

D'autres éléments maritimes déterminants ont été trouvés dans ce sondage archéologique n° 2, tels qu'une série de **clous de navire** en cuivre ou alliage riche en cuivre, caractéristiques de la charpenterie traditionnelle (Benoit 1961, Steffy 1994, Joncheray 1975, Gianfrotta et Pomey 1981, Pomey 1998); ils ont pu être utilisés en construction navale, comme le laisse supposer le contexte maritime, duquel ils sont issus (seul sondage archéologique effectué, ayant atteint les couches supérieures du bassin ensablé dans la parcelle basse de l'Orphelinat arménien). Les clous courts servent à fixer des serres de renforts ou des vaigres fixes sur les membrures du navire et les clous longs à fixer des membrures au bordé. A titre d'exemple, un assemblage de membrure, de 7 à 10 cm d'épaisseur, sur un bordé, de 3 à 4 cm d'épaisseur, suppose des clous de 15 à 20 cm de longueur, tels que trouvés

dans ce sondage n° 2. Les déformations de certains de ces clous supposent une certaine malléabilité, qui indique soit du cuivre pratiquement pur (le plus souvent utilisé en construction navale), soit un alliage très riche en cuivre, le bronze, cassant, n'étant guère utilisé en construction navale. Certaines pointes de ces clous semblent avoir été repliées deux fois: une fois sur le dos de la pièce, puis une deuxième fois pour pénétrer à nouveau dans le bois, afin de verrouiller le clouage et éviter les phénomènes de déchaussement.

Une série de blocs calcaires, taillés et lissés par l'action de l'eau et portant des traces d'usure de cordage, ainsi qu'un bloc de grand module (110cm x 80cm x 40cm) en ramleh, percé en son milieu avec traces d'usure de cordage, a été extrait de ce même sondage n° 2, d'un contexte «marin» de sable coquillé; il semble avoir servi de corps-mort pour ancrage de navire au fond de cette baie portuaire ou sur son rivage, selon son emplacement d'origine. A titre d'exemple, une série de corps-morts percés a été trouvée *in situ* (à en juger de leur position sur le fond marin, disposés en éventail, trou contre trou) non loin des côtes de Maamourah en Égypte (Abd el Maguid 2015). Le corps-mort du sondage n° 2 a peut-être aussi fonctionné avec d'autres blocs similaires, se trouvant encore enfouis. Généralement, ces blocs percés d'un trou, de formes imprécises, sont **posés sur le lit marin pour amarrage de navires, — un système d'amarrage encore d'actualité:** mis à part les bittes d'amarrage à quai, et l'ancre abord du bateau, les fonds de bassins portuaires ainsi que les criques naturelles sont souvent dotés de gros blocs en bétons, reliés à une corde et à un flotteur pour amarrer les embarcations.

Il serait utile à ce point de relever la différence entre les «ancres-poids» et **les deux types d'ancres en pierre connus, «à un trou» (ancre pour fonds rocheux), et «à trois trous» (pour fonds sablonneux); placés à bord du navire,** celles de tailles petites à moyennes servaient de lest à l'embarcation (Frost 1991; 2002). Une douzaine d'ancres en pierre avaient été trouvées lors d'une prospection («Byblos et la mer», mission n° 1 - 2011) dans la zone côtière de Byblos. Certaines, percées et de taille plus ou moins importante, appartiennent au type «ancre de Byblos». Deux ancres de ce type ont été levées dans la baie de Jouret Osman, - la partie encore immergée du bassin du port enfoui, au piémont sud

de la ville - (Fig. 28 a); d'autres, non percées, de type «ancre-poids», trouvées en contrebas du promontoire, portent des **traces d'usure** de cordage (Fig. 28 b).

Une série d'ancres en pierre, percées d'un trou, forment la première marche d'un escalier desservant le haut d'une structure dans la ville antique de Byblos; cette structure, placée à un point topographique haut de la ville antique, surplombe la parcelle de l'Orphelinat arménien et plus généralement les abords maritimes sud de la ville en direction de l'Égypte; elle avait été identifiée par H. Frost en tant que «**proto phare**» de la ville antique (Frost 2002). Ces ancres-ci sont dites «ancres votives». Si la fonction de cet édifice en tant que phare s'avère, il représente un indice de plus en faveur de la localisation d'un port au sud de la ville antique.

Il est évident que cette investigation archéologique reste préliminaire, les contextes profonds contemporains de la vie du bassin n'ayant pas été atteints pour maintes raisons. De plus, des problèmes d'infiltration de la nappe phréatique et de l'eau de mer ont été rencontrés, nécessitant des moyens plus importants et des techniques de fouille plus adéquates, conformes à la fouille en milieu immergé, à prévoir pour l'excavation future du bassin enfoui, dans le cadre du projet «Byblos et la mer».

## V. 2 Emplacement possible de structures portuaires au pied de la ville

Malgré les changements de configuration géographique subis dans la zone sud de Byblos, il est possible, à partir des données acquises à ce jour, d'en reconstituer une cartographie simplifiée. Si l'on juge par le fond de carte de Renan (1860), on perçoit une paléo-ligne de rivage bien en amont du trait de côte actuel (Fig.10), ainsi que l'îlot d'El-Yasmine qui émergeait des eaux, alors qu'il est, aujourd'hui, pratiquement rattaché au rivage. On y devine surtout une invagination marquée de la vallée de la Qassouba avant son colmatage. Dans le cadre de la prospection géophysique (voir rapport Herbich ci-dessus), et de l'étude sédimentaire (voir rapport Carayon ci-dessus), plusieurs phases de modification des rivages ont été mises en évidence: deux traits de côte antique ont été placés, montrant une progradation de plus de 100m



Fig. 27- Plan général montrant les deux phases de bassin colmaté (tracés bleus) dans la parcelle inférieure de l'Orphelinat arménien, la localisation du sondage archéologique S2 (DGA) et l'emplacement des sondages par carottages n° 08 et 29 (Archives «Byblos et la mer»).

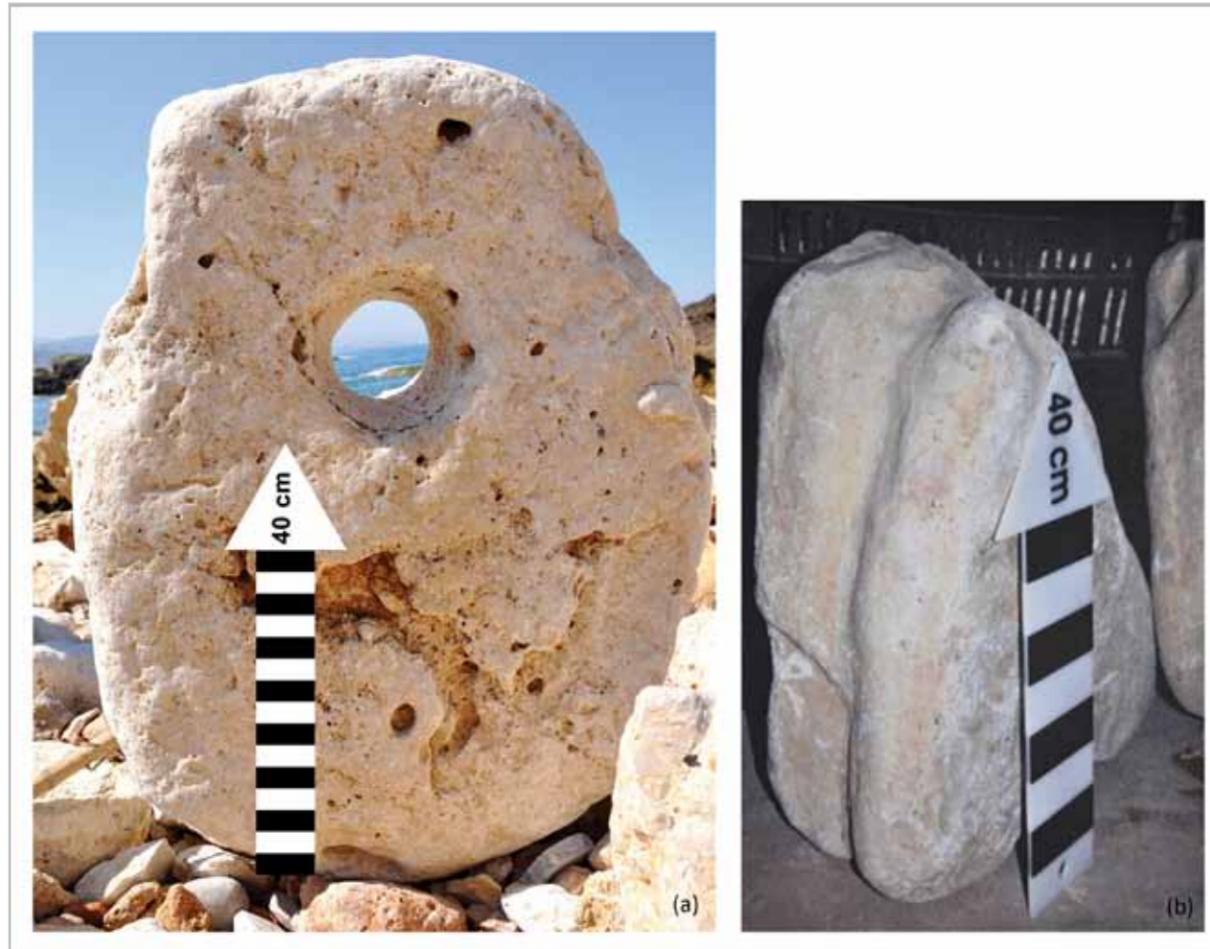


Fig. 28- «Ancre de Byblos»: a- à un trou, levée dans la baie de Jouret Osman et «ancre-poids»; b- avec traces d'usure de cordage (Prospection «Byblos et la mer», 2011; clichés Francis-Allouche).

depuis le maximum transgressif, vers 6000 avant J.-C., l'avancement du trait de côte se faisant de la terre vers la mer (Figs 11 a, 13, 20 et 27).

Cette progradation du trait de côte dénote un colmatage important de la baie, soumise à une multitude de facteurs à travers les âges, tels que les dépôts terrigènes du tell, les apports de sables marins ou encore les travaux d'aménagement modernes effectués dans la zone. Dans le cas d'un bassin enfoui, il s'agirait sans doute, d'un ensablement postérieur à l'abandon de l'entretien des structures portuaires qui le protégeaient de la houle et des vents dominants. Ceci aurait entraîné le comblement plus ou moins rapide

de la baie à partir d'importants apports terrigènes, provoquant l'avancée rapide de la plage au fil les années.

On peut remarquer, à titre d'exemple, que les rivages antiques se situent souvent à l'intérieur même du tissu urbain: l'urbanisation moderne de Beyrouth a fait disparaître deux installations portuaires: un quai de l'Âge du Fer III exhumé en son centre-ville (Sayegh et Elahi 2000; Marriner 2009) et un ensemble de cales sèches phéniciennes découvert dans le quartier beyrouthin de Minet el Hosn, ensablé à environ 190m du rivage actuel (Francis-Allouche 2012); les rampes de halage de Kition-Bamboula à Larnaka se trouvent à

800m du littoral (Yon 2000; Yon et Sourisseau 2010); le rivage a également progressé de plus de 1500m pour le port de Yenikapi à Istanbul (Perincek 2010), et plus de 4km pour la ria d'Enkomi (Devilleers *et al.* 2002). Ces anciens traits de côte sont aujourd'hui totalement artificialisés.

Concernant le colmatage de la baie en question, un dernier facteur est à prendre en considération: la proximité de l'embouchure de l'oued de la Qassouba qui borde la baie au SE. L'apport torrentiel généré durant l'antiquité par ce cours d'eau (Stephaniuk 2001), est également responsable de son comblement (voir rapport Carayon ci-dessus), sans doute après abandon de l'infrastructure portuaire, même si le cours d'eau avait pu être canalisé, à un moment donné, en tant que siphon pour draguer ou nettoyer le fond de cette ancienne baie de sédiments accumulés. L'ancienne base navale de Seleucia Pieria, dans la baie d'Antioche, possédait un dispositif similaire (Chesney 1838: 234; Busila 2016: 152-53).

Pour citer un exemple de bassin colmaté par des apports fluviaux, le site portuaire antique du Tell Abu Hawam (Haifa) se trouve aujourd'hui coupé de la mer à plus de 800m du rivage, ayant été ensablé par les alluvions du fleuve Qishon d'une part et totalement absorbé dans le tissu urbain d'autre part (Sauvage 2015: 80).

Quant à l'emplacement possible de structures portuaires enfouies, il est évident que le quai, s'il y en avait un, devait forcément se trouver à l'arrière du trait de côte le plus en amont, aux environs du bâtiment de l'église de 1920 (Fig. 29), alors que les entrepôts et autres bâtiments portuaires pourraient être enfouis plus haut dans la vallée. L'emplacement des deux accès de la ville antique, qui figurent sur les plans de l'organisation de la voirie (Laufray 2008: p. 77, 321-322) - une porte au sud-est et une poterne au sud, surplombant le haut de la zone portuaire nouvellement localisée, favorise cette théorie (comme évoqué plus haut: Fig. 10). Ces accès semblent avoir desservi la zone portuaire sud de la ville de Byblos.

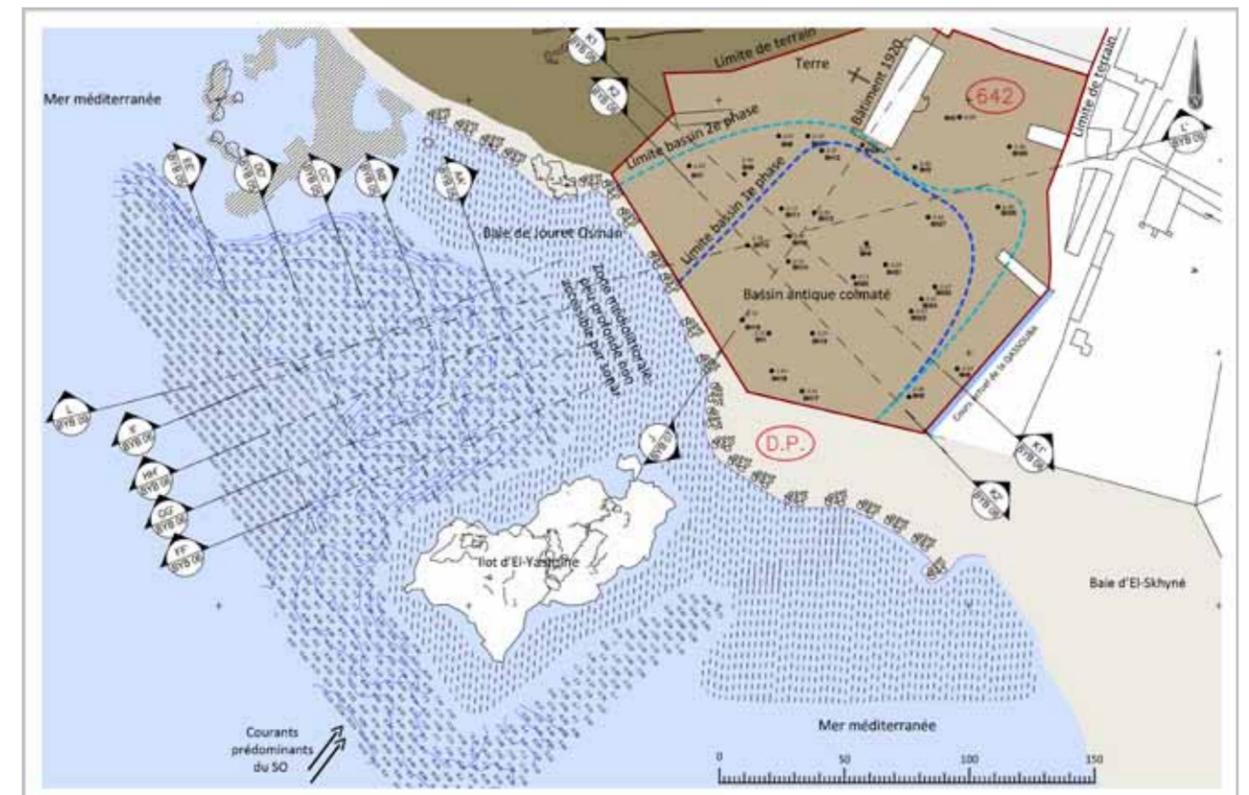


Fig. 29- Plan général montrant les deux phases du bassin enfoui au piémont sud de la ville antique, ainsi que la terre ferme en amont du bassin, au niveau du «Bâtiment 1920».

Bien que de nouvelles découvertes archéologiques soient encore susceptibles de compléter le tableau qui se présente à nous, il est déjà possible de retracer les grandes lignes de la paléo-géomorphologie de la zone du bassin au pied de la ville: le site en question bénéficie de certains avantages naturels que l'on fait choisir comme port de commerce international de la ville marchande de l'Âge du Bronze. Installée dans le creux de la vallée de la Qassouba, au pied des falaises de la ville qui le surplombe, cette configuration naturelle, aujourd'hui ensablée, jouissait d'un tirant d'eau suffisant, et d'un large plan d'eau, permettant aux navires de commerce d'y pénétrer et de se mettre à l'abri des vents dominants. Car la position privilégiée de ce bassin, abrité des assauts de la mer par l'îlot d'El-Yasmine, lui-même secondé par plusieurs rides sous-marines, présente un milieu relativement calme, à ce jour.

Les indications en faveur d'un site portuaire au pied du promontoire sont nombreuses, et pourtant il reste beaucoup de questions en suspens. Quelle était donc la date de la «construction» du bassin antique de Byblos? Quand le milieu naturel a-t-il été aménagé en installation portuaire? S'agissait-il de structures archéologiques spectaculaires, ou devons-nous plutôt imaginer une baie équipée d'ouvrages légers? Ces structures quelles qu'elles aient été, ont-elles été recyclées pour bâtir les constructions plus tardives, de l'époque médiévale et romaine, exhumées dans les sondages récents? Ont-elles été réclamées par la mer, ou sont-elles encore enfouies dans des strates plus profondes?

## Conclusion

Au final, les différentes investigations géo-archéologiques menées sur une période de sept ans au sein du programme de recherche «Byblos et la mer» ont confirmé la localisation d'un bassin de port à Byblos, là où les sources antiques le mentionnent, et là où Honor Frost l'avait placé en premier lieu: au piémont sud de la ville antique. Néanmoins, il est impératif de vérifier toutes ces inconnues par une investigation archéologique plus approfondie du terrain. De plus, la nécessité d'une fouille archéologique s'impose, compte tenu de la menace des projets de développement touristiques prévus

dans ce secteur de la côte giblite. Une deuxième phase d'investigation archéologique a été programmée au sein du projet de recherche «Byblos et la mer», pour trouver les limites réelles du bassin enfoui, ainsi que d'éventuelles structures portuaires dans certaines zones propices du terrain.

Cette deuxième phase de recherche nous permettra d'aboutir à une compréhension globale de la ville maritime de Byblos, ville haute et zone portuaire. Les limites de la ville antique ne s'arrêtent pas aux limites naturelles du tell, là où est placée sa clôture actuelle, au haut du promontoire. Les annales anciennes en témoignent, la ville antique s'est développée au milieu du 3<sup>e</sup> millénaire grâce à un commerce portuaire florissant qui s'effectuait à partir d'un port installé au pied sud de l'acropole; la ville antique de Byblos s'étendait ainsi au-delà du promontoire, et le périmètre de protection de la ville de Byblos, classée patrimoine mondial par l'UNESCO, devrait s'étendre au-delà de ses limites actuelles, pour inclure en plus de la zone portuaire médiévale nord, la zone portuaire commerciale sud de la ville, qui remonte très probablement aux époques Cananéenne et Phénicienne, — première raison d'être de la ville giblite, qui a généré son classement au Patrimoine Mondial.

**Mots clés:** commerce naval antique, ressources forestières, Byblos, Égypte, investigation géo-archéologique, installation portuaire antique.

## Notes

(\*) Dimitrios Christodoulou: Laboratory of Marine Geology and Physical Oceanography, Department of Geology, University of Patras, Greece.

(\*) Jeanine Abdul Massih: Université Libanaise.

(\*) Nicolas Grimal: Orientaliste et égyptologue, membre de l'Académie des Inscriptions et des Belles-Lettres, Professeur au Collège de France.

(\*) Martine Francis-Allouche: archéologue, terrestre et sous-marin, chercheur associé au Collège de France.

(\*) Nicolas Carayon: Department of Archaeology, University of Southampton, Highfield, Southampton, SO17 1BF, UK.

**1-** Voir F. Breyer, "Ägypten und Anatolien. Politische, kulturelle und sprachliche Kontakte zwischen dem Niltal und Kleinasien im 2. Jahrtausend v. Chr.", Contributions to the Chronology of the Eastern Mediterranean 25", *DÖAW* 43, 2010, plus particulièrement, p. 67-100.

**2-** Voir N. Grimal, «Quelques réflexions sur la géopolitique du Levant au deuxième millénaire av. J.-C.», dans *Interconnections in the Eastern Mediterranean Lebanon in the Bronze and Iron Ages*, BAAL HS 2009, p. 339-360.

**3-** Dès la seconde dynastie: N. Grimal, op. cit. (n. 2), p. 356-358. Pour le Moyen Empire, ajouter R. Flamini, *Byblos y Egipto durante la Dinastia XII*, Buenos Aires, Centra de Estudios del Egipto y del Mediterráneo Oriental, 1996.

**4-** Frost 2002, p. 57-77; Frost 2001, p. 195-217; Frost 1998-99, p. 245-259; Morhange 1998-99, p. 261-265.

**5-** Projet initié, en 2011, par Martine Francis-Allouche sous la direction scientifique de Nicolas Grimal du Collège de France.

**6-** Ce travail a été mis en place à la demande de Honor Frost.

**7-** Sanlaville 1977.

**8-** Bessac 2012, p. 73.

**9-** Pour les variations des niveaux de la mer: Morhange 1998-99, p. 262; Sanlaville 1969, p. 257-292; Sanlaville 1970, p. 279-304.

**10-** Affleurement de roches sur l'estran ou la zone côtière (au sens large) (Larousse).

**11-** Le secteur situé au sud de l'entrée du port médiéval au Ras Byblos a été perturbé par la construction moderne d'un môle en ciment recouvrant l'ensemble des vestiges archéologiques.

**12-** Ces mesures sont approximatives puisque nous n'avons aucune trace complète de blocs.

**13-** Carayon 2003, p. 95-114; Kozelj 1980, fig. 85.

**14-** Les dernières marches de cet escalier ont disparu. Seule la partie supérieure est conservée sur 8 marches et trois vestiges de marches.

**15-** Le massif occidental s'étend sur 38 m de long et environ 16 m de large sans aucun aménagement d'accès comme les escaliers relevés sur le massif rocheux oriental.

**16-** Pour l'identification des tombes voir: Frost 1998-1999, p. 249-259.

**17-** Adam 1984, p. 46-48; Kozelj 1980, fig. 84; Bessac 2003, p. 192, fig. 19.

**18-** Frost 1998-1999, p. 251.

**19-** L'utilisation de cette technique d'arrachage est une particularité des périodes hellénistiques et romaines. Bessac 2002, p. 36 (fig. 22, 23); Kozelj 1980, p. 110 (fig. 63), p. 116 (fig. 79).

**20-** Abdul Massih, Bessac 2009: «Tranchée verticale suffisamment large pour qu'un carrier puisse s'y introduire entièrement et la creuser aussi profondément que nécessaire».

**21-** *Wb I* 465, 8-9; L. Lesko, *Dictionary*<sup>2</sup> I, 136.

**22-** *Wb II* 74, 14, qui prend le sens de "port" au Nouvel Empire.

**23-** *Wb II* 72, 12-14.

**24-** N. Grimal, *Annuaire du Collège de France* 112, 2012, p. 380-381.

**25-** Voir l'analyse de Nathalie Beaux, «Ennemis étrangers et malfaiteurs égyptiens. La signification du châtement au pilori», *BIFAO* 91 (1991), p. 33-53; N. Beaux, o. c. p. 40-41.

**26-** *Wb II* 109. 13-16.

**27-** Voir G. Lefebvre, *Romans et contes égyptiens de l'époque pharaonique. Traduction avec introduction, notices et commentaires*, Paris, 1976 (réédition), p. 41-69.

**28-** Sauf parfois à époque grecque, où il y a confusion graphique avec le second sens du mot.

**29-** Wb II 110. 1-3.

**30-** W. Erichsen, *Demotisches Glosar*, 168.

**31-** W. Westendorf, *Koptisches Handwörterbuch*, 98

**32-** Voir C. Sauvage, *Routes maritimes et systèmes d'échanges internationaux au Bronze récent en Méditerranée orientale*, Travaux de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Lyon, 2012, p. 82.

**33-** *Ibid.* p. 82, note 409.

**34-** Voir N. Carayon, *Les ports phéniciens et puniques, géomorphologie et infrastructures*, Université Marc Bloch - Strasbourg 2, 2008, p. 1022 et 1023, fig. 32.21 et 22, pour une reconstitution d'artiste de l'amarrage à quai à Dor.

**35-** A. H. Gardiner, *op. cit.* p. 66,1-8.

**36-** P. Montet, «Notes et documents pour servir à l'histoire des relations entre l'Égypte et la Syrie: VIII, Ounamon chez Zekerbaal», *Kémi* 16 (1962), p. 79-83.

**37-** Fig. 1 et 2, p. 80 et 81.

**38-** Thierry Bardinnet, *op. cit.*, p. 38-39.

**39-** A.-S. Dalix, «“L'épisode gibilite ” chez Plutarque (*De Iside et Osiride*, 357 A-D, chapitres 15-16)», *A contrario* 1 (2005), p. 37 et 42-43.

**40-** J. Elayi, *op. cit.* p. 30-31.

## Bibliographie

**Abd el Maguid, M. 2015.** *Maamourah Surveys: Preliminary report*, p.1-6. Department for Underwater Antiquities.

**Abdul-Nour, H. 2001.** «Les inscriptions forestières d'Hadrien: mise au point et nouvelles découvertes», in *AHL* 14, p. 64-95.

**Benoit, F. 1961.** *L'épave du Grand Congloué à Marseille*, (Gallia XIVE sup.), Paris. CNRS, chap. «Clouterie de cuivre», p. 189-196, PL. XXXIV and fig. 102-106.

**Briquel-Chatonnet, F. 2001.** «Les textes relatifs au cèdre du Liban dans l'Antiquité», *AHL* 14, p. 43.

**Busila, A. 2016.** *Typology and Functionality of Maritime Harbors on the Levantine Coast during the Hellenistic and Roman Periods*, Doctoral Thesis, Alexandru Ioan Cuza University of Iasi, 2016, p. 152-53.

**Carayon, N. 2013.** «Les ports phéniciens du Liban, milieux naturels, organisation spatiale et infrastructures», dans *Archaeology and History in the Lebanon*, 36-37, 2013, p. 1-137.

**Chesney, F.-R. 1838.** “On the Bay of Antioch, and the Ruins of Seleucia Pieria, Early Journal Content”, *JSTOR*, p. 234.

**Collina-Girard, J. et al. 2002.** «Un promontoire sous-marin au large du port antique de Byblos: cartographie, interprétation géologique et implications archéologiques», *BAAL* 6, pp. 317-324.

**Dunand, M. 1939(a).** *Fouilles de Byblos*, tome I, 1926-1932, P. Geuthner, Paris.

**Dalix, A.-S. et Chaaya, A. 2007.** «L'activité forestière au Liban dans l'antiquité pré-classique de l'exploitation à l'exportation», dans *AHL* 26.

**Devillers, B. - Morhange, Ch. - Buffiere de l'air, M. - Bourcier, M. et Provansal, M.** *Détritisme, potentialités et aménagements du territoire à l'Âge du Bronze sur les secteurs amont (Potamia-Agios Sozomenos) et aval (Messarée orientale, secteur d'Enkomi-Acheritou) du bassin versant du Gialias (Chypre)*, avancement du programme POTAMIA, 2002. Elayi 2007, «L'exploitation des cèdres du Mont Liban par les rois assyriens et néo-babyloniens», dans *JESHO* 31, p. 14-41.

**Elias, A. et al. 2007.** “Active Thrusting offshore Mount Lebanon: Source of the tsunamigenic AD 551 Beirut – Tripoli Earthquake”, in *The Geological Society of America*, Vol. 35, n° 8, p. 755-58.

**Francis-Allouche, M. 2012.** *Les cales sèches ou cales à bateaux phéniciennes de Minet El-Hosn (Beyrouth)*, Carnets de l'Institut Français du Proche-Orient, (online) www.Ifpo.hypotheses.org.

\_\_\_\_\_ **2012**, *Les cales à bateaux phéniciennes de Minet el-Hosn, à Beyrouth, Rapport d'expertise*, (online) www.egyptologues.net.

**Francis-Allouche, M. and Grimal, N. 2016.** “The maritime approaches to ancient Byblos (Lebanon)”. *Journal of Eastern Mediterranean Archaeology and Heritage Studies*, 4:2-3, 241-277.

**Frost, H. 1991.** “Anchors Sacred and Profane: the Ugarit Ras Shamra Abchors Revised and compared”, Ras Shamra Ougarit, VI, Arts et Industries de la Pierre, Paris, p.355-410. 1998-1999, *Marine Prospection at Byblos*, *BAAL* 3, p. 245-59.

\_\_\_\_\_ **1999.** “Marine Archaeology and Coastal Studies”, Moderators' Report on Workshop I, in International Workshop on Proceedings and Recommendation (Delft II), at Lebanese American University of Byblos-Lebanon, under the patronage of UNESCO, Nov. 1999, p.13-15.

\_\_\_\_\_ **2002.** “The Lost Temple, the Cedars and the Sea. A Marine Archaeological Survey”, *AHL*, 15, pp. 52-57.

\_\_\_\_\_ **2002.** “Four Season of Marine Investigation: Preliminary charting of the Offshore Shallows”, dans *BAAL* 6, p. 309-316.

\_\_\_\_\_ **2004.** “Byblos and the Sea”, dans *Decade, A decade of archaeology and history in the Lebanon*, Lenanese British Friends of the National Museum, Archaeology and History in Lebanon, Doumet-Serhal (ed.) en collaboration avec A. Rabate et A Resek, p.341-42.

**Frost, H. et Morhange, Ch. 2000.** «Proposition de localisation des ports antiques de Byblos (Liban)», (Note), dans *Méditerranée* 94, 1, 2000, p. 101-104.

**Gardiner, A.H. 1932.** *Late Egyptian Stories: Misfortunes of Wenamon*, Bibliotheca Aegyptiaca I, Bruxelles, p. 61-76.

**Gianfrotta, P.A. and Pomey, P. 1981.** “Archeologia Subacquea. Storie, tecnica, scoperte e relitti”, Milan,

Mondadori ed. chap. *L'architettura navale antica e i relitti*, p. 236-260.

**Goiran, J.-P. and Morhange, C. 2001.** «Géoarchéologie des ports antiques de Méditerranée», *Topoi* 11, p. 647-669

**Grimal, N. 2009.** «Quelques réflexions sur la géopolitique du Levant au deuxième millénaire av. J.-C.», dans *Interconnections in the Eastern Mediterranean Lebanon in the Bronze and Iron Ages*, in *BAAL HS* 2009, p. 339-360.

**Grimal, N. et Francis-Allouche, M. 2012.** «Nouvelles recherches archéologiques à Byblos», *CRAIBL* 156, 302, and (online) [www.egyptologies.net](http://www.egyptologies.net).

**Jidejian, N. 1971.** *Byblos through the Ages*, Librairie Orientale, Beirut, p. 1-2.

**Joncheray, J.-P. 1975.** «Étude de l'épave Dramont D: les objets métalliques», *Cahiers d'archéologie subaquatique* IV, p. 10 et pl. II, p. 16 et pl. VII.

**Kees, H. 1936.** *Herihor und die Aufrichtung des thebanischen Gottesstaates*, Göttingen, P. 3-4; Kitchen, K. A. 1986(rééd.), *The Third Intermediate Period in Egypt (1100-650 B.C.)*.

**Lauffray, J. et al. 2008.** *L'urbanisme et l'architecture*, Fouille de Byblos VI, Bibliothèque Archéologique et Historique - Tome 182, IFPO, Beyrouth, p.27, 77 et 245-50.

**Lefebvre, G. 1976.** *Romans et contes égyptiens de l'époque pharaonique*. Traduction avec introduction, notices et commentaires, Paris.

**Marriner, N. 2009.** *Géoarchéologie des ports antiques du Liban (Milieux naturels et sociétés)*, l'Harmattan, Paris.

**Montet, P. 1962.** «Notes et documents pour servir à l'histoire des relations entre l'Égypte et la Syrie: VIII, Ounamon chez Zekerbaal», *Kémi* 16, p. 79-83.

**Morhange, Ch. 1998-99.** «Étude géomorphologique du littoral de Byblos. Résultats de la mission de terrain de 1998», *BAAL*, 3, pp. 261-265.

**Morhange, Ch. et Saghieh-Beydoun, M. (dir.) 2005.** «La mobilité des paysages portuaires au Liban», *BAAL HS* 2, p. 19-41

**Peryncek, D. 2010.** *The geoarchaeology of the Yenykapi excavation site in the last 8000 years and geological traces of natural disasters*, Mineral Res. Expl. Bull., 141, Istanbul, Turkey, p. 69-92.

**Pomey, P. 1998.** «Conception et réalisation des navires dans l'Antiquité méditerranéenne», dans E. Rieth (dir.), *Concevoir et construire les navires. De la trière au picoteux*, (Technologies, Idéologies, Pratiques, XIII, 1), Ramonville Saint-Agne, p. 49-72.

\_\_\_\_\_ **2015.** «Navires et construction navale en Égypte ancienne», dans *Revue numérique d'Égyptologie, NeHet*, n° 3, déc. 2015, p.5-6 et 11.

**Renan, E.** *Mission de Phénicie*, Livre II, Campagne de Byblos, p. 181-183.

**Sauvage, C. 2015.** «La navigation en Méditerranée orientale à l'Âge du Bronze Récent», dans *Revue numérique d'Égyptologie, NeHet*, n° 3, déc. 2015, p. 73-103.

**Sayegh, H. et Elayi, J. 2000.** «Rapport préliminaire sur le port de Beyrouth au Fer III/Perse (Bey 039)». *Transeuphratène* 19, p. 65-74.

**Stefaniuk, L. 2001.** *Les ports antiques de Byblos (Liban) Localisation et étude paléoenvironnementale*, Mémoire de Maitrise sous la dir. de Christophe Morhange, Université de Provence, Aix-Marseille I, UFR des Sciences Géographiques et de l'Aménagement, CEREGE.

**Steffy, J.R. 1994.** *Wooden Ship Building and the Interpretation of Shipwrecks*. College Station.

**Tallet, P. 2011.** *An early pharaonic harbor on the Red Sea coast*, *Egyptian Archaeology*, p.1-5.

\_\_\_\_\_ **2013.** «The Wadi el-Jarf Site: A Harbor of Khufu on the Red Sea», *Journal of Ancient Egyptian Interconnections*, p.1-9.

\_\_\_\_\_ **2015.** «Les «ports intermittents» de la mer rouge à l'époque pharaonique: caractéristiques et chronologie», dans *Revue numérique d'Égyptologie, NeHet*, n° 3, déc. 2015, p.46-50.

**Yon, M. 2000.** «Les hangars du port chypro-phénicien de Kition. Campagnes 1996-1998». (Mission française de Kition-Bambula), *Syria* 77, p. 95-116.

**Yon, M. et Sourisseau, J.-C. 2010.** *Le port de guerre de Kition*, in D.J. Blackman, M.C. Lentini (eds.), *Ricoveri per navi militari nei porti del Mediterraneo antico e medievale: Atti del workshop del Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali*, Ravello, 4-5 novembre 2005, Bari, Edipuglia, p. 57-68.

**Wreszinski, W. 1934.** *Atlas zum Altegyptischen Kulturgeschichte*, tome II, p. 86-87, Pl. 35.