

# PORTUS AND ITS HINTERLAND: RECENT ARCHAEOLOGICAL RESEARCH

*Edited by*  
SIMON KEAY AND LIDIA PAROLI

18

ARCHAEOLOGICAL MONOGRAPHS OF  
*THE BRITISH SCHOOL AT ROME*

The British School at Rome, London  
*in collaboration with the Soprintendenza Speciale per i Beni  
Archeologici di Roma, sede di Ostia*  
2011

# CARACTÉRISTIQUES SÉDIMENTAIRES DU BASSIN PORTUAIRE DE CLAUDE: NOUVELLES DONNÉES POUR LA LOCALISATION DES OUVERTURES

Jean-Philippe Goiran, Ferréol Salomon, Hervé Tronchère, Pierre Carbonel, Hatem Djerbi & Carole Ognard

## INTRODUCTION

Sur le delta du Tibre, l'empereur Claude fait construire au I<sup>er</sup> siècle ap. J.-C. un nouveau port pour Rome. Situé à 3 km au nord d'Ostie, la configuration du plus grand port antique de Méditerranée est encore mal connue. En effet, au cours du temps, les alluvions du Tibre sont venues recouvrir les structures portuaires rendant difficile la lecture des paléopaysages. Par la suite, la ville de Fiumicino et l'Aéroport Leonardo da Vinci se sont étendus sur une partie de l'ancien port (Fig. 3.1). Ces éléments rendent les fouilles archéologiques difficiles et ont lancé le débat sur la configuration exacte du port.

Les auteurs anciens ont mentionné les opérations de construction (Suetone, *Vie de Claude* 20) mais l'orientation des structures portuaires n'était pas très explicite. Au XVI<sup>e</sup> siècle, Antonio Danti réalisa une carte des structures archéologiques qui étaient visibles à son époque. Puis sur une seconde carte, il dressa une reconstitution du port de Claude avec ses observations. Il positionna l'ouverture du port à l'ouest avec deux long môles construits en *offshore* (Fig. 3.2). Par la suite, de nombreux auteurs reprirent cette idée. Il faudra attendre les années 1960 pour que la construction de l'aéroport permette des fouilles archéologiques d'importance. Testaguzza publia alors une nouvelle configuration pour le port de Claude (Testaguzza 1964; 1970). Il positionna l'ouverture du port au nord et plaça un cordon sableux à l'ouest (Fig. 3.2). Des travaux menés, à la fin du XX<sup>e</sup> siècle et au début du XXI<sup>e</sup> siècle par des archéologues (Mannucci et Verduchi 1992; Zevi 2001; Keay *et al.*, 2005; Morelli 2005; Paroli 2005) et des paléo-environmentalistes (Belluomini *et al.* 1986; Bellotti *et al.* 1994; Giraudi 2004; Arnoldus-Huyzendveld 2005; Giraudi *et al.* 2006; Bellotti *et al.* 2007; Goiran *et al.* 2008)<sup>1</sup> apportent un éclairage nouveau sur la configuration des bassins et l'évolution des paléoenvironnements. Le lecteur pourra aussi consulter la contribution de Morelli et son équipe dans ce volume (Chapitre 4). Mais les deux hypothèses restent toujours débattues dans la littérature.

L'objectif de ce travail sur les paléoenvironnements du port de Claude est de valider ou d'infirmer ces deux hypothèses sur la position de l'ouverture. Une campagne de carottage a donc été entreprise (Fig. 3.1) avec le soutien de l'École Française de Rome, de la Surintendance Archéologique d'Ostia Antica et de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée.

## METHODOLOGIE

La fouille archéologique de structures portuaires et l'étude des sédiments déposés dans les bassins se heurtent au problème de la nappe phréatique. Dans ce contexte, les difficultés rencontrées sont multiples: pompage, tenue des terrains. Dans la plupart des cas, il est difficile d'obtenir une vision complète de la stratigraphie et d'atteindre le niveau de fondation des môles. Les parois moulées se révèlent être un moyen idéal, mais très onéreux, pour réaliser des fouilles archéologiques. Face à ce constat, nous avons élaboré une méthode de travail par carottages permettant une étude précise, moins coûteuse mais plus ponctuelle. Au total, 24 carottages ont été réalisés dans le cadre de ce programme de recherche PORTUS dont six d'entre eux sont présentés dans cet article (Fig. 3.1). L'approche géo-archéologique et pluridisciplinaire permet une meilleure compréhension des paléoenvironnements

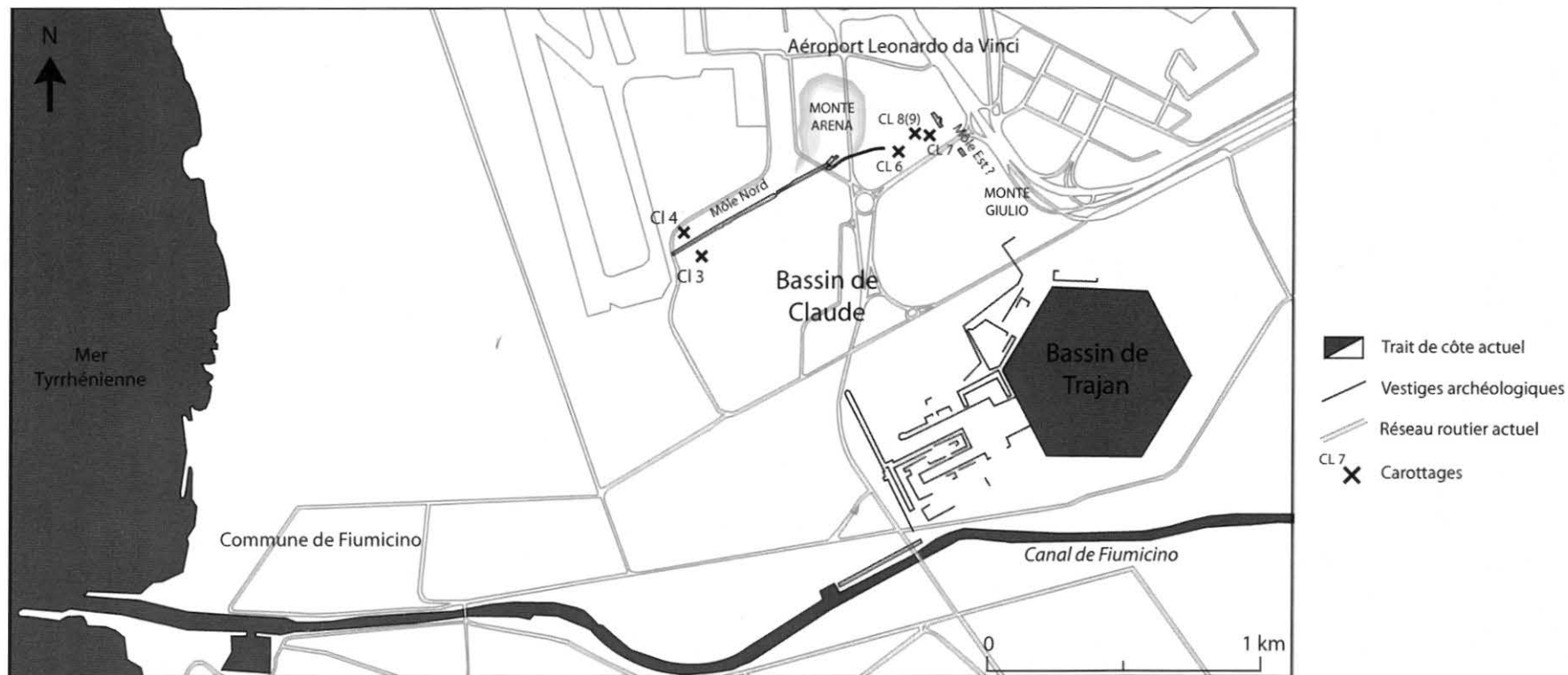
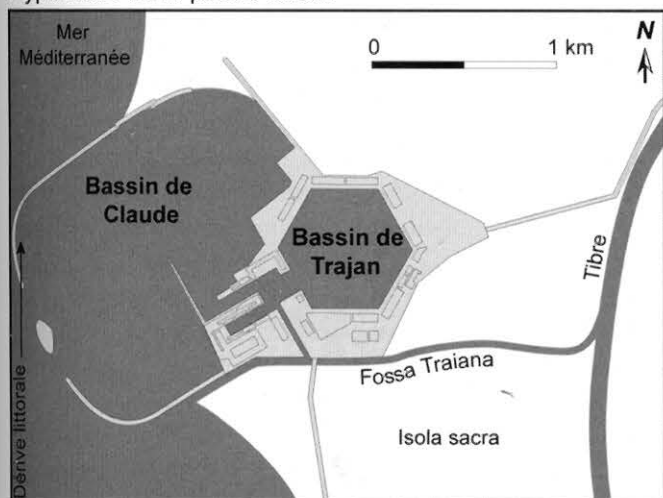


FIG. 3.1. Localisation des carottages.

Hypothèse de la passe ouest



Hypothèse de la passe nord

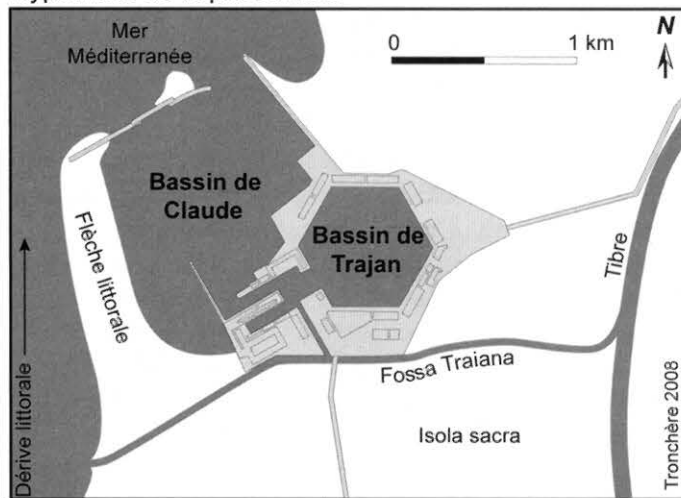


FIG. 3.2. Hypothèses divergentes des ouvertures du bassin de Claude.

littoraux, des *processus* morphodynamiques côtiers, ainsi que des logiques d'organisation de l'espace portuaire antique.

### FONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME PORTUAIRE TYPE: LA NOTION DE FOND MARIN ET DE NIVEAU MARIN

Un port fonctionnel se définit par la combinaison de deux éléments: le contenant (les structures portuaires) et le contenu (composé d'un volume de sédiment et d'un volume d'eau (Goiran et Morhange 2003; Marriner 2006)). Lorsque le port est en fonction, le volume d'eau est défini par les deux interfaces le circonvenant: le niveau marin et le fond marin (ou limite mésoliménique). Lors de la fondation du port, la limite mésoliménique coïncide avec la limite katoliménique (marquée sur le plan sédimentaire par une rupture nette du grossier au fin). Elle évolue ensuite naturellement vers le haut à mesure que le port s'envase (c'est l'exhaussement du fond marin). Deux volumes composent alors le bassin portuaire. Le premier est un volume de sédiment dont l'épaisseur correspond à la différence entre la limite katoliménique (fondation) et la limite mésoliménique (fond marin dans le bassin). Le second est un volume d'eau dont l'épaisseur (colonne d'eau) correspond à la différence entre le niveau marin et la limite mésoliménique (fond marin dans le bassin). Cette hauteur de colonne d'eau peut être mise en relation avec les tirants d'eau des bateaux pour en déduire les types de navires pouvant accéder aux quais. Afin d'obtenir ces informations

paleobathymétriques, un carottage doit être réalisé dans le bassin portuaire afin de permettre l'étude du volume sédimentaire.

Dans le cas du port de Rome le niveau marin biologique de la période antique a été repéré sous la forme de ligne de coquillages fixée sur les quais. Cette ligne de coquillages se compose de vermet, de balanes et d'huîtres. Le niveau supérieur de ce peuplement se positionne à 80 cm sous le niveau marin biologique actuel du port de Fiumicino. Dans un milieu de sédimentation calme tel qu'un bassin portuaire, ces bioindicateurs procurent une précision altimétrique d'ordre centimétrique à  $80 \pm 10$  cm. Ce niveau marin a été daté de  $2115 \pm 30$  BP soit 230 à 450 ap. J.-C. (code LY-4198) (Goiran *et al.* 2009). Cet ancien niveau marin biologique va permettre de mieux comprendre le fonctionnement du Portus et de préciser la profondeur des bassins et des fondations des môles à l'époque antique.

### L'INTÉRÊT DE LA MACROFAUNE ET DE LA MICROFAUNE DANS LA RECONSTITUTION DES PALÉOENVIRONNEMENTS

L'étude des indicateurs biologiques est fondée sur la démarche actualiste qui consiste à émettre l'hypothèse que l'écologie des faunes étudiées n'a pas changée au cours de l'Holocène (Masse 1988; Morhange 1994). En appliquant ce principe, il est possible d'utiliser la macrofaune et la microfaune dans la reconstitution des paléoenvironnements. La méthodologie repose donc sur l'analyse comparée des assemblages macrofaunistiques fossiles antiques et des assemblages

actuels (Péres 1967). Elle s'appuie sur les peuplements biocénétiques des écosystèmes actuels en Méditerranée (Péres et Picard 1964; Bellan Santini, Lacaze et Poizat 1994). Les assemblages macrofaunistiques permettent de mettre en évidence la construction d'un bassin portuaire par un changement des paramètres du milieu à la fois qualitatif et quantitatif (Goiran et Morhange 2003). L'assemblage d'ostracodes (micro crustacés possédant deux valves carbonatées) dépend de facteurs primordiaux (salinité et température des eaux) et de facteurs secondaires (substratum, végétation, profondeur et régime hydrodynamique). La densité des coquillages et leur diversité apportent également des renseignements sur l'évolution de l'environnement (Goiran 2001).

## LA DATATION PAR LE RADIOCARBONE

La méthode de datation utilisée est celle du radiocarbone. En effet, la présence de fragments de céramique dans les carottes est assez rare et les quelques tessons restent souvent difficiles à déterminer et donc à dater. Dans cette étude, la majorité des échantillons datés ont une origine marine, quelques-uns ont une origine continentale. Le logiciel utilisé pour la calibration est Calib 5.

## RESULTATS DES ANALYSES PALÉOENVIRONNEMENTALES

### ANALYSES SEDIMENTOLOGIQUES DE LA CAROTTE CL7 RÉALISÉE DANS LE SECTEUR NORD-EST DU PORT DE CLAUDE (Fig. 3.1)

La profondeur maximale de la carotte CL7 est de 8,5 m sous le niveau marin actuel (Fig. 3.3). Elle se divise en huit unités stratigraphiques dont certaines sont comparables aux carottes CL6, CL8 et CL9 situées le long d'un transect entre la terminaison orientale du môle de Claude et une structure qualifiée de Capitainerie (Scrinari 1960) (Fig. 3.4).

#### UNITÉ BASALE A: SABLES BEIGES LITÉS STÉRILES

De -8,5 m à -7,9 m de profondeur sous le niveau marin actuel, se développe une unité de sables lités jaune-beiges. Les sables représentent 50% à 70% du poids total à sec de la texture totale. La fraction limono-argileuse représente 30% à 50%. Les sables présente un histogramme granulométrique unimodal

avec un grain moyen de 130 µm. L'indice de tri est bon (-0,51). Cette unité basale est stérile.

#### UNITÉ SÉDIMENTAIRE B: LITAGE SABLO-LIMONEUX RICHE EN OSTRACOFAUNE

De -7,9 m à -7,3 m, des lits argilo-limoneux gris (95% du poids total de l'échantillon) alternent avec des lits sableux brun gris (90% du poids total à sec du sédiment). Ce litage est très marqué. L'hydrodynamisme, révélé par le grain moyen, est peu élevé (0,18/0,19 mm). L'indice de tri est bon. La totalité de la macro- et microfaune est collectée dans les lits argilo-limoneux, riches en fibres de posidonies. En revanche, il est important de noter que l'ensemble des lits sableux est stérile. La macrofaune se compose d'une *Tellina nidita* indicatrice d'un milieu sablo-vaseux et d'une *Hydrobia ventrosa* vivant en milieu saumâtre. L'ostracofaune montre deux associations majoritaires. Le peuplement saumâtre rassemble 50% des individus présents (*Cyprideis*). Les individus marins représentent 30 à 40%, avec une prédominance du phytal côtier (*Pontocythere elongata*). L'ostracofaune d'eau douce varie entre 5 et 15% (*Candonidae*, *Ilyocypris*, *Herpetocypris*). Les espèces lagunaires (au sens strict) sont représentées de manière anecdotique.

#### UNITÉS SÉDIMENTAIRES C ET E: SABLES BEIGES LITÉS STÉRILES

Ces deux unités C (entre 7,30 m et 6,24 m) et E (entre 6,18 et 5,80 m) ont un faciès analogue mais sont séparées par un niveau organique noirâtre, référencé comme unité sédimentaire D. L'unité C se compose de sables beiges lités dans lesquels s'observent beaucoup de lamines orangées/rouges, riches en oxydes de fer. À la base de l'unité C, la proportion des fractions sableuse et limono-argileuse est équivalente. Vers le sommet, un net enrichissement en sable se produit (60 à 80% du poids total à sec des échantillons). La fraction grossière est peu présente avec quelques gravillons émoussés d'environ 2,5 mm de diamètre. L'unité E se compose de sables lités beige-gris du même type que l'unité C. La fraction sableuse est majoritaire avec 70 à 80% du poids total à sec des échantillons. La fraction grossière est quasi absente. Le grain moyen est faible à moyen (160 µm pour l'unité C et 230 µm pour l'unité E). L'indice de tri est moyen (-0,77 à -0,72). Ces deux unités sont stériles.

#### UNITÉ SÉDIMENTAIRE D: NIVEAU ORGANIQUE ENTRE -6,24 ET -6,18 M

L'unité D est une phase organique de 6 cm d'épaisseur qui s'inscrit entre les unités sableuses C et E. Ce

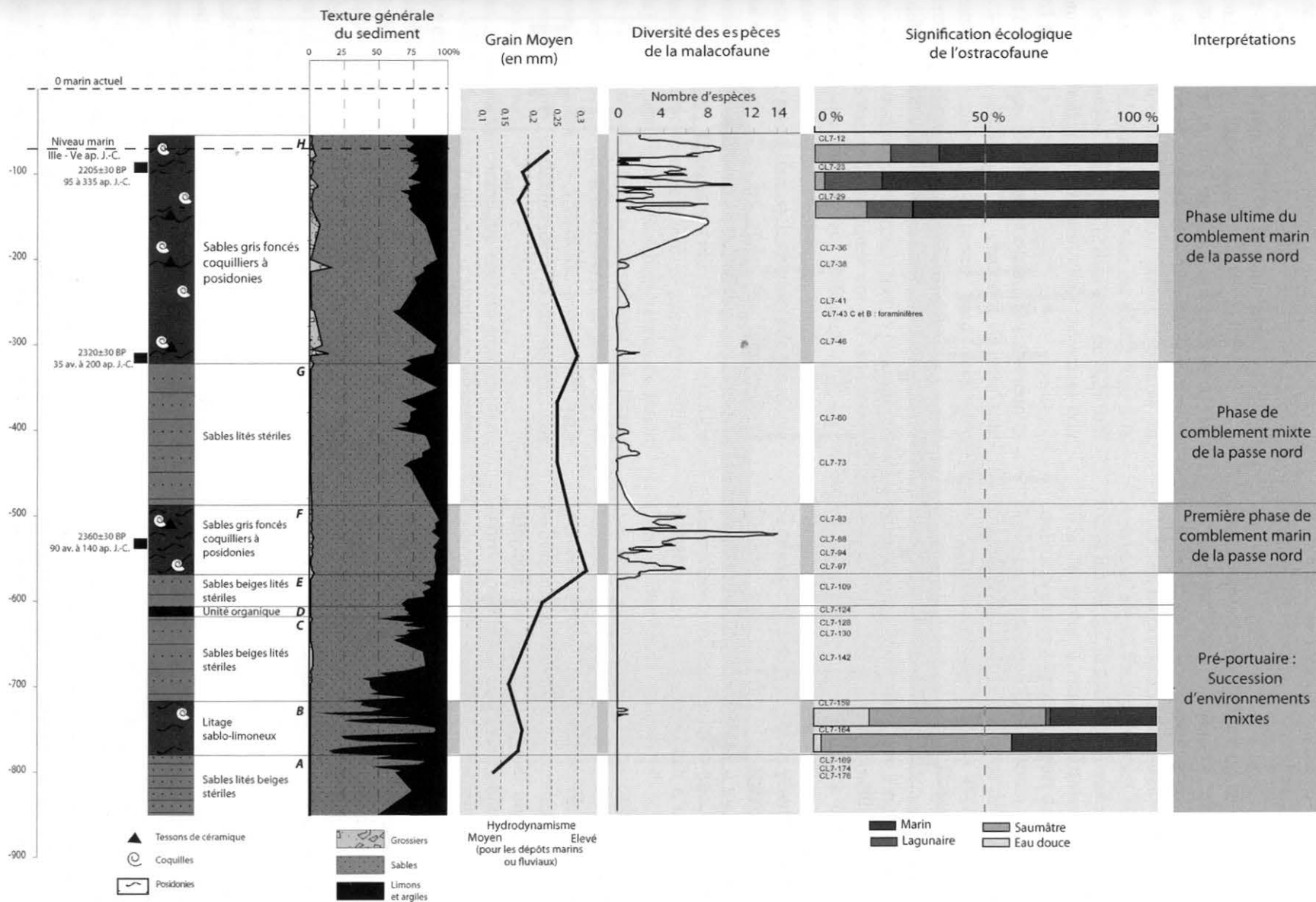


Figure Salomon 2008

FIG. 3.3. Carotte CL7: synthèse des analyses paléoenvironnementales.

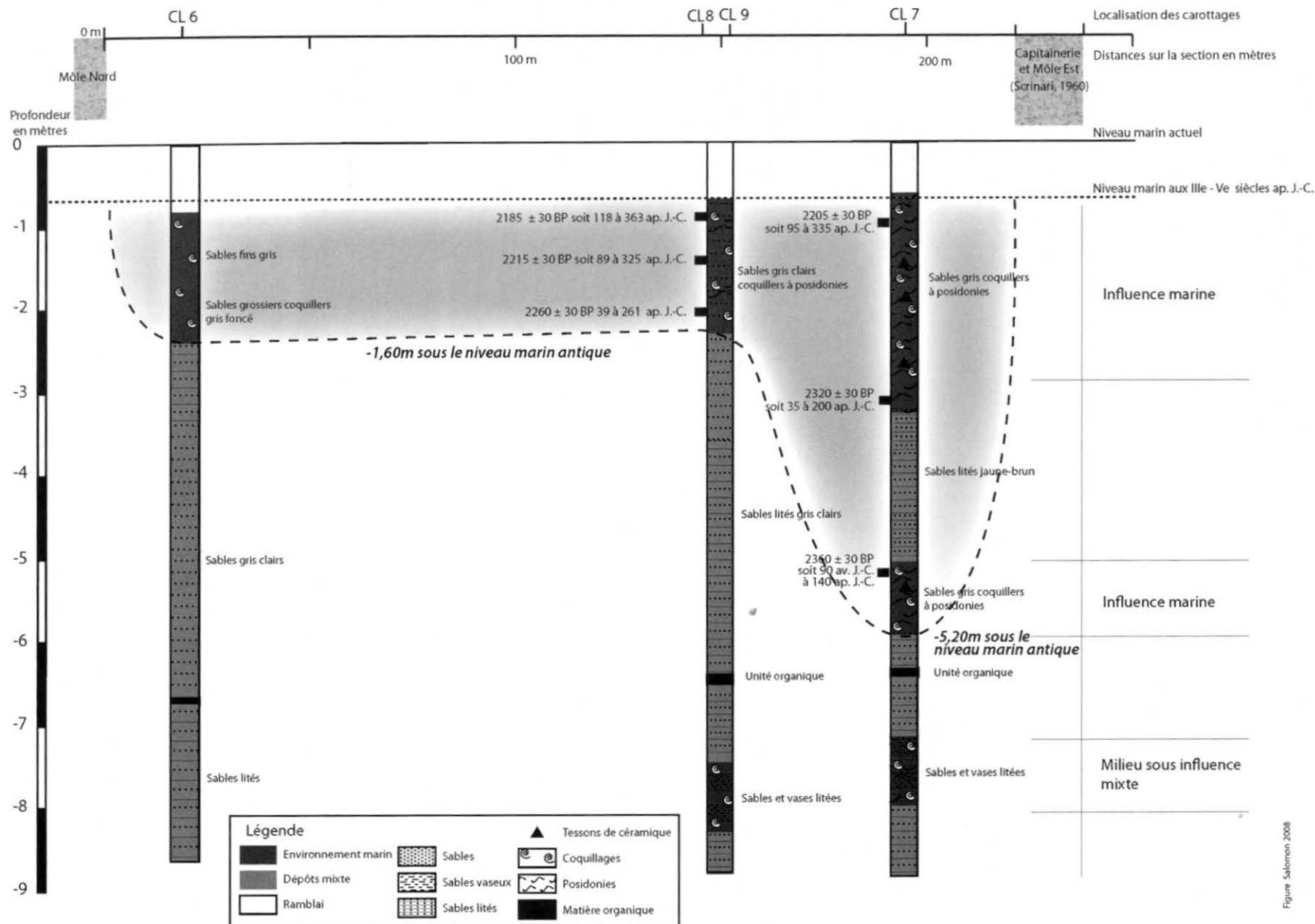


FIG. 3.4. Section en travers de la passe nord du port de Claude.

niveau, riche en macrorestes végétaux, est en cours d'étude.

#### UNITÉ SÉDIMENTAIRE F: SABLES GRIS AVEC COQUILLIERS À POSIDONIES

De 5,80 m à 4,95 m, des sables gris foncés avec des fibres de posidonies s'observent. L'unité se compose à 90% de sables et la fraction grossière atteint au maximum 2%. L'hydrodynamisme est plutôt fort: à la base, le grain moyen est de 0,32 mm puis de 0,29 mm au sommet. L'indice de tri varie entre moyen et bon (-0,63 à -0,71).

Les fibres de posidonies sont surtout très abondantes entre -5,40 et -4,95 m. Des charbons de bois sont présents. Les coquilles intactes sont très peu nombreuses; la grande majorité est cassée, ce qui rend difficile la détermination de l'espèce mais renforce l'idée d'un hydrodynamisme fort. Néanmoins, plusieurs stocks macrofaunistiques ont été déterminés et caractérisent des milieux très différents (Fig. 3.3). On trouve des espèces se développant sur des substrats rocheux (*Ostrea* sp., *Balanes*), les herbiers de posidonie (*Venus verrucosa*), dans les sables fins bien calibrés (*Spisula subtruncata*, *Donax venustus*), dans les milieux sableux (*Cerastoderma edule*, \* *Cyclope neritea*), ou sablo-vaseux (*Tellina planata*, *Tellina nitida*), et quelques espèces de sables vaseux de mode calme (*Tapes decussatus*). La microfaune est quasi-inexistante: absence de foraminifères et présence de quelques ostracodes à -5,10 m de profondeur mais non représentatifs statistiquement d'un milieu, car trop peu nombreux.

Des fragments de céramique ont été trouvés dans cette unité. Il y a un fragment d'amphore africaine (-5,20 m) non datable par les céramologues. Ces amphores ont été produites et importées à Rome entre le I<sup>er</sup> et le VII<sup>e</sup> siècle ap. J.-C., mais surtout aux II<sup>e</sup> et IV<sup>e</sup> siècles.

Une datation au radiocarbone indique  $2360 \pm 30$  BP soit 90 av. à 140 ap. J.-C.

#### UNITÉ SÉDIMENTAIRE G: SABLES LITÉS STÉRILES

L'unité G se développe entre -4,95 et -3,30 m. Elle est majoritairement sableuse (60% du poids total à sec du sédiment) avec une couleur allant du jaune au brun. Trois principaux pics sableux sont observés à -4,45, -4,20 et -3,50 m. Des éléments grossiers sont présents avec des tailles variant de 4 à 20 mm. Ils ont une forme aplatie. Le grain moyen est élevé pour cette unité (0,26 mm), le tri est plutôt bon (-0,62). La distribution est quasi symétrique (*skewness*: -0,02) et normale

(*kurtosis*: 0,97). On ne compte qu'un morceau de bivalve cassé. La microfaune et les posidonies sont absentes.

#### UNITÉ SÉDIMENTAIRE H: SABLES GRIS COQUILLIERS À POSIDONIES DU I<sup>er</sup> AU IV<sup>e</sup> SIÈCLE AP. J.-C.

L'unité se compose de sables gris foncés entre -3,3 et -0,55 m. La proportion de sables varie entre 55 et 90%. À la base, les sables représentent 80 à 90% de la texture totale tandis qu'au sommet l'unité se stabilise autour de 70% de sables. Certaines passées sableuses sont de couleur orangée à brune. La part des éléments grossiers évolue autour de 1%. Le grain moyen indique un hydrodynamisme fort à la base de ce dépôt (0,30 mm) et diminue vers le sommet (0,18 à 0,24 mm). De même, le tri passe de bon à la base (-0,65) à moyen au sommet (-0,90). Quelques variations brutales de texture sont observées. Dans l'ensemble les échantillons montrent un enrichissement en sables grossiers (*skewness*: -0,05 à la base à 0,20 au sommet de l'unité). Vers -2,10 et -3,10 m de profondeur, des fragments de pouzzolane de plusieurs centimètres de diamètre sont présents. Un tessou de céramique est repéré à -1,60 m. Il s'agit d'un fragment de panse d'amphore africaine poissée non déterminable. Il est probable que ce fragment soit d'une amphore tardive (Michel Bonifay, com. pers.).

L'unité sédimentaire H est riche en fibre de posidonies. À la base, vers -3 m, un amas d'aegagropiles (pelotes de posidonie) est observé. Quelques fragments de bois ont été recueillis au sommet de l'unité. La partie inférieure de l'unité concentre un important stock de débris coquilliers ce qui renforce la notion d'un fort hydrodynamisme. Quatre principaux stocks macrofaunistiques sont déterminés. Les biocénoses rhéophiles (espèces adaptées aux courants) se développent: on note *Donax venustus* vivant dans les sables fins bien calibrés et des *Donax variegatus* inféodés aux sables grossiers de courants de fond (animaux filtrants qui ont besoin des courants de fond pour se nourrir). Viennent ensuite les *Tellina nitida* caractéristiques des sables vaseux. Puis, les *Cerastoderma edule*, marqueur biologique d'un milieu sableux, et quelques *Cerastoderma edule glaucum*, vivant dans les milieux sableux en dessalure, côtoient des *Hydrobia ventrosa* de milieux saumâtres. Enfin, quelques balanes, *Ostrea* sp. et *Ostrea edulis* vivant sur les substrats rocheux, sont récoltées.

L'ostracofaune est absente dans la partie inférieure de l'unité H. Les premiers tests d'ostracodes sont repérés vers -1,40 m. Il faut toutefois indiquer la



présence de foraminifères vers la base de cette unité (vers -2,60 m). Dans la partie supérieure de l'unité H, l'ostracofaune se divise en trois groupes. Les individus vivants en milieu marin totalisent 70%, et 80% de l'effectif total. Le phytal côtier (*Pontocythere elongata*) atteint 40 à 50%, le phytal marin 30% (*Semicytherura incongruens*, *Semicytherura striata*, *Neocytherideis fasciata*). Le reste des individus se répartit pour 15% dans les espèces se développant en lagune (*Loxococoncha pseudoelliptica*), et 5 à 15% indiquent un milieu saumâtre (*Cyprideis* et *Loxococoncha elliptica*).

Deux datations au radiocarbone ont été effectuées sur l'unité H: à sa base  $2320 \pm 30$  BP (soit 35 av. à 200 ap. J.-C.) et à son sommet  $2205 \pm 30$  BP (soit 95 à 335 ap. J.-C.). Ces datations sont comparables à celles livrées par l'unité sommitale F de la carotte CL 9(8) proche de CL 7 (Fig. 3.4). La base de l'unité est datée de  $2260 \pm 30$  BP (soit 40 à 260 ap. J.-C.). La partie médiane indique  $2215 \pm 30$  BP (soit 90 à 325 ap. J.-C.). Au sommet la datation est  $2185 \pm 30$  BP (soit 120 et 365 ap. J.-C.).

## ANALYSES SEDIMENTOLOGIQUES DES CAROTTES CL3 ET CL4 REALISÉES DANS LE SECTEUR OUEST DU MÔLE DE CLAUDE

### ÉTUDE DE LA CAROTTE CL3 (Fig. 3.5)

#### UNITÉ SÉDIMENTAIRE A: SABLES LITÉS STÉRILES

La base de la carotte CL3 se compose d'une alternance de sables fins et limoneux sur un mètre d'épaisseur. Cette unité est stérile.

#### UNITÉ SÉDIMENTAIRE B: SABLES MARINS INFRALITTORAUX

Cette unité sableuse est épaisse de 90 cm. Sa base est datée de  $2785 \pm 30$  BP (soit 635 av. J.-C. à 360 av. J.-C.) et son sommet de  $2420 \pm 30$  BP (soit 160 av. J.-C. à 75 ap. J.-C.). Les sables sont fins à moyens et représentent 70 à 90% du poids total à sec des échantillons. L'indice granulométrique de tri est bon. La macrofaune concentre des espèces associées aux sables grossiers sous l'influence des courants de fonds. L'ostracofaune est bien représentée et les associations du phytal côtier et marin sont majoritaires. On rencontre quelques espèces signalant des variations dans la salinité (saumâtre à lagunaire). Des fibres de posidonies sont présentes.

**UNITÉ SÉDIMENTAIRE C: VASES SABLEUSES GRIS FONCÉ**  
L'unité de vase se développe sur 80 cm. Elle est postérieure à  $2420 \pm 30$  BP et son sommet est daté de  $2400 \pm 30$  BP (soit 145 av. à 95 ap. J.-C.). Sa fraction limono-argileuse varie de 65% du poids total à sec des échantillons (à la base) à 80% (au sommet). La fraction sableuse représente 35 à 20% du poids total et la fraction grossière est absente hormis quelques coquilles. Les indices montrent un enrichissement en sédiment fins. Les posidonies sont abondantes et s'accumulent en fines passées. L'ostracofaune majoritaire vient du phytal côtier.

#### UNITÉ SÉDIMENTAIRE D: SABLES COQUILLIERS À POSIDONIES

L'unité D se développe sur environ 7 m d'épaisseur et se caractérise par des sables marins coquilliers riches en fibres de posidonies. La texture sableuse varie entre 5 et 30% du poids total à sec. La granulométrie laser montre des sables dont le tri est bon à moyen. L'ostracofaune provient en large majorité du phytal côtier et marin. La macrofaune se compose de l'assemblage des sables infralittoraux, de l'assemblage des herbiers de posidonies et, au sommet, de l'assemblage des sables fins bien calibrés. Les différentes sous-unités illustrent la variabilité dans la texture sableuse (du grossier au fin) et la présence ou non d'un litage. La partie sommitale de la sous-unité B1 a été datée au radiocarbone de  $2190 \pm 30$  BP (soit 270 à 520 ap. J.-C.).

### ÉTUDE DE LA CAROTTE CL4 (Fig. 3.6)

#### UNITÉ SÉDIMENTAIRE A: SABLES LITÉS STÉRILES

La carotte CL4 présente à sa base une unité de sables lités stériles.

#### UNITÉ SÉDIMENTAIRE D: SABLES MARINS INFRALITTORAUX

L'unité se développe sur 1,30 m d'épaisseur. La texture sableuse oscille entre 70 et 90%, et la granulométrie montre un mode bien prononcé et un bon tri. L'ostracofaune est du phytal côtier et marin. La macrofaune regroupe des espèces rhéophiles, adaptées aux courants sous-marins. Des fibres de posidonies sont observées.

#### UNITÉ SÉDIMENTAIRE C: ÉLÉMENTS DE POUZZOLANE ET FRAGMENTS DE BLOCS

L'unité C se compose de pouzzolane, d'éléments grossiers et, à la base, de fragments de blocs d'origine volcanique. Elle est très compacte et mesure environ 4 m d'épaisseur.

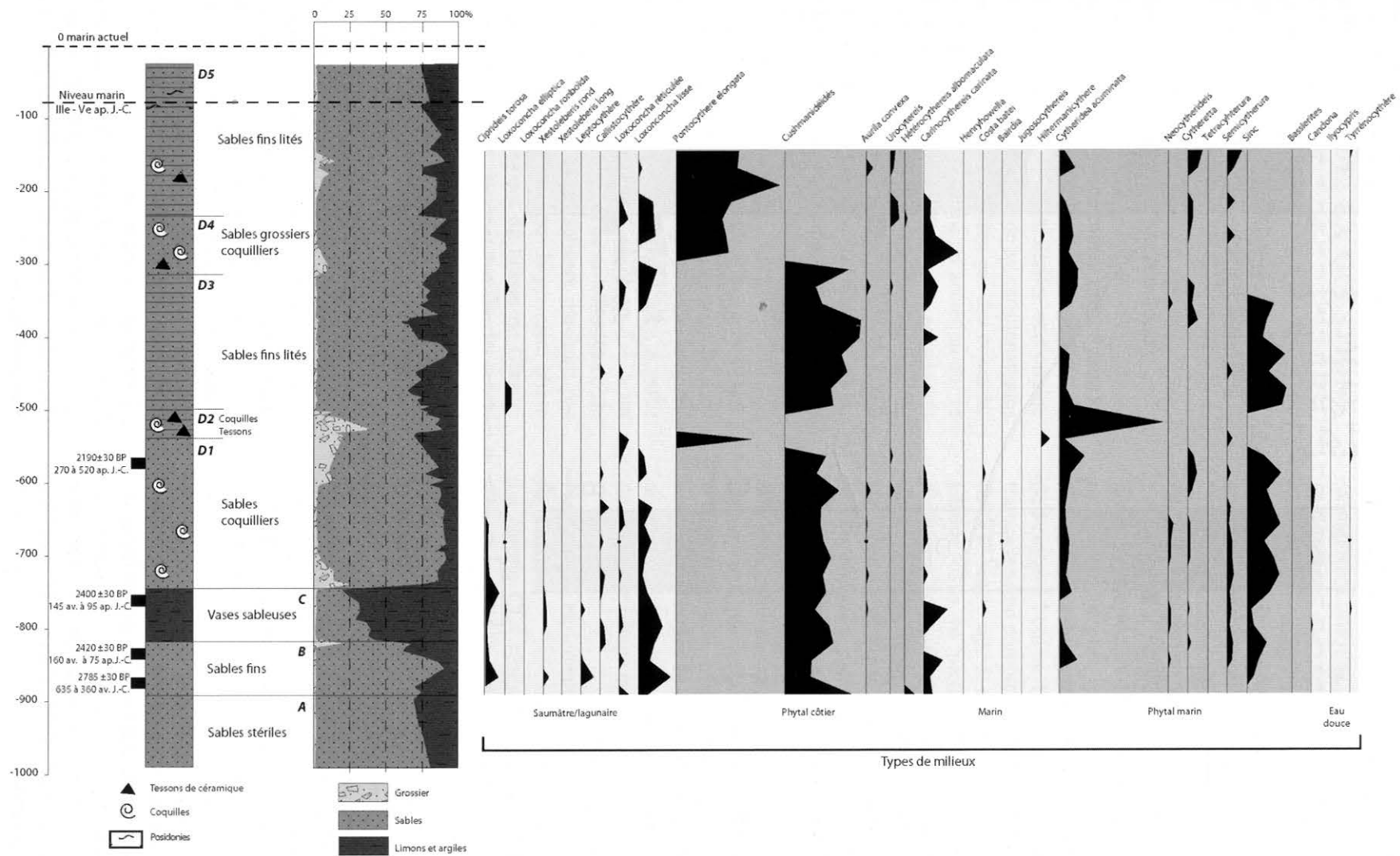


FIG. 3.5. Carotte CL3: analyses texturale et ostracodologique.

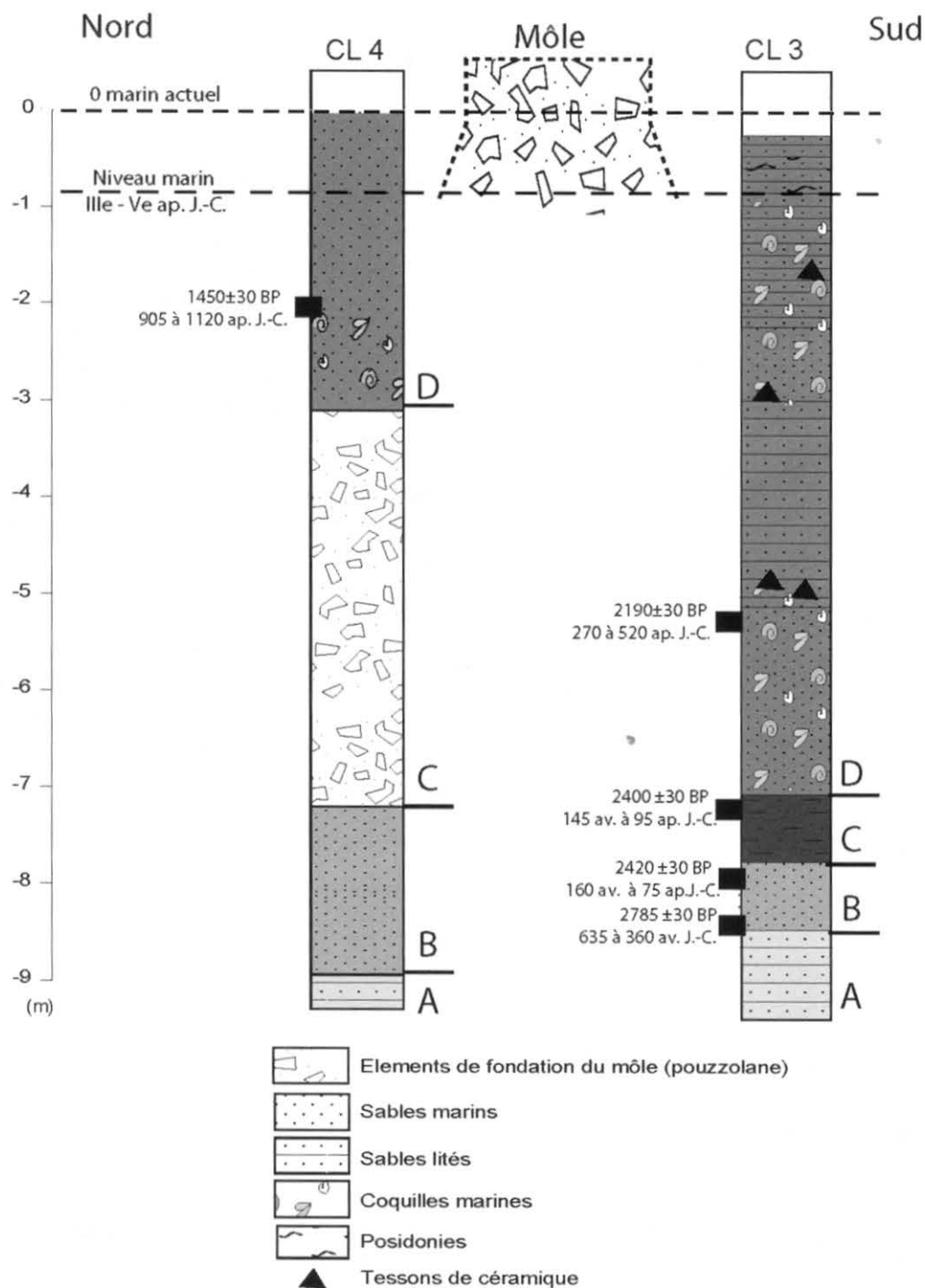


FIG. 3.6. Stratigraphie de la section ouest du môle de Claude.

**UNITÉ D: SABLES COQUILLIERS À POSIDONIES**

L'unité sommitale D contient 90% de sables. Les histogrammes de la granulométrie laser montrent un mode bien développé et les indices de tri sont bons. Deux principaux assemblages d'ostracodes sont

présents: le phytal côtier et le phytal marin. La malacofaune est dominée par la biocénose des sables fins bien calibrés, celles des sables grossiers soumis aux courants de fonds et celle des substrats durs de type rochers ou herbiers de posidonie.

## INTERPRÉTATIONS ET DISCUSSION SUR LA CONFIGURATION DU BASSIN DE CLAUDE: LA QUESTION DES OUVERTURES

### LE SECTEUR OUEST: INTERPRÉTATION DES DONNÉES STRATIGRAPHIQUES DES CAROTTES CL3 ET CL4

#### LA PÉRIODE PRÉPORTUAIRE: UN MILIEU MARIN OFFSHORE PAR -8 M DE FOND

Pour les carottes CL3 et CL4, le milieu préportuaire se compose de deux unités sédimentaires. L'unité basale A comprend des sédiments anciens, stériles, et d'origine fluviale. Au dessus, l'unité B possède les caractéristiques d'un milieu marin ouvert et parcouru par des courants. Elle correspond à des fonds marins en accréation qui se positionnent par -9 m sous le zéro marin actuel, soit environ -8 m sous le zéro marin antique. La base de l'unité B est datée de  $2785 \pm 30$  BP (soit 635 à 360 av. J.-C.) et son sommet de  $2420 \pm 30$  BP (soit 160 av. à 75 ap. J.-C.). La vitesse d'accréation des fonds marins est très faible, de l'ordre de 0,2 cm/an.

#### LE REMPLISSAGE DU BASSIN DE CLAUDE: DES VASES AUX SABLES

Pour la carotte CL3, l'unité C correspond à une accumulation de sédiments vaseux riches en posidonies. A partir de  $2420 \pm 30$  BP (soit 160 av. J.-C. à 75 ap. J.-C.), un milieu de sédimentation calme, riche en vases, succède brusquement à un milieu marin sableux parcouru par des courants. L'unité C traduit ainsi la première phase de comblement par envasement du bassin de Claude. La construction des môles dès le milieu du Ier siècle ap. J.-C. (entre 42 et 64 ap. J.-C.) permet une protection relative du milieu et le dépôt de sédiments fins au fond du bassin. Le sommet de cette accumulation de vases est daté de  $2400 \pm 30$  BP (soit 145 av. à 95 ap. J.-C.). La vitesse de sédimentation est élevée, de l'ordre de 4 cm/an.

L'unité D de la carotte CL3 se compose de sables fins à grossiers, riches en coquilles marines et en posidonies présentant parfois un aspect lité. Elle correspond aux différentes phases d'ensablement du bassin de Claude. Le comblement sédimentaire du port passe d'un dépôt argilo-limoneux à un dépôt sableux. Ce changement brutal de faciès entre les unités C et D suggère que les môles ne sont plus assez efficaces pour protéger le bassin. Il est possible que les éléments météo-marins aient pu détériorer certaines portions des môles. Par la suite, le manque d'entretien des longs môles de Claude ne permettra plus le retour des dépôts fins dans le bassin.

### LES RAISONS DE LA CONSTRUCTION DU BASSIN HEXAGONAL DE TRAJAN: L'APPORT DES DONNÉES SÉDIMENTOLOGIQUES

Du point de vue sédimentologique, deux indicateurs permettent de suggérer que les raisons qui ont poussées Trajan à construire le bassin hexagonal (entre 100 à 112 ap. J.-C.) semblent plus liées au fait que le bassin de Claude était trop exposé aux influences météo-marines du large que par un ensablement rapide. D'une part, l'unité D de la carotte CL3 montre que les sédiments grossiers remplacent désormais définitivement les sédiments fins. De plus, entre l'unité C et D, la vitesse de sédimentation diminue de façon importante en passant de 4 cm/an à 1 cm/an. D'autre part, les calculs bathymétriques rendent compte qu'entre la fin du IIIe et le début du VIe siècle ap. J.-C., la profondeur du bassin de Claude dans ce secteur (carotte CL3) était encore d'environ -5 m. Cette profondeur est largement suffisante pour les navires de l'époque romaine tardive (G. Boetto et P. Pomey, com. pers.).

Les analyses sédimentologiques menées dans le bassin de Claude devront se poursuivre sur d'autres carottages pour confirmer cette hypothèse d'un port déficient non pas pour des raisons d'ensablement rapide, mais par le fait d'un manque de protection et d'une exposition trop forte aux influences météo-marines du large. Jusqu'à ce jour, avec les carottes dont nous disposons, nous n'avons pas mis en évidence de phases de curage majeures dans le bassin de Claude.

#### NATURE ET PROFONDEUR DES FONDATIONS DU MÔLE DE CLAUDE

La carotte CL4 réalisée à 2 m au nord du môle de Claude montre que les fondations reposent sur un fond marin par environ 6,5 m sous le zéro marin antique.<sup>2</sup> Dans ce secteur, le môle n'est donc pas directement appuyé sur un cordon dunaire émergé comme le proposait l'hypothèse de Testaguzza (1970). Les ingénieurs de l'époque ont construit un môle en domaine *offshore* qui vient recouvrir un fond marin infralittoral. Une telle assise amène à reconsidérer la façon dont les ingénieurs ont conçu ce môle nord du port de Claude.

### LE SECTEUR NORD: INTERPRÉTATION DES DONNÉES STRATIGRAPHIQUES DES CAROTTES CL6 À CL9

#### UNE PASSE NORD RICHE EN SÉDIMENT MARIN

Les carottages réalisés à proximité du secteur est du môle montrent une unité marine dont la base est à

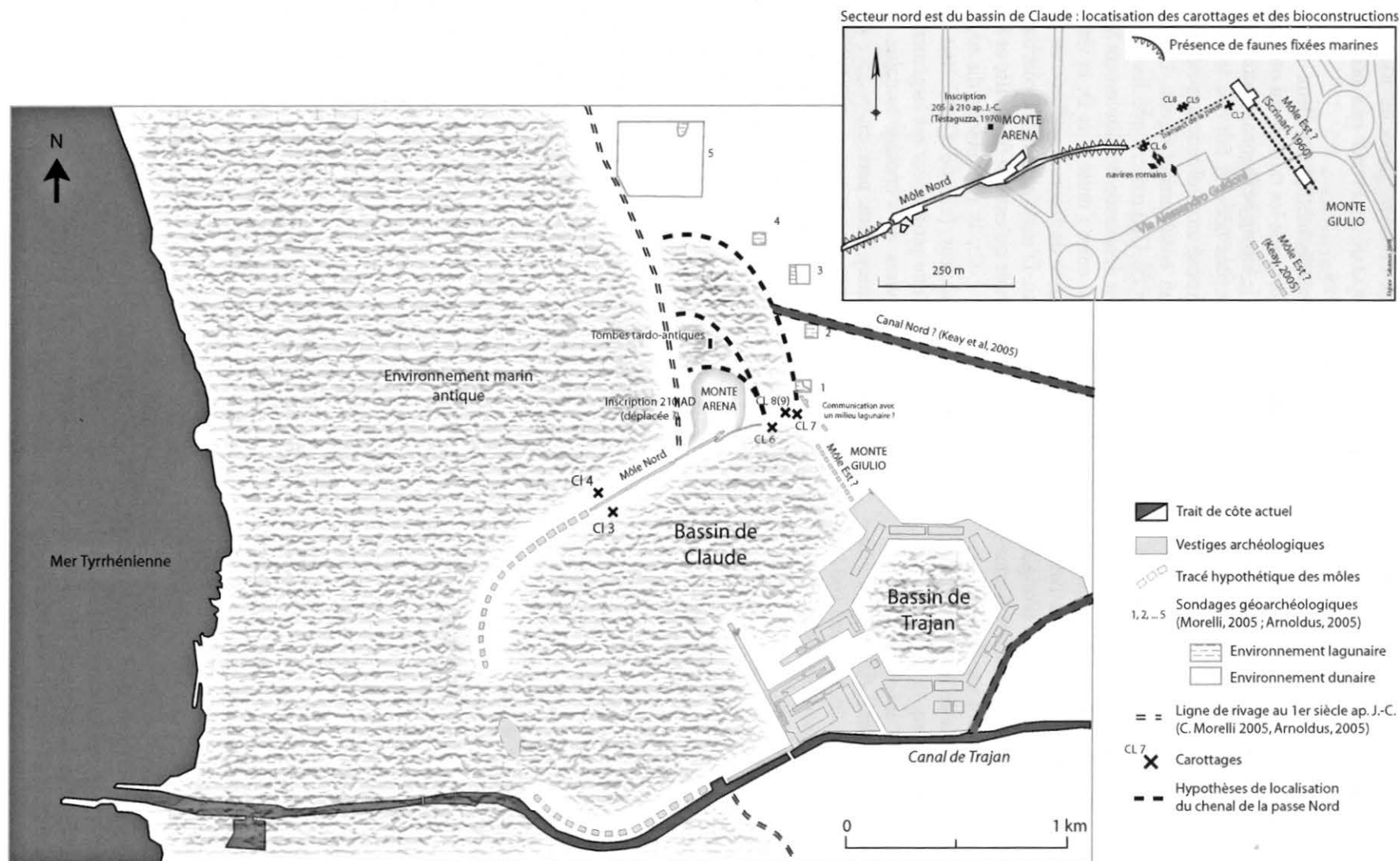


FIG. 3.7. Configuration du port de Rome avec deux ouvertures déduite par le croisement des données archéologique et paléoenvironnementales.

–3,4 m sous le niveau marin actuel, soit –2,6 m sous le niveau marin antique. La base de ces sédiments a été datée entre le milieu du I<sup>er</sup> siècle et le milieu du III<sup>e</sup> siècle ap. J.-C. Il y avait bien une communication avec le domaine marin mais de faible profondeur. Il s'agissait d'une entrée secondaire ouverte vers la mer et destinée aux navires de faible tirant d'eau. Elle a fonctionné, au plus tard, jusqu'au milieu du IV<sup>e</sup> siècle ap. J.-C. Les faunes indiquent que l'entrée nord était en communication avec la mer plus qu'avec un milieu lagunaire. Des courants parcouraient ce milieu comme l'attestent les indices granulométriques, la texture et la macrofaune. Même si un environnement lagunaire est proche (Arnoldus-Huyzendveld 2005; Morelli 2005), il ne se fait pas sentir dans ce milieu. Des carottages, permettant d'obtenir plusieurs mètres d'archives sédimentaires, situés plus au nord et à l'est de la capitainerie apporteront un éclairage fondamental sur les relations entre les environnements marin, lagunaire et sur les cordons dunaires.

La Figure 3.4 met en évidence la dissymétrie ouest/est de la passe nord. Si à l'ouest, l'épaisseur de la colonne d'eau avoisinait 1,60 m, la section est offrait une épaisseur de colonne d'eau bien plus forte de l'ordre de 5,20 m. Tout se passe comme si les ingénieurs de l'époque avaient creusé un canal artificiel près de la capitainerie. Les 5 m permettaient à la plupart des navires de l'époque romaine tardive d'emprunter ce passage. Mais ce 'canal', creusé au I<sup>er</sup>/II<sup>e</sup> siècle ap. J.-C. va vite s'ensabler. La vitesse de sédimentation atteint 5 à 6 cm par an. Si bien qu'au plus tard, à la fin du II<sup>e</sup> siècle, ce secteur ne possède plus qu'une épaisseur de colonne d'eau de 2,40 m.

#### DES FAUNES FIXÉES SUR LA FACE NORD DU MÔLE DE CLAUDE

La présence ou non de faunes fixées sur les quais indique quelle face de ces derniers était directement en contact avec le milieu marin. La Figure 3.7 représente les sections du môle de Claude où l'on note la présence de faune fixée. Il est important de noter que l'absence de faune sur une section du môle ne signifie pas forcément une absence de contact avec la mer. Deux autres raisons peuvent expliquer l'absence de faune. La première est liée au fait que les coquilles ont pu se détacher au cours du temps (Morhange 1994). La seconde raison est que la recherche des faunes fixées s'est effectuée, pour certains endroits, dans des zones pas ou peu excavées par les archéologues. On peut alors supposer qu'elles sont toujours enfouies sous les sédiments qui sont venus colmater

les bassins. La Figure 3.7 met en évidence que des faunes fixées (huitres, vermetes, balanes) ont été aussi repérées sur la face nord du môle de Claude (Goiran *et al.* 2009). La présence de ces bioconstructions milite en faveur d'un vaste contact de ce secteur nord du port de Claude avec la mer (Fig. 3.7). Cet élément renforce l'idée d'une ouverture marine au nord.

#### CONCLUSION

L'étude paléoenvironnementale réalisée le long du môle nord du bassin de Claude permet de faire progresser nos connaissances dans trois domaines: (1) le paysage préportuaire; (2) la configuration du port de Claude et la localisation des passes; et (3) la nature et le rythme de comblement du bassin et de la passe nord.

Dans le secteur ouest du môle de Claude, la stratigraphie indique non pas un cordon dunaire sur lequel serait venu s'appuyer la structure, mais, au contraire, des sédiments marins accumulés sur 8 m d'épaisseur (Fig. 3.6). Le môle a donc été construit en domaine *offshore*. Une carotte réalisée dans la structure montre que ses fondations, composées d'éléments grossiers et de pouzzolane, descendent jusqu'à environ 6,4 m sous le niveau marin antique et reposent sur les sédiments marins datés entre le milieu du II<sup>e</sup> siècle av. et le I<sup>er</sup> siècle ap. J.-C.

Dans le secteur nord, cette étude montre que la section comprise entre la pointe est du môle de Claude et la Capitainerie n'est ni composée de sédiments émergés de type dunaire ni composée de sédiments d'origine lagunaire. L'ensemble des indicateurs paléoenvironnementaux milite en faveur d'une communication avec le domaine marin. La dissymétrie des profondeurs observée dans la passe (1,60 m du côté de la terminaison est du môle et 5,2 m du côté de la capitainerie) suggère un creusement artificiel de type canal. La découverte de faunes fixées marines sur la face nord-est du môle de Claude indique que celui-ci était en contact avec le plan d'eau marin. Ces bioconstructions permettent de dessiner un vaste environnement marin présent au nord (Fig. 3.7).

Le port de Claude était donc muni d'une double entrée et les deux hypothèses de départ n'étaient donc pas antinomiques (Fig. 3.2) mais complémentaires (Fig. 3.7).

## NOTES

1. On peut consulter aussi le travail de Giraudi (Chapitre 2) en cet volume.
2. On peut considérer aussi les résultats des fouilles du môle de Claude dans la zone du *Palazzo Imperiale* (Chapitre 5) en cet volume.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions la Surintendance Archéologique d'Ostia Antique (Anna Gallina Zevi, Cinzia Morelli, Lidia Paroli) et le personnel du Musée des Navires de Fiumicino. Merci à l'École Française de Rome: Michel Gras (Directeur) et Yann Rivière (Responsable des études antiques et son prédécesseur, Stéphane Verger). Merci à Michel Bonifay pour la détermination des céramiques. Nous remercions Katia Espic, Vincent Gaertner et Christine Oberlin pour leur aide et leurs compétences apportées lors des analyses en laboratoire. Merci à Daniele D'Ottavio pour l'excellent travail de carottage réalisé sur le terrain. Ce travail a bénéficié d'un triple financement: l'École Française de Rome, l'ANR Jeune Chercheur et l'Appel à Projet Emergent de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

*Sources antiques*

Suétone

Ailloud, H. (2002) *Suétone, Vie des douze Césars II. Tibère, Caligula, Claude, Néron*. Paris, Les Belles Lettres/Collection des Universités de France.

*Sources modernes*

- Arnoldus-Huyzendveld, A. (2005) The natural environment of the *Agro Portuense*. In S. Keay, M. Millett, L. Paroli et K. Strutt, *Portus. An Archaeological Survey of the Port of Imperial Rome (Archaeological Monographs of the British School at Rome 15)*: 14–30. Londres, British School at Rome.
- Bellotti, P., Chiocci, F.L., Milli, S., Tortora, P. et Valeri, P. (1994) Sequence stratigraphy and depositional setting of the Tiber delta: integration of high resolution seismics, well logs and archaeological data. *Journal of Sedimentary Petrology* 3: 416–32.
- Bellotti, P., Calderoni, G., Carboni, M.G., Di Bella, L., Tortora, P., Valeri, P. et Zernitskaya, V. (2007) Late Quaternary landscape evolution of the Tiber river delta plain (central Italy): new evidence from pollen data, biostratigraphy and <sup>14</sup>C dating. *Zeitschrift für Geomorphologie* 51 (4): 505–34.
- Bellan-Santini, D., Lacaze, J.C. et Poizat, C. (1994) *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives*. Paris, Muséum National d'Histoire Naturelle.

- Belluomini, G., Iuzzolini, P., Manfra, L., Mortari, R. et Zalaffi, M. (1986) Evoluzione recente del delta del Tevere. *Geologica Romana* 25: 213–34.
- Giraudi, C. (2004) Evoluzione tardo-olocenica del delta del Tevere. *Il Quaternario — Italian Journal of Quaternary Sciences* 17 (2/2): 477–82.
- Giraudi, C., Paroli, L., Ricci, G. et Tata, C. (2006) Portus (Fiumicino–Roma). Il colmamento sedimentario dei bacini del porto di Claudio e Traiano nell'ambito dell'evoluzione ambientale tardo-antica e medievale del delta del Tevere. *Archeologia Medievale* 33: 49–60.
- Goiran, J.P. (2001) *Recherche géomorphologique dans la région littorale d'Alexandrie, Egypte: mobilité des paysages à l'Holocène récent et évolution des milieux portuaires antiques*. Université de Provence, Thèse de Doctorat.
- Goiran, J.P. et Morhange, C. (2003) Géoarchéologie des ports antiques de Méditerranée: problématiques et études de cas. *Topoi* 11: 645–67.
- Goiran, J.P., Tronchère, H., Carbonel, P., Salomon, F., Djerbi, H., Ognard, C., Lucas, G. et Colalelli, U. (2008) Portus. La question de la localisation des ouvertures du port de Claude: approche géomorphologique. *Mélanges de l'École Française de Rome. Antiquité* 120 (1): 217–28.
- Goiran, J.P., Tronchère, H., Collalelli, U., Salomon, F. et Djerbi, H. (2009) Découverte d'un niveau marin biologique sur les quais du Portus: le port antique de Rome. *Méditerranée* 112: 59–67.
- Keay, S., Millett, M., Paroli, L. et Strutt, K. (2005) *Portus. An Archaeological Survey of the Port of Imperial Rome (Archaeological Monographs of the British School at Rome 15)*. Londres, British School at Rome.
- Mannucci, V. et Verduchi, P. (1992) Il porto imperiale di Roma: le vicende storiche. In V. Mannucci (ed.), *Il parco archeologico naturalistico del porto di Traiano. Metodo e progetto*: 55–60. Rome, Gangemi Editore.
- Marriner, N. (2006) *Paléoenvironnements littoraux du Liban à l'Holocène. Géoarchéologie des ports antiques de Beyrouth, Sidon et Tyr: 5000 ans d'interactions nature-culture*. Université de Provence, Thèse de Doctorat.
- Masse, J.P. (1988) L'étagement bionomique des milieux benthiques néritiques actuels: signification bathymétrique et implications paléobathymétriques. *Géologie Méditerranéenne* 15 (1): 91–102.
- Morelli, C. (2005) The Claudian harbour in the light of new investigations. In C. Morelli, L. Paroli et P.A. Verduchi, Summary of other recent fieldwork at Portus: 241–8. In S. Keay, M. Millett, L. Paroli et K. Strutt, *Portus. An Archaeological Survey of the Port of Imperial Rome (Archaeological Monographs of the British School at Rome 15)*: 241–68. Londres, British School at Rome.
- Morhange, C. (1994) *La mobilité récente des littoraux provençaux*. Université de Provence, Thèse de Doctorat.
- Paroli, L. (2005) History of past research at Portus. In S. Keay, M. Millett, L. Paroli et K. Strutt, *Portus. An Archaeological Survey of the Port of Imperial Rome (Archaeological Monographs of the British School at Rome 15)*: 43–59. Londres, British School at Rome.

- Péres, J.M. (1967) Les biocénoses benthiques dans le système phytal. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume* 58 (42): 3-114.
- Péres, J.M. et Picard, J. (1964) Nouveau manuel de bionomie benthique de la Méditerranée. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume* 31 (47): 137.
- Scrinari, V. (1960) Strutture portuali relativa al 'porto di Claudio' messo in luce durante i lavori dell'Aeroporto Intercontinentale di Fiumicino (Roma). *Rassegna dei Lavori Pubblici* 3: 173-90.
- Testaguzza, O. (1964) *Portus. Illustrazione dei porti di Claudio e Traiano e della città di Porto a Fiumicino*. Rome, Julia Editrice.
- Testaguzza, O. (1970) The port of Rome. *Archaeology* 17 (3): 173-9.
- Zevi, F. (2001) Ostie et son port: histoire d'un échec et de ses remèdes. In J.-P. Descoedres (ed.), *Ostia, port et porte de la Rome antique*: 114-20. Genève, Musée Rath.