

RAPPORT D'OPERATION ARCHEOLOGIQUE PREVENTIVE

(PROG. H 08)

LIEU-DIT : LES ESTAGNOLS

COMMUNE : PORT-LA-NOUVELLE (11)

PARCELLE 12 (section AR)

26 MAI-13 JUIN 1997

Michel SALVAT, Jean SICRE, Marie-Pierre JEZEGOU
avec la collaboration de Jean-Paul BARUSSEAU et Max GUY : géologues
Hélène BERNARD et Yves SOLLIER : archéologues

A la suite de la découverte de vestiges archéologiques d'époque gallo-romaine par des engins de chantier (pelle mécanique), à l'occasion de travaux d'extraction de matériaux, dans le courant du mois de Mai 1997, il a été décidé de procéder à une opération de vérification des niveaux archéologiques dans le secteur. Cette opération s'est déroulée du 26 Mai au 13 Juin 1997; elle a été réalisée par une équipe de deux personnes auxquelles se sont joints occasionnellement des bénévoles (1). Conformément à la législation en vigueur, l'entreprise responsable des travaux a assumé les coûts salariaux, le décapage et l'enlèvement des matériaux au dessus du niveau archéologique ainsi que le rabattage de la nappe phréatique. La Mairie de Port-la-Nouvelle a pris à sa charge l'hébergement des archéologues. Le Service Régional de l'Archéologie (Direction Régionale des Affaires Culturelles de Languedoc-Roussillon) a fourni le budget de fonctionnement et d'analyses nécessaire à l'opération et, en collaboration avec le Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines (DRASSM, Marseille), a assuré le suivi scientifique des sondages.

La découverte et la destruction de vestiges archéologiques aux alentours du site des Estagnols, dans les années antérieures, a renforcé l'intérêt de cette intervention. (pl. 1 et annexe n° 1). En effet les restes d'au moins trois épaves, dont deux entièrement détruites, ainsi que la présence d'un trésor monétaire ont été identifiés :

- Site n° 1 : 1988, sur la rive du lac jouxtant le village de vacances Nautica, trésor monétaire contenu dans une amphore selon le conducteur des travaux. De 1000 à 10000 monnaies selon les témoignages, datables du dernier quart du IIIème siècle ap. J.C. selon les études réalisées par le Cabinet des Médailles à Paris. Le site est entièrement détruit et le matériel dispersé dans des collections privées (2).

- Site n° 2 : 1988, même localisation, à -5,4 m., restes de coque de navire associés à un col d'amphore marseillaise tardive du Ier siècle av. J.C. et à du matériel amphorique et céramique de provenance italique datable de la première moitié du Ier siècle av. J.C. Le site est entièrement détruit, une partie du matériel a été récupéré et est exposé au Musée des Corbières à Sigean (3).

- Site n° 3 : 1993, lotissement Les Acacias, fragments de coque de navire + tessons d'amphore inidentifiés. Site entièrement détruit.

- Site n° 4 : 1996, au n° 96 rue Jules Raimu, quelques fragments de bois pouvant appartenir à la coque d'un navire; les vestiges se prolongeraient sous la maison.

A ces quatre sites, il faut ajouter la mise au jour et la dispersion, en 1976, à l'occasion de travaux de dragages dans le chenal (localisation vague) d'un lot important de lingots de plomb en forme de batonnets présentant dans un cartouche un poinçon épigraphique illisible; un exemplaire a pu être sauvegardé par M. Yves SOLLIER et est exposé au Musée de Narbonne (4).

Enfin en mer, au large de Port-la Nouvelle, plusieurs découvertes isolées (5), exposées dans les Musées de Sigean et de Narbonne témoignent de la fréquentation du littoral à l'époque antique.

1) - SITUATION DU SITE AU DEBUT DES TRAVAUX

De profonds éboulis étaient visibles le long de la paroi de creusement d'une ancienne lagune (pl. 2, n° 1). Le ravinement de la paroi entraînait de nombreux matériaux modernes : palettes, aggloméré, plastique, débris de maçonnerie etc... Au pied de la paroi, ces matériaux se trouvaient mêlés à divers vestiges archéologiques parmi lesquels :

- 3 fragments de poulie à demi-caisse (pl. 3 et 4)
- de nombreux morceaux de cordage (pl. 5, n° 1)
- 2 fragments d'ancre métallique (pl. 5, n° 2)
- 2 morceaux de plomb, l'un en forme de canalisation, le second en forme de bac aplati (pl. 6)
- divers tessons d'amphore dont une panse de Dr.IA
- diverses concrétions métalliques correspondant à des clous de bronze à section carrée (pl. 7 et 8)
- plusieurs membrures dont certaines entières (pl. 2, n° 2, et pl. 9) et des fragments de virures présentant des assemblages par tenons et mortaises caractéristiques de la construction navale antique (pl. 10).

2) - DEROULEMENT DES OPERATIONS

En fonction des indications des témoins présents lors du sauvetage des premiers vestiges entreposés provisoirement par Monsieur Bernadou, charpentier de marine à Port-la-Nouvelle, un axe d'implantation du sondage O./S.O.-E./N.E. susceptible d'être l'axe de l'épave antique présumée a été retenu.

Autour de cet axe, un décaissement d'une longueur d'environ 40cm et d'une largeur de 20 mètres a été creusé à la pelle mécanique. Ce décaissement en escalier a permis de conserver une marche à 3,50 mètres en dessous du niveau actuel. Lors du décaissement de la partie basse, la pelle mécanique a dégagé :

- 1 fragment de membrure
 - 1 grosse concrétion métallique correspondant à une ancre
- mais aucun de ces vestiges ne correspondait à un niveau archéologique en place.

Par ailleurs, les travaux de décaissement ont permis la découverte, dans la paroi, d'un niveau de vase noire qui correspond à une berge du canal anti-char dont l'axe correspond très exactement à celui du sondage (pl. 11).

Dans la partie basse du sondage deux autres fragments de coque ont été dégagés :

- B1, un demi-couple de 1,96 m de long
- B2, une varangue de 4,23 m de long

Au vu de ces éléments, un carroyage ABCD de 10m dans l'axe N/S sur 5m dans l'axe E/O a été installé dans la partie occidentale du sondage (pl. 12). Le point A est coté à -4,66 mètres par rapport au point 00 retenu soit le niveau actuel (ce qui correspond à -3,16 m). A l'intérieur de ce secteur matérialisé ont été découverts mélangés à des matériaux contemporains (aluminium, plastique, parpaings) :

- des clous de bronze de même module que les précédents
- 2 tessons de sigillée dont l'un présentant un timbre : *CRUCURO* (pl. 13)

La membrure B2 sortant du carroyage, un deuxième carroyage EFGH a été installé dans le prolongement du premier, décalé vers le nord (pl. 12 et 14); il s'est révélé stérile. Une extension vers l'est n'a fait apparaître qu'un élément nouveau, à savoir une concrétion d'ancre située à un peu plus de 2m de la ligne FG.

A la suite de ces décapages stériles dans la partie orientale de la zone, il a été décidé de poursuivre l'excavation à l'aide de la pelle mécanique en vue d'atteindre un éventuel niveau archéologique en place. Trois tranchées parallèles orientées N/S et effectuées dans la partie décaissée de la zone, chacune d'une longueur de 6 à 7 mètres sur 2 mètres de profondeur n'ont révélé aucun vestige. Une quatrième tranchée orientée E/O, au nord des précédentes, s'est révélée tout aussi négative (pl. 15 et pl. 16, n°1).

Simultanément, une prospection à l'aide de détecteurs de métal (pl. 16, n° 2) a permis de repérer un second fragment de canalisation en plomb sous 80 cm de sédiment (pl. 17, n° 1), à 3,5 mètres au nord du point A ainsi que de nombreux clous en bronze à l'est de la zone au pied de la paroi. De même, par ravinement de la paroi occidentale du sondage ABCD, un col de Dr 1C est apparu (pl. 17, n° 2).

Devant le bilan négatif obtenu au nord et à l'est du point A, il a été décidé en fin de chantier de procéder à des sondages profonds dans la marche laissée en place à l'ouest du point A (pl. 15), sur une superficie estimée entre 220 et 250 m². Cette opération a mis au jour un troisième fragment de canalisation en plomb et divers tessons d'amphores mais les trois sondages pratiqués sur 2mètres de profondeur après décaissement de ce talus (pl. 18) se sont révélés stériles.

Enfin beaucoup plus loin vers l'ouest, mais toujours dans l'axe du canal anti-char, ont été découvertes, après l'interruption des travaux, deux panses d'amphore (Pascual 1 et Haltern 70), un fragment de sigillée lisse et un bas de panse de Pascual 1 avec grafitto (pl. 19 et 20 n° 1).

3) - INTERPRETATION

Au total, une superficie de près de 1000 m² a été prospectée (pl. 21). Le matériel recueilli est peu abondant, hors contexte et sans homogénéité même si dans sa très grande majorité il est représentatif d'une période qui s'étend du Ier siècle avant J.C. au Ier siècle après J.C. (cf. catalogue = annexe n° 2). En effet, dans l'inventaire, sur les 19 entrées parfaitement identifiables et datables (céramique fine et matériel amphorique) :

- 9 appartiennent à la 1ère moitié du Ier siècle avant J.C.
- 4 appartiennent à la 2ème moitié du Ier siècle avant J.C.
- 10 appartiennent au Ier siècle après J.C.

Par ailleurs la céramique commune correspond également en grande majorité aux formes en usage au Ier siècle avant J.C. La présence, dans tous les sondages, de matériaux modernes montre que le site a été remanié dans le courant du XXème siècle.

Les vestiges les plus intéressants sont les nombreux fragments, attribuables à une coque de navire à savoir

- 5 varangues entières
- 3 demi-couples
- 3 fragments de virures

L'observation des assemblages des virures, par languettes chevillées à l'intérieur de mortaises pratiquées dans le can des ais des bordages, démontre qu'il s'agit là des restes disloqués d'une épave de l'Antiquité. Certaines membrures présentent encore des traces d'arrachement semblables à celles provoquées par les dents d'un godet de pelle mécanique ou d'un quelconque engin de terrassement. La présence de clous de bronze laisse penser que cette épave ne peut qu'être antérieure au IIème siècle après J.C.. En effet à cette époque, le cloutage en fer remplace celui en bronze.

Ces fragments de coque présentent outre les caractéristiques habituelles de la construction navale antique classique certaines particularités qu'il est intéressant de détailler :

- les varangues ne présentent qu'un seul trou d'anguiller pour l'écoulement des eaux de sentine et certains demi couples n'en présentent pas ce qui signifie qu'il n'atteignent probablement pas la quille. De plus une varangue ne présente pas non plus de trous d'anguiller.

- les membrures sont fixées au bordé au moyen de clous de bronze uniquement. Il n'y a pas de gournable. La maille du cloutage en bronze est très lâche, jusqu'à 70 cm parfois (même sur des varangues) ce qui signifie que certaines virures ne sont pas reliées à toutes les varangues. Par ailleurs un demi-couple, avec bouchain ne présente aucune trace de fixation sur le bordé. La plupart des clous sont enfoncés de l'intérieur vers l'extérieur, pourtant certains sont enfoncés de l'extérieur vers l'intérieur apparemment sans raison évidente (pl. 22).

- certaines varangues présentent une feuillure pour le passage d'une carlingue, mais pas de trace d'assemblage à mi-bois (pl. 20 n° 2).

- les membrures présentent des dimensions importantes, de 18 à 24 cm de hauteur, pour une largeur de 12 à 15 cm. La varangue la mieux conservée mesure 4,23 d'envergure, hors bouchain; ce qui permet d'estimer la taille du navire à au moins 5 m de large pour une longueur pouvant être comprise entre 15 et 20 mètres suivant un rapport de proportion qu'il est bien difficile d'estimer ici. Les bouchains présentent un angle vif, caractéristique d'un navire à fond plutôt plat.

- l'épaisseur du bordé, sur les quelques fragments retrouvés, est importante : 5 cm. Les virures sont larges, 25 cm. La maille des mortaises est serrée : elle est en moyenne de 6 cm alors que les mortaises présentent une largeur moyenne de 10 cm (pl. 10, n° 1). L'épaisseur des mortaises varie de 0,8 à 1,1 cm sur la même virure. Les languettes qui s'insèrent dans ces mortaises ont une épaisseur moyenne de 0,6 cm pour une largeur de 0,7 cm.

Les fragments de canalisation et de bac de plomb (pl. 23) peuvent être interprétés comme des éléments d'évacuation des eaux de sentine. En effet la présence de pompe de cale sur les navires de l'Antiquité a été fréquemment attestée (6).

L'impression générale qui se dégage à partir de ces observations est celle d'un bateau de taille moyenne, aux formes assez plates, d'une grande robustesse quant à l'échantillonnage du bordé et des membrures, mais d'une construction quelque peu approximative (un seul anguiller, simple feuillure, cloutage épars, sens du cloutage pas toujours respecté. Bien entendu, il faut garder à l'esprit que ces observations ne portent que sur quelques éléments de la charpente du navire.

Les analyses dendrochronologiques (cf annexe n° 3) n'ont pas permis de préciser la datation de l'épave mais l'étude xylogique apporte des informations intéressantes sur le milieu d'où proviennent les bois utilisés. Les membrures sont en chêne vert, les virures en pin sylvestre, les languettes d'assemblage en olivier. Le choix de ces essences n'appelle aucune observation particulière, il s'agit là d'essences que l'on retrouve fréquemment dans la construction navale antique. Ces bois proviennent d'un milieu relativement ouvert, dans lequel la compétition entre les différents sujets était très faible, c'est à dire d'une (ou plusieurs) formations arborées de densité limitée et de sols profonds avec une irrigation importante.

Enfin, un échantillon de cordage a été daté par le carbone 14 dans une fourchette comprise entre 235 av. J. et 130 ap. J.C. selon une probabilité de 84,7% (cf. annexe n° 4).

4) - ENVIRONNEMENT SEDIMENTOLOGIQUE DU SITE (7)

L'excavation dans laquelle a été exécutée la fouille est profonde d'environ 7 m sous la surface topographique située elle-même à + 1,5 m au dessus du niveau NGF.

La coupe, observable sur 3 côtés de l'excavation (sud, est et nord; le côté ouest est un remblai qui la sépare d'un fossé creusé pendant la dernière guerre), est en totalité constituée par une alternance de niveaux sableux et tourbeux. Les premiers sont de loin les plus abondants et représentent probablement plus de 95% des dépôts. Les seconds, très subordonnés, sont en outre très fortement chargés en sable.

La structure et la granulométrie des sables indiquent une mise en place dans les conditions naturelles d'une barrière littorale. Ce sont des dépôts de plage, de dune et de washover (sédiments sableux dus aux franchissements localisés du cordon littoral lors d'évènement de forte énergie : coups de mer, tempêtes).

Les sédiments tourbeux riches en sable se présentent le plus souvent en minces lits (millimétriques) ou en passées (centimétriques), rarement en niveaux ou en masse. Aucune étude des taxons végétaux n'a été faite. Compte tenu de l'environnement paléogéographique, au pied des falaises du massif de Cap Romarin et en arrière d'un cordon littoral fini-holocène, il est légitime de penser que ces tourbes représentent des formations d'étendues palustres ou lagunaires temporaire, rapidement recouverts par les sables éolo-marins de la barrière littorale en fin de construction.

En conséquence, on peut penser que les dépôts rencontrés dans l'excavation traduisent une sédimentologie de colmatage de fond d'étang (extension vers le nord-ouest de l'actuel étang de Lapalme). Ce colmatage, principalement sous la poussée des sables et de la flèche littorale, séparant la lagune de la mer, a pu se faire de manière progressive mais irrégulière, laissant place au cours d'épisodes intermédiaires de durée variées, à la constitution d'étendues d'eau plus ou moins saumâtres où se développaient des formations végétales de bordure sous lesquelles s'accumulaient d'année en année, un horizon de débris organiques. L'étouffement du tapis végétal, lors d'une phase de développement de la barrière sableuse, a pu engendrer la fossilisation du niveau, plus ou moins épais, de ces débris.

Il serait possible de dater les parties tourbeuses, afin de mieux cerner la chronologie de ces épisodes.

Pour la comparaison avec les données sédimentologiques du site n° 2 du village de vacances Nautica, se référer à l'annexe n° 5.

CONCLUSION

Les vestiges archéologiques mis au jour accidentellement par les engins de l'entreprise SANOU en Mai 1997 correspondent à des niveaux archéologiques préalablement remaniés. En effet, la dispersion, tant spatiale (environ 1000 m²) que chronologique (sur deux siècles), montre qu'il ne s'agit pas uniquement d'un site d'épave antique.

Toutefois, l'ensemble constitué par les fragments de bois correspond bien aux restes d'une épave antique antérieure au II^{ème} siècle après J.C.. Cette épave a pu être détruite à l'occasion du percement d'un canal anti char par l'armée allemande en 1944. Ce creusement réalisé à l'aide d'une drague pourrait expliquer la grande dispersion des restes de coque et leur quasi alignement dans l'axe du canal.

Les particularités observées sur les fragments de l'épave font d'autant plus regretter cette destruction que l'on connaît peu d'exemple de barges de transbordement lacustres ou fluviales à l'époque antique.

Si l'on peut proposer une association de la poulie et des cordages avec l'épave, aucun indice ne permet d'établir une quelconque relation entre le mobilier céramique et amphorique d'une part et l'épave d'autre part. Toutefois la concentration sur deux siècles uniquement, du 1er av. J.C. au 1er ap. J.C., laisse penser que ce secteur était peut-être en relation avec un grau en usage durant ces deux siècles, ou une quelconque zone d'abri permettant le transbordement de marchandises issues du commerce maritime. La présence dans le même secteur de trois autres épaves dont une au moins est datée avec certitude du 1er siècle av. J.C., (les autres n'ont pas pu être datées), encourage à formuler cette hypothèse.

Enfin compte tenu du potentiel archéologique de ce secteur pour l'histoire du littoral et du port antiques de Narbonne, il faudrait éviter que d'autres témoignages de l'activité économique à l'époque gallo-romaine ne soient à nouveau détruits.

(1) L'opération a été menée par MM. Michel Salvat et Jean Sicre. Ils ont reçu l'aide de Mme Annie Fourty, de MM. Jean-Charles Ribes, Joel Fourty, Jacques Chabreuil, Karine Mauran, Thierry Penot. MM Jean-Paul Barusseau et Max Guy, géologues ainsi que M. Yves Solier, archéologue ont accepté d'apporter leur concours et leurs connaissances du secteur.

L'entreprise SANOU, maître d'oeuvre et la SARL Latioule et Fils ainsi que M. Bernadou, charpentier de marine ont apporté une assistance technique. Enfin les différents services municipaux de Port-la Nouvelle se sont très aimablement impliqués dans cette opération.

M. Xavier Fernbach pour le SRA de Languedoc-Roussillon a permis la mise en place de l'opération. En collaboration avec Mmes Hélène Bernard et Marie-Pierre Jézégou du DRASSM, il a également assuré la coordination scientifique du dossier.

(2) cf. Yves Solier, *Narbonne et la mer de l'Antiquité à nos jours*, Musée Archéologique de Narbonne 1990, p. 99. L'amphore qui contenait le trésor a disparu; les échantillons de monnaie auxquels les numismates ont eu accès sont attribuables à la fin de la période d'anarchie militaire qui a précédé l'avènement de Dioclétien (cf. annexe n° 1).

(3) cf. *ibid.*, p. 73 Principalement amphores Dr 1 et campanienne A associées à du mobilier métallique et des fourreaux d'épée. Un bouchon en pouzzolane présente une estampille.

(4) cf. G. Rancoule et Y. Solier *Mines antiques des Corbières dans Mines et mineurs en Languedoc-Roussillon et régions voisines de l'Antiquité à nos jours* Montpellier 1977. p. 36, note 47.

(5) Il s'agit d'amphores Dr. 2/4 et Dr 20 visibles à Sigean, et d'amphores Dr 1 ainsi que d'une ancre exposées à Narbonne.

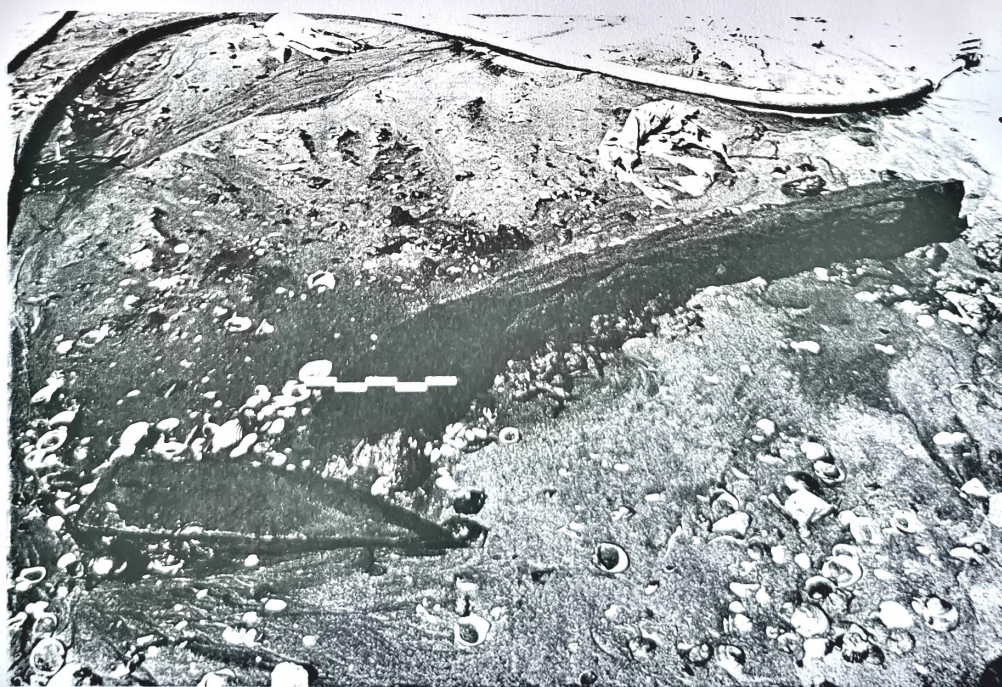
(6) Marie-Brigitte Carre et Marie-Pierre Jézégou Pompes à chapelet sur des navires de l' Antiquité et du début du Moyen-Age *Archeonautica* , n°4, 1984, pp.115-143.

(7) Ce paragraphe est dû aux conclusions aimablement communiquées par M. Jean-Paul Barusseau,, Laboratoire de Sédimentologie et Géologie marines, URA 715, Université de Perpignan.





n° 1 : éboulis le long de la paroi



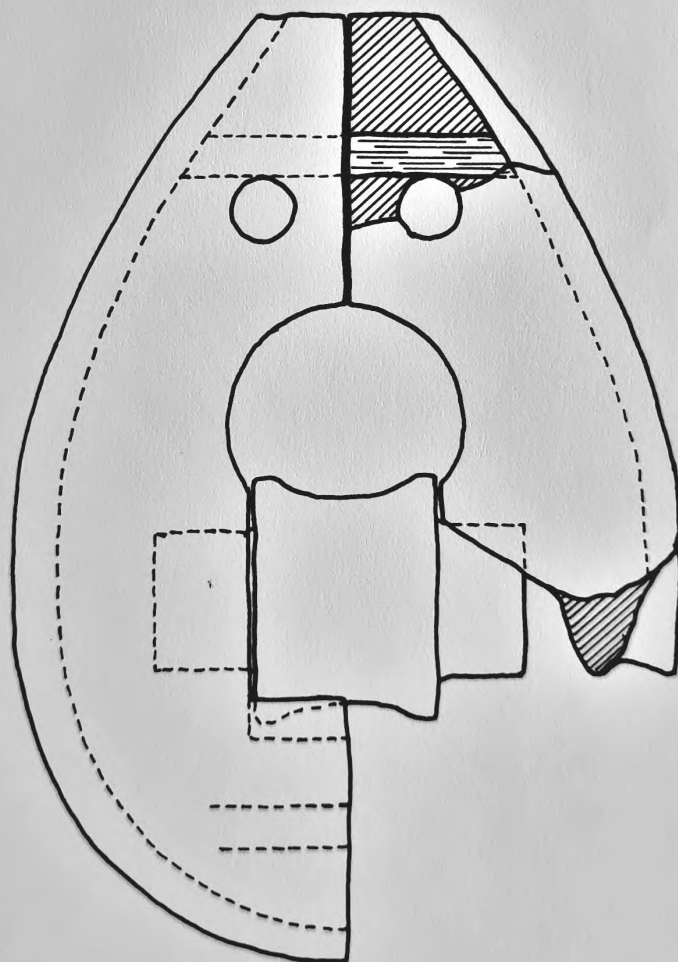
n° 2 : Fragment de membrure au pied de la paroi



n° 1 : 3 fragments de poulie à demi-caisse

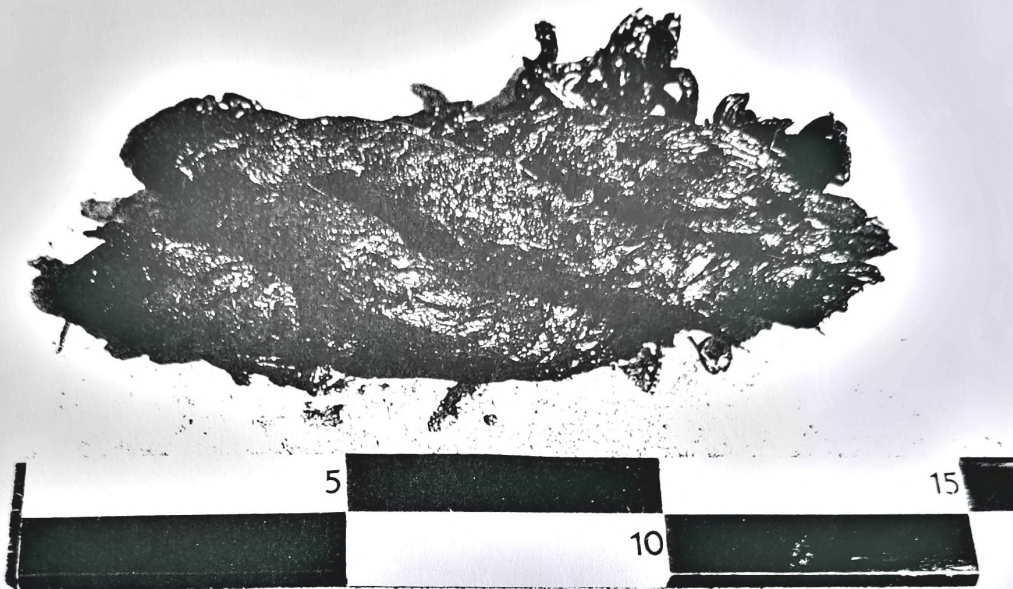


n° 2 : poulie reconstituée



0 10cm

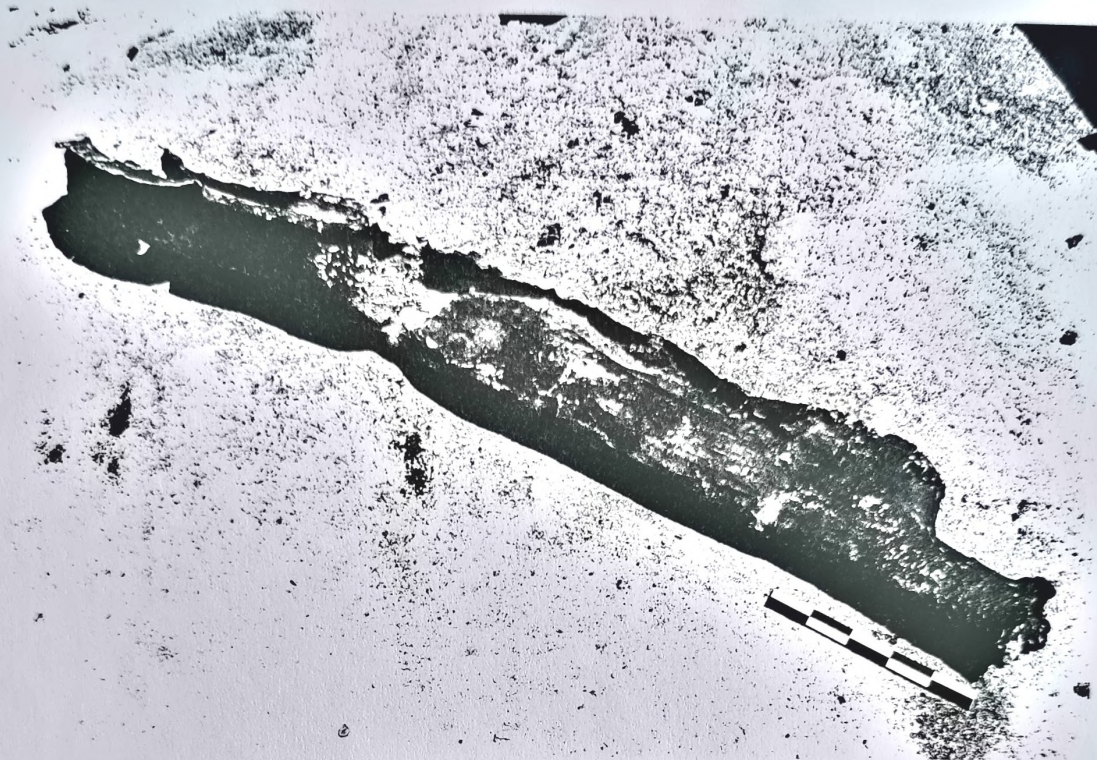
Port la Nouvelle I - les Estagnols
Poulie à demi-caisses



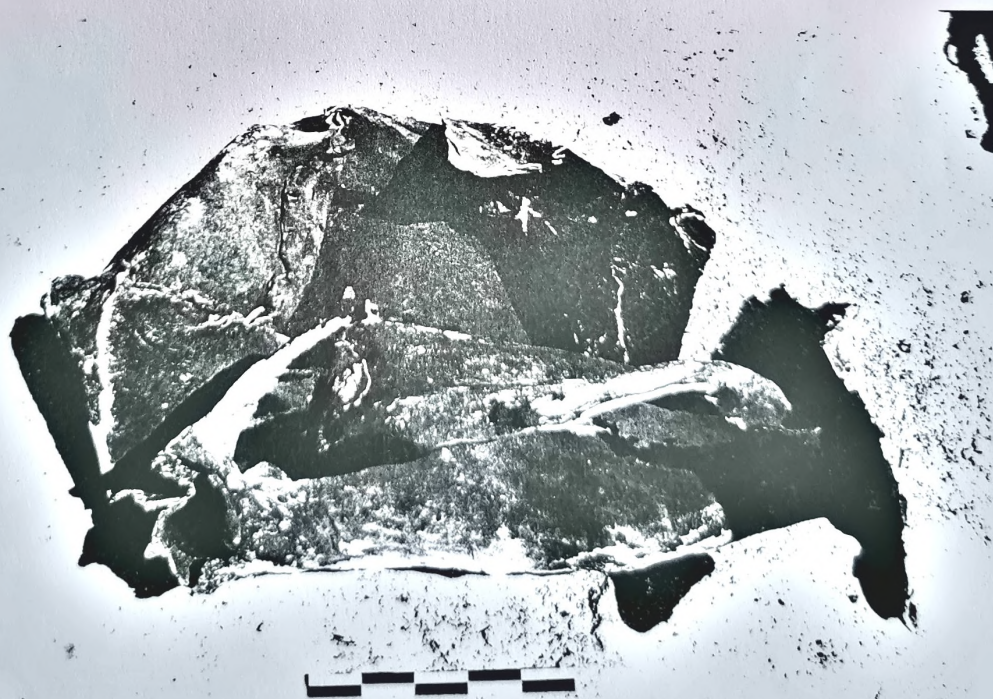
n° 1 : fragment de cordage



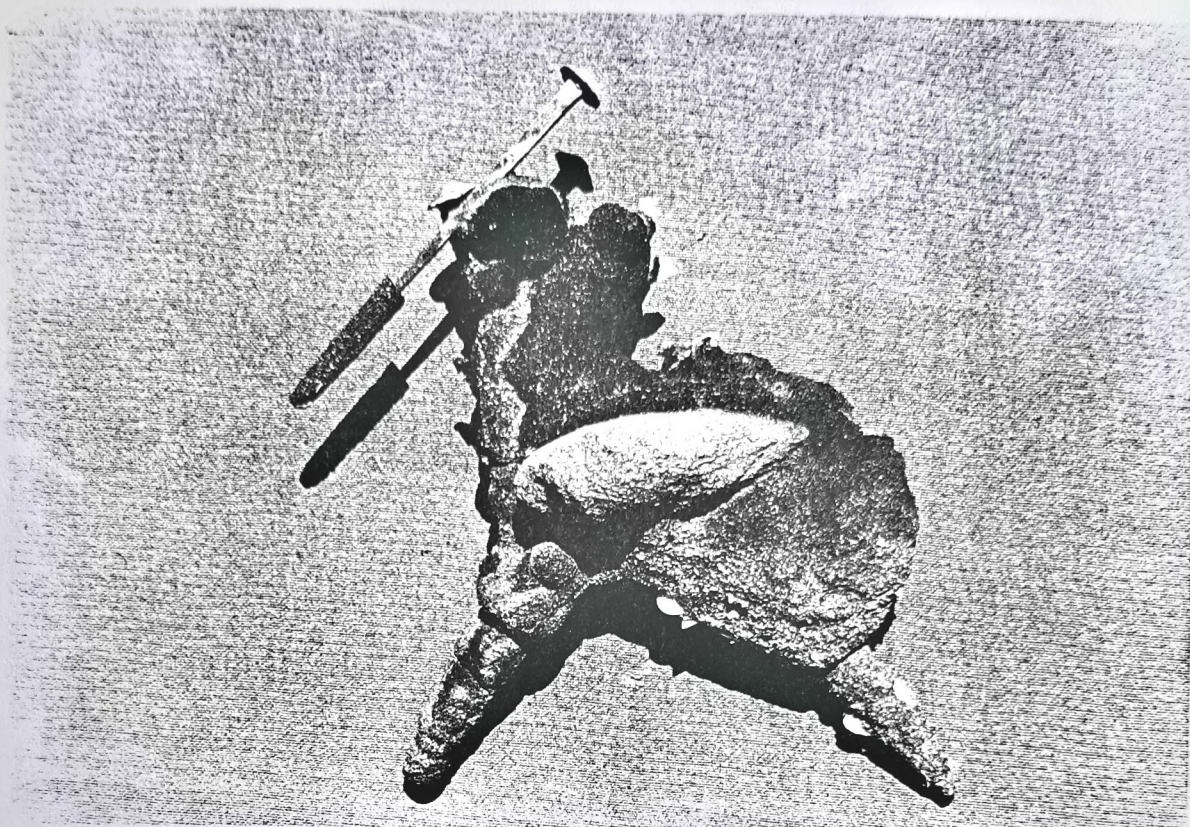
n° 2 : fragment d'ancrage métallique



n° 1 : fragment de canalisation en plomb



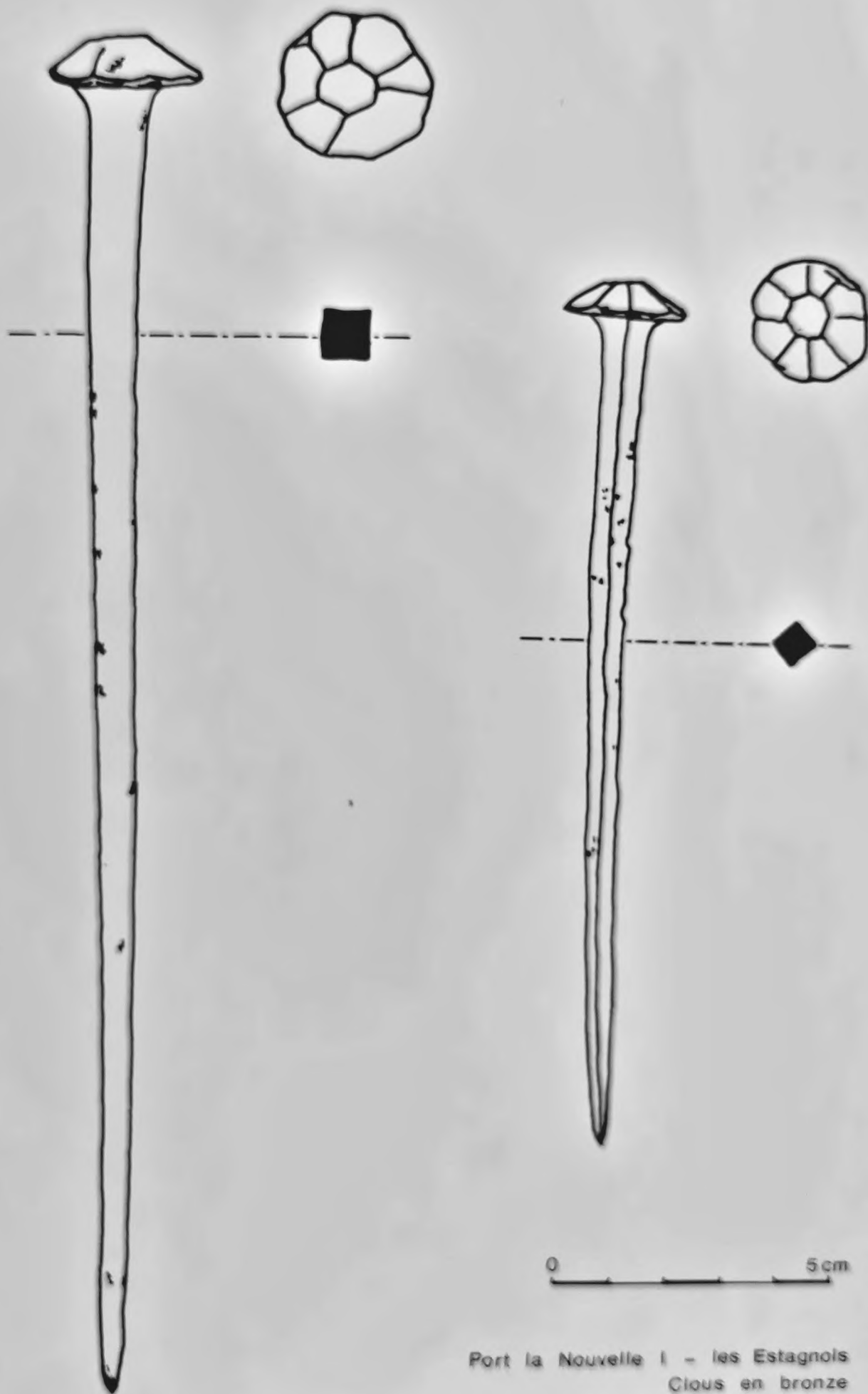
n° 2 : fragment de bac aplati en plomb



n° 1 : concrétion de clous en bronze



n° 2 : échantillons de clous



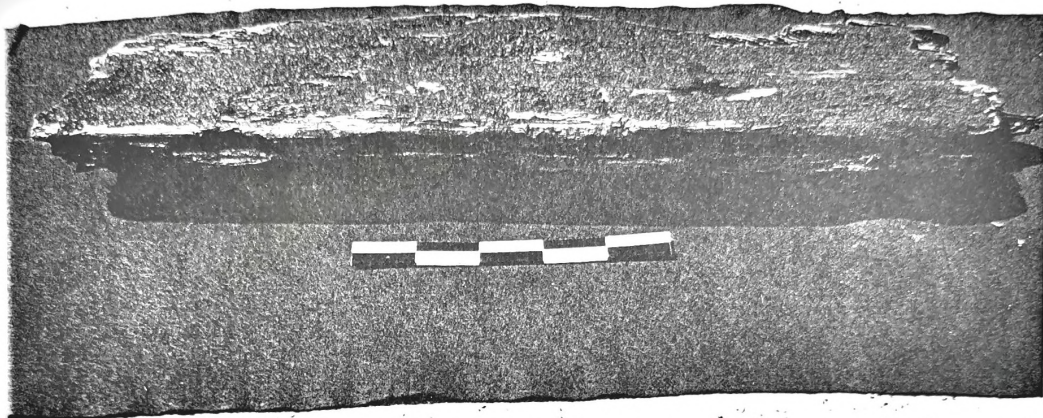
Port la Nouvelle I - les Estagnols
Clous en bronze



n° 1 : 2 varangues entières



n° 2 : échantillons de membrures



n° 1 : virures de bordé



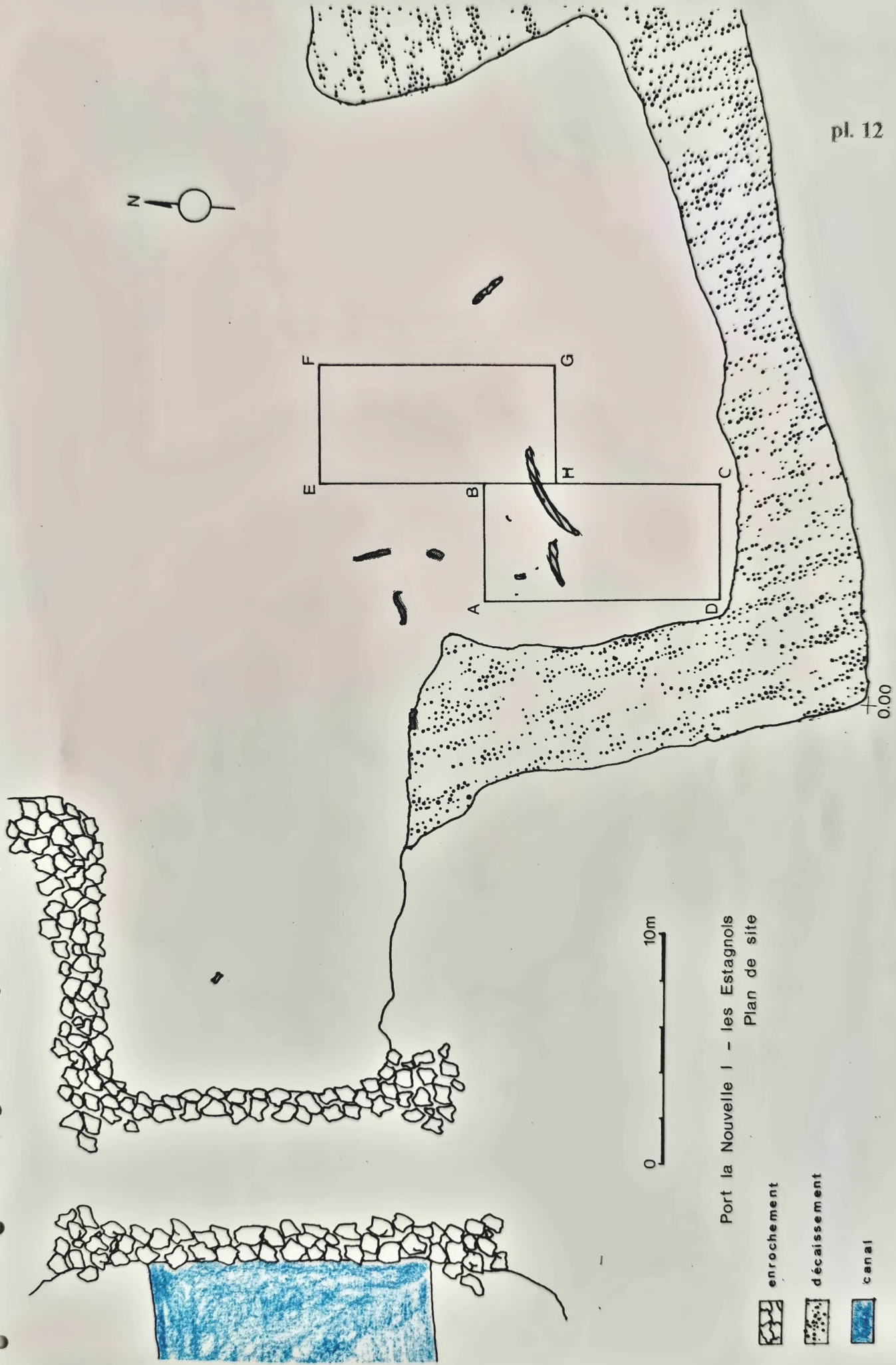
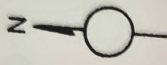
n° 2 : demi - languette chevillée dans une mortaise







n° 1 : niveau de vase noire correspondant à une berge du canal antichar



n° 2 : emplacement de la berge du canal anti-char



Port la Nouvelle I - les Estagnols
Plan de site

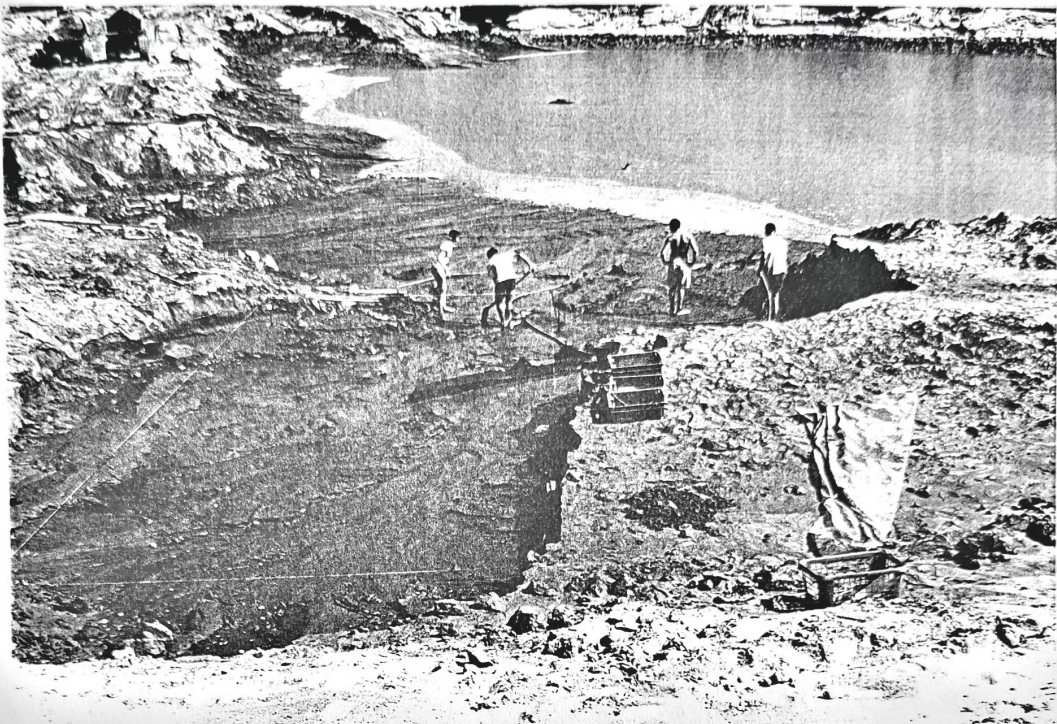
-  enrochement
-  décaissement
-  canal
-  membrure



n° 1 : fragment de bord de sigillée avec timbre *CRUCURO*



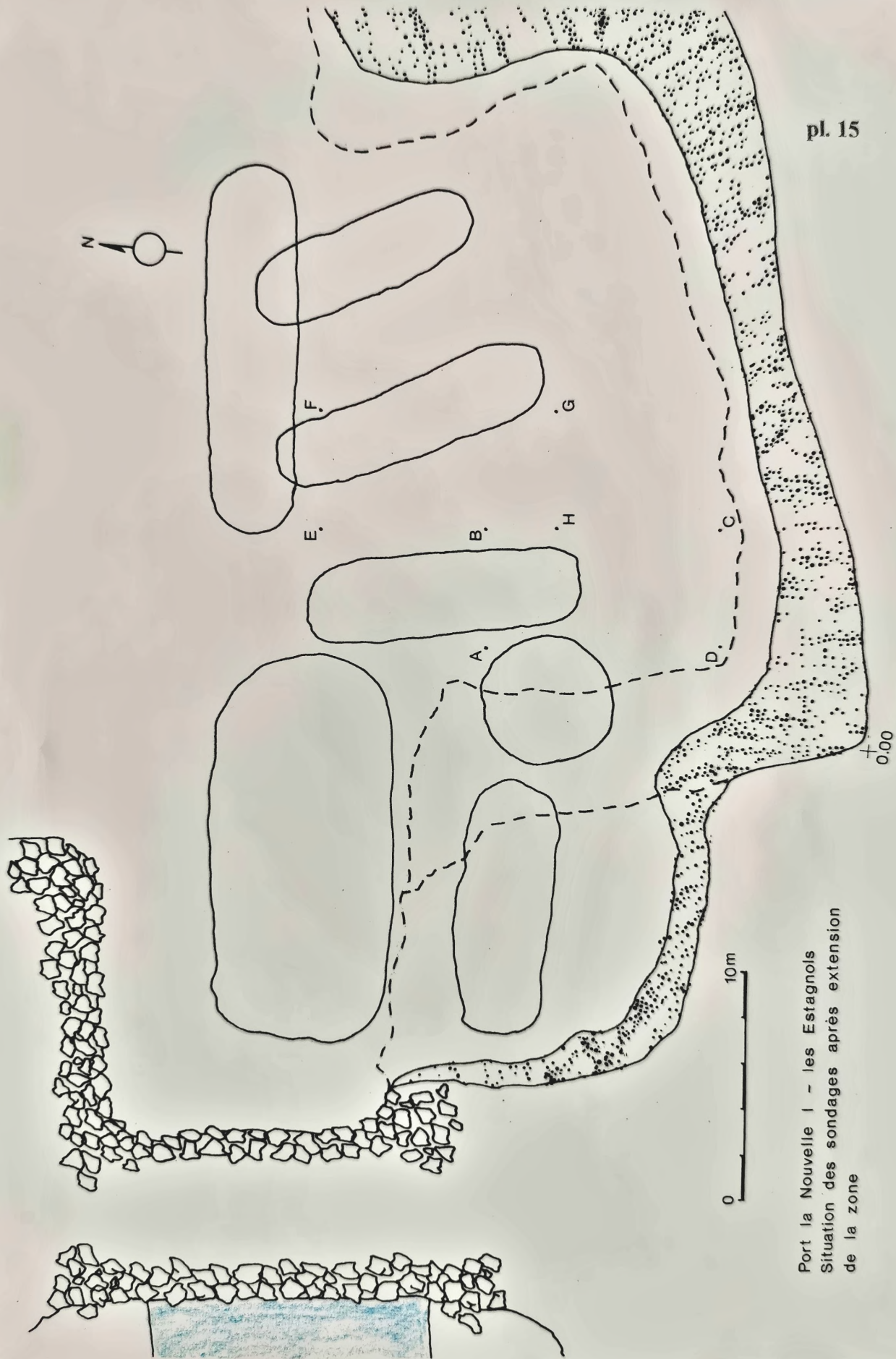
n° 2 : fragment de bord de sigillée



n° 1 : emplacement du premier carroyage



n° 2 : installation du deuxième carroyage



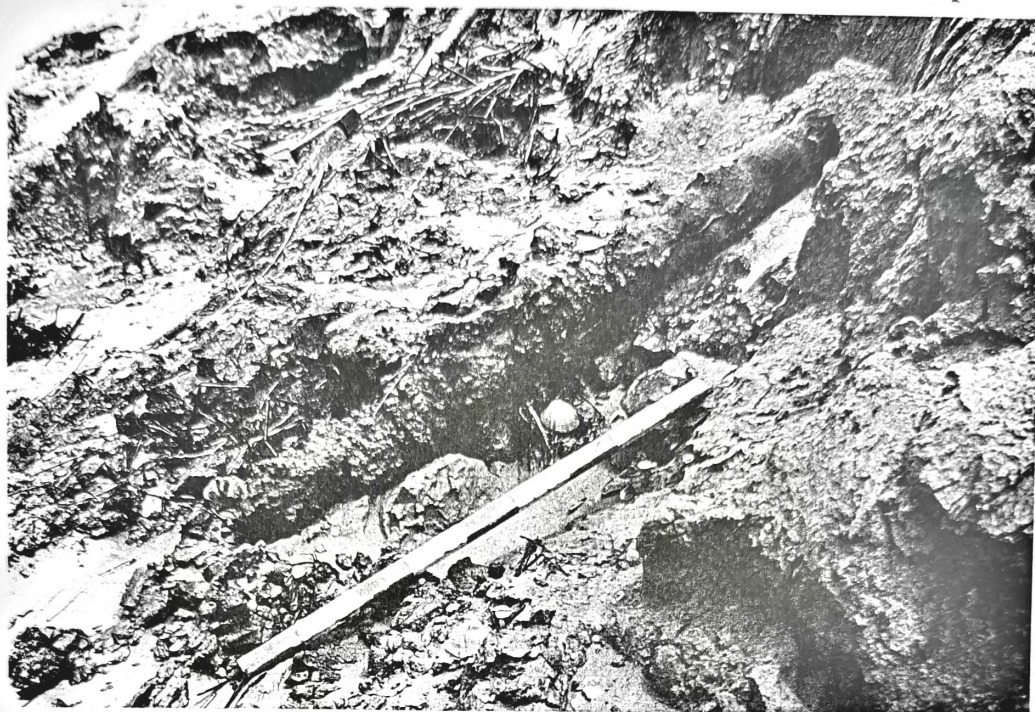
Port la Nouvelle I - les Estagnols
Situation des sondages après extension
de la zone



n° 1 : creusement à -2m sous le niveau de vestiges dispersés



n° 2 : prospection au détecteur de métal



n° 1 : 2ème fragment de canalisation en plomb



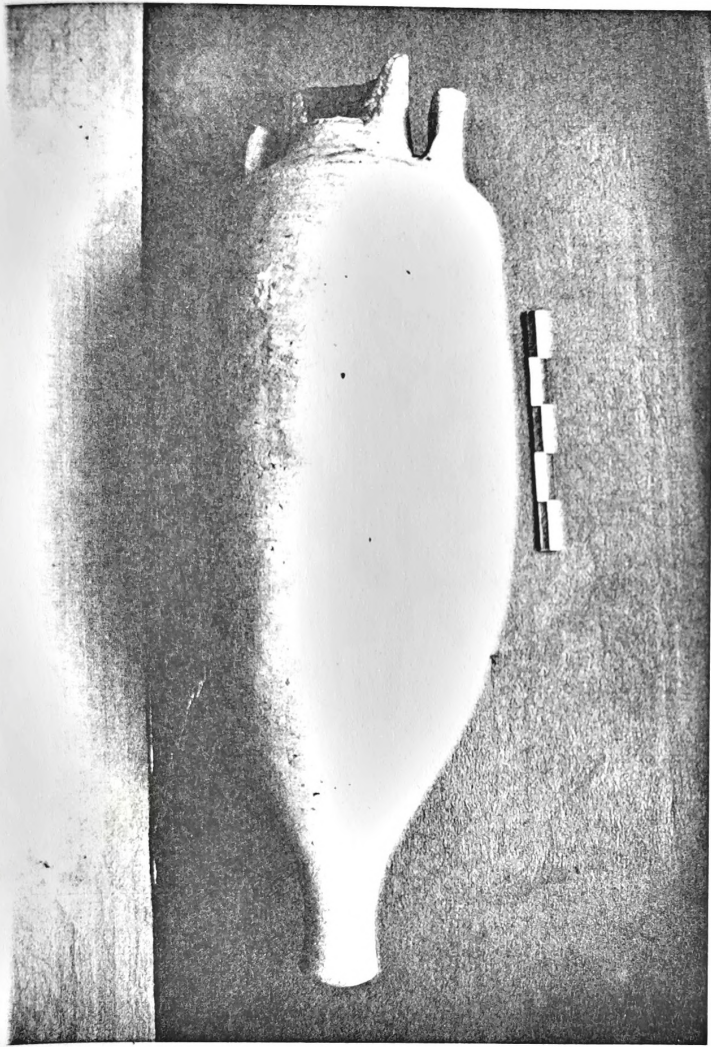
**n° 2 : col de
Dressel 1C**



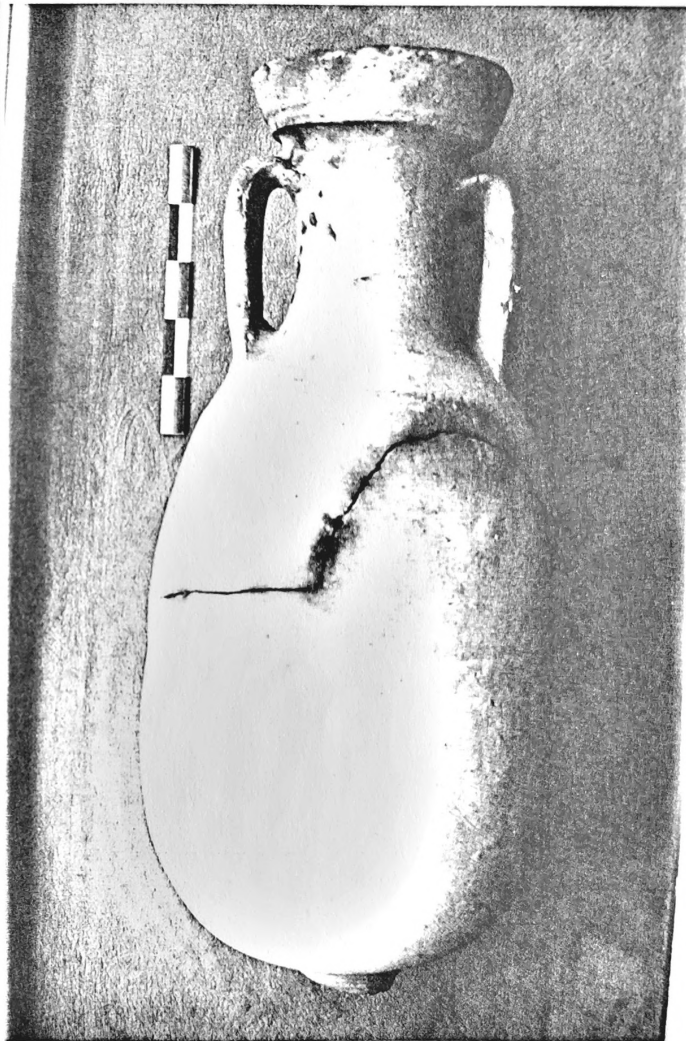
n° 1 : sondage pratiqué à l'emplacement de la marche



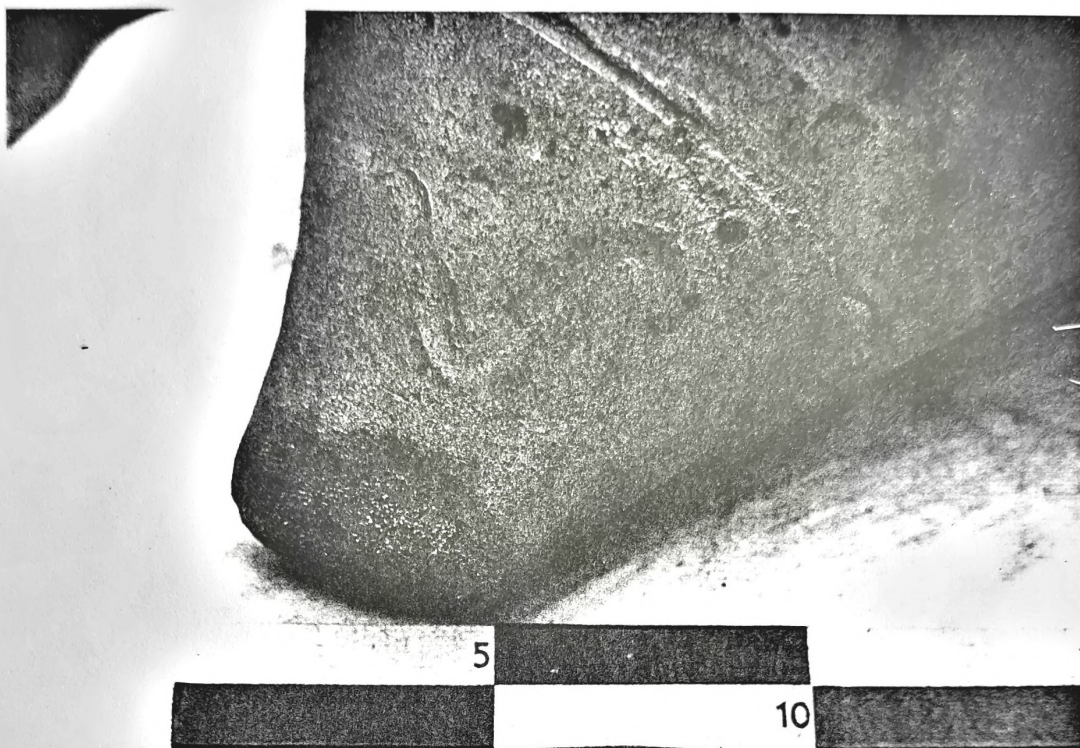
n° 2 : état du site à la fin de l'opération



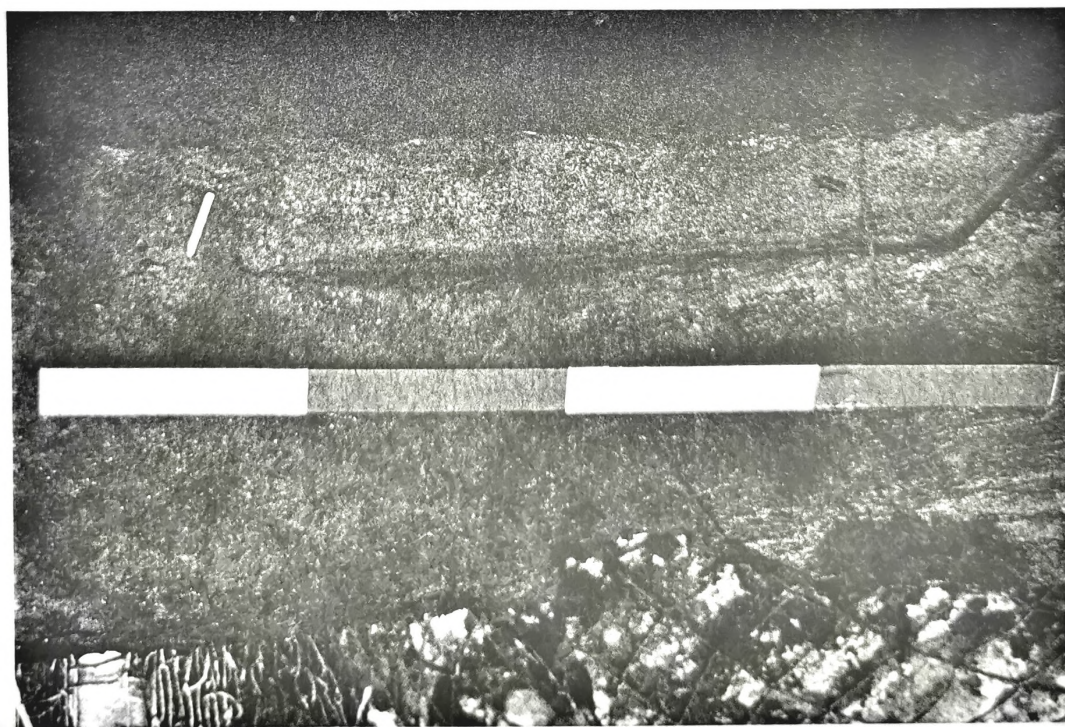
n° 1 : panse de Pascual 1



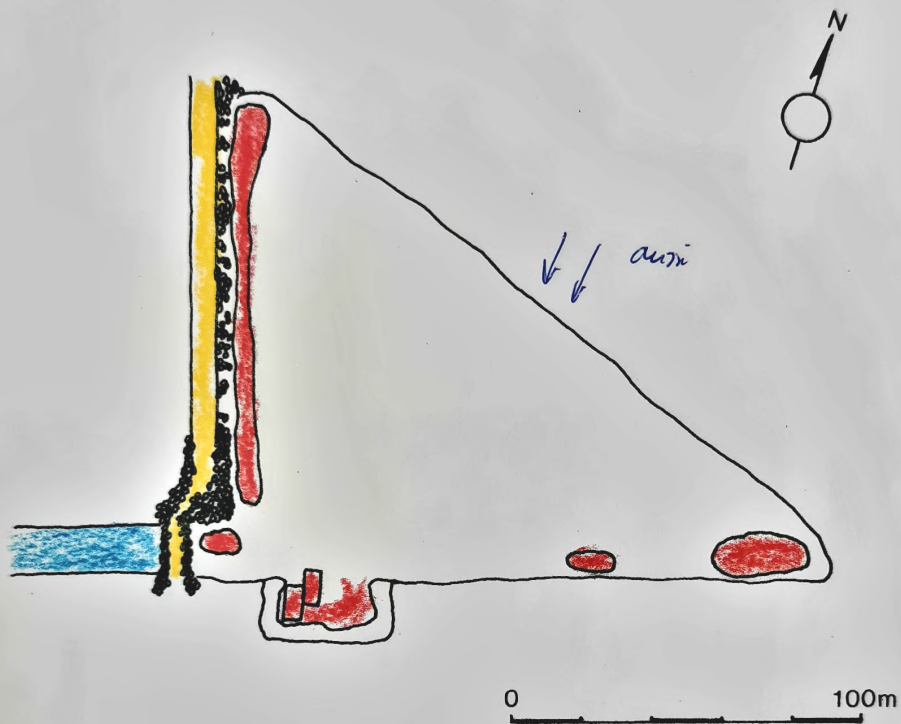
n° 2 : panse d'Haltern 70



n° 1 : bas de panse d'amphore Pascual 1 avec graffito

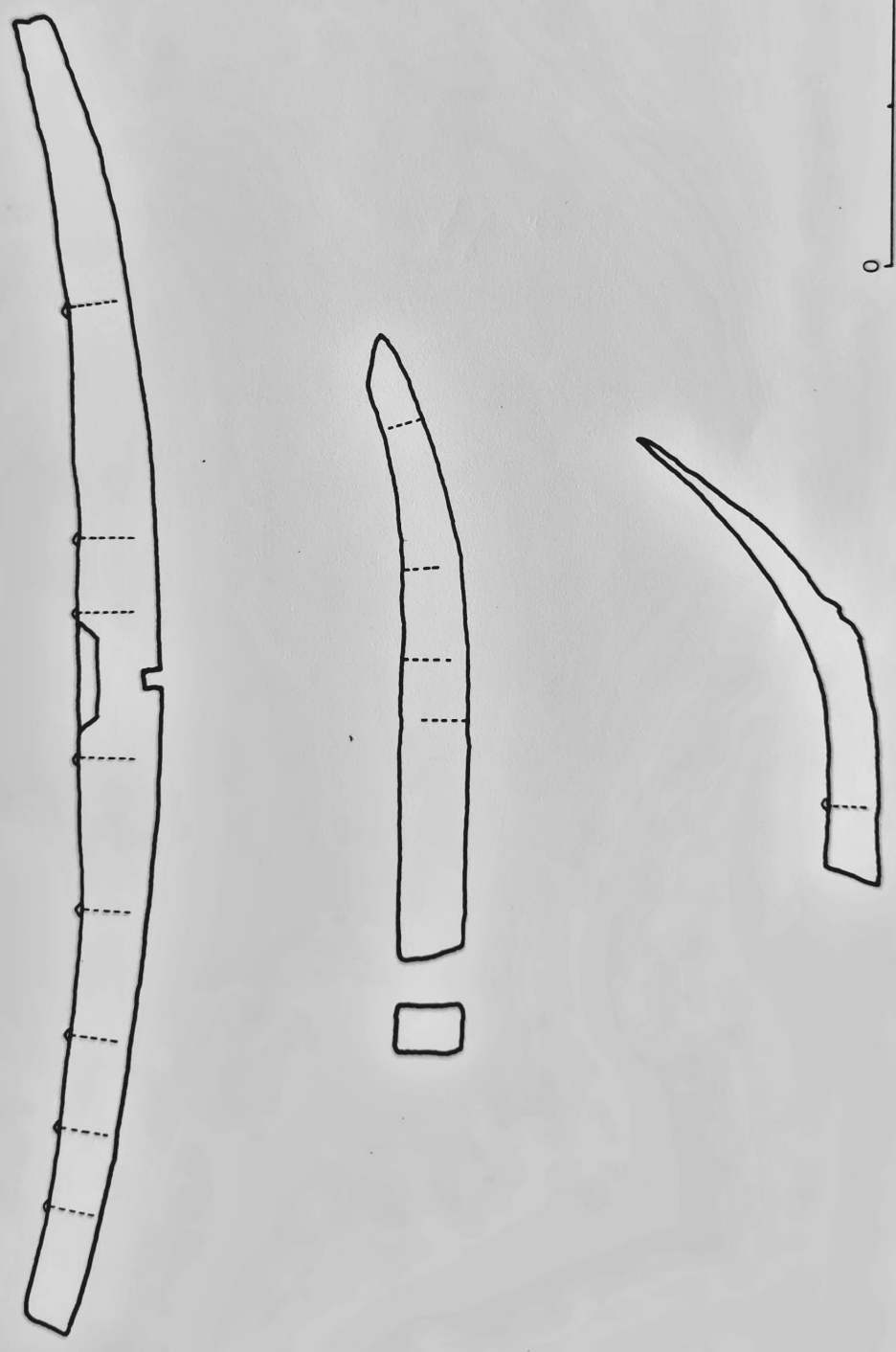


n° 2 : feuilure sur varangue

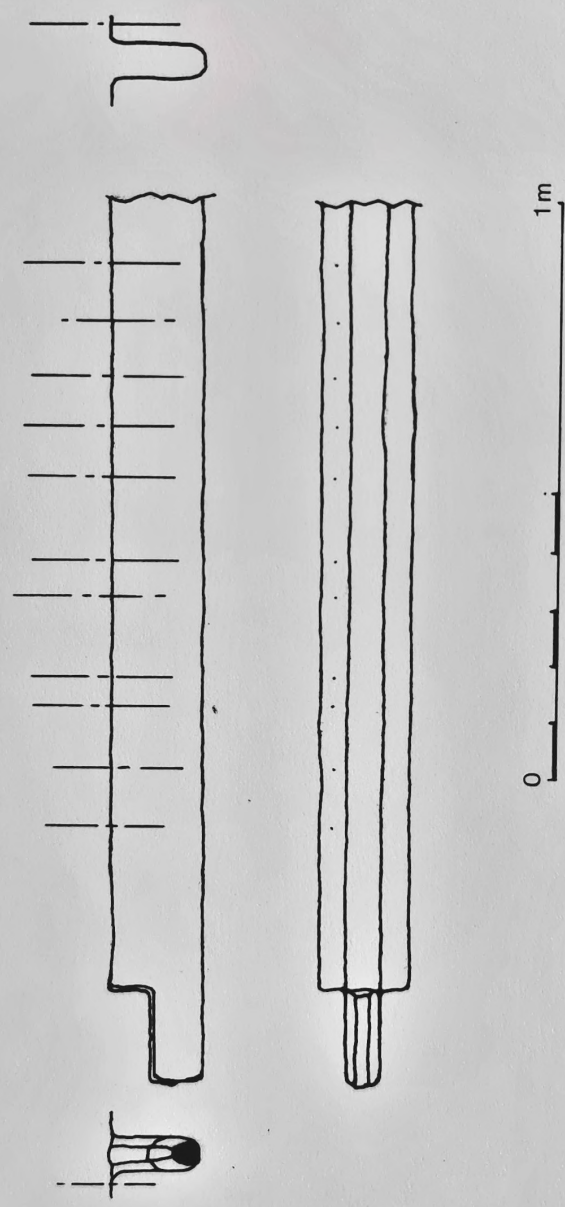


Port la Nouvelle I - les Estagnols
Plan de situation générale,
montrant la dispersion du matériel

-  canal
-  digue
-  zones de vestiges



Port la Nouvelle I - les Estagnols
Profils de membrures



Port la Nouvelle I - les Estagnols
Restitution probable d'une canalisation en plomb

ANNEXE N° 1
CONTEXTE ARCHÉOLOGIQUE DU SÉCTEUR

2010-2011

TRÉSOR DE PORT-LA-NOUVELLE (AUDE)

	Lot 1 Lavoye	Lot 2 Solier	Lot 3 Charles	Lot 4 Fabre	Total	
251-253 TRÉBONIEN GALLE	1				1	
258-260 VALÉRIEN I	1		1		2	}
" Mariniane	1				1	
268 Valérien II		1			1	
253-268 GALLIEN	89	38	33	7	167	} 179
268 Salonine	3	4	3	2	12	
268-270 CLAUDE II	67	31	16	1	115	
300 DIVVS CLAVDIVS	6	3			9	
111 QUINTILLE	8	2		1	11	
270-295 AURÉLIEN	5	1			6	} 7
Séverine	1				1	
275-282 PROBUS	2				2	
268 POSTUME	1				1	
268 MARIUS	1				1	
270 VICTORIN	3	2			5	
Total	189	82	53	11	335	

non payé en 276 (Probus règne)

CODE DES BUSTES

Effigies des empereurs

DENIERS

A*. Buste lauré à droite avec cuirasse et *paludamentum*, vu de trois quarts en avant.

ANTONINIANI

O . Tête ou buste nu radié à droite.

O' . Buste nu radié à droite, avec trace d'*amictus* sur une épaule.

O" . Buste nu radié à droite, avec traces d'*amictus* sur les deux épaules.

O+ . Buste nu radié à droite, avec petite égide sur l'épaule gauche.

A . Buste radié à droite avec cuirasse et *paludamentum*, vu de trois quarts en avant.

A₂ . Buste radié à droite avec cuirasse et *paludamentum*, vu de trois quarts en arrière.

B . Buste radié cuirassé à droite, vu de trois quarts en avant.

Effigies des impératrices

DENIERS

L* . Buste diadémé à droite.

ANTONINIANI

L . Buste diadémé et drapé à droite, sur un croissant.

M . Buste voilé et drapé à droite, sur un croissant.

Sauf indications contraires les monnaies décrites sont des *antoniniani*.

LOT FABRE

Rome

GALLIEN	7
Salonine	2
CLAUDE II	1
QUINTILLE	<u>1</u>
	11

GALLIEN règne seul et Salonine (260-268)

Atelier de Rome

3^e émission, 263, 6 officines

1. GALLIENVS AVG - O -
LIBERAL AVG *Liberalitas* debout à g., tenant l'*abacus* et une corne d'abondance.
IS
4,09
RIC 227

4^e émission, dite «aux figure assises», 264-5, 6 officines

2. SALONINA AVG - L -
PVDICITIA la Pudeur voilée assise à g., se touchant la tête et tenant un sceptre transversal.
Q
3,16
RIC 25

5^e émission, dite «du 7^eme consulat», 266, 9 puis 12 officines

3. GALLIENVS AVG - O -
AETERNITAS AVG *Sol* debout à g. levant la main droite et tenant un globe.
II
3,09
RIC 160

4. GALLIENVS AVG - O -
VBERITAS AVG *Ubertas* debout à g. tenant une bourse et une corne d'abondance.
Iε
2,67
RIC 287 var.

5. GALLIENVS AVG - O -
FORTVNA REDVX *Fortuna* debout à g., tenant un gouvernail posé sur un globe et une corne d'abondance.
IC
2,21
Cf. RIC 193

6. SALONINA AVG - L -
IVNO CONSERVAT Junon debout à g., tenant une patère et un sceptre vertical, à ses pieds un paon.
IN
2,38
RIC 11

7. GALLIENVS AVG - O -
LIBERTAS AVG *Libertas* debout à g., tenant le *pileus* et un sceptre
transversal.

3, 12
RIC 233

6^e émission, dite «du bestiaire», 267-8, 12 officines

8. GALLIENVS AVG - O -
SOLI CONS AVG *pégase* à g.

A
2, 63
RIC 284

9. GALLIENVS AVG - O -
APOLLINI CONS AVG *centaure* à dr., bandant un arc.

Z
2, 66
RIC 163

CLAUDE II (268-270)

Atelier de Rome

2^e émission, début 269, 12 officines

10. IMP C CLAVDIVS AVG - B -
GENIVS EXERCI *Génie* à g., tenant une patère et une corne d'abondance.

3, 29
RIC 48

QUINTILLE (270)

Atelier de Rome, 12 officines

11. IMP C M AVR CL QVINTILLVS AVG - A -
VICTORIA AVG *Victoire* marchant à dr., tenant une couronne et une
palme.

2, 98
RIC 33

LOT CHARLES

	Rome	Milan	Siscia	Cyzique	imitation	Total
VALÉRIEN I	1					1
GALLIEN	28	4	1			33
Salonine	3					3
CLAUDE II	12	2		1	1	16
Total	44	6	1	1	1	53

VALÉRIEN I (253-260)

Atelier de Rome

Seconde série, 255-6

1. IMP C P LIC VALERIANVS P F AVG - A -
APOLINI CONSERVA Apollon debout à g., tenant un rameau et appuyé sur sa lyre.
2, 19
RIC 72

GALLIEN, règne seul et Salonine (260-268)

5* émission, dite «du 7ème consulat», 266, 9 puis 12 officines

- 2- GALLIENVS AVG - O -
4. MARTI PACIFERO Mars debout à g., tenant un rameau et une haste et s'appuyant sur un bouclier.
A
4, 12; 3, 60; 2, 12
RIC 236
5. GALLIENVS AVG - O -
MARTI PACIFERO idem.
A
3, 43
Cf. RIC 236
6. GALLIENVS AVG - O -
ABVNDANTIA AVG l'Abondance debout à dr., versant une corne d'abondance.
B
2, 61
RIC 157
7. GALLIENVS AVG - O -
AETERNITAS AVG Sol debout à g., levant la main dr. et tenant un globe.
C
2, 02
RIC 160
8. GALLIENVS AVG - O -
PAX AETERNA AVG Pax debout à g., tenant un rameau et un sceptre transversal.
D
2, 08
Cf. RIC 253

- 9- SALONINA AVG - L -
10. FECVNDITAS AVG la Fécondité debout à g., tenant une patère et une corne d'abondance, à ses pieds, un enfant.
IA
3, 15; 1, 77
RIC 5
11. GALLIENVS AVG - O -
FORTVNA REDVX *Fortuna* debout à g., tenant un gouvernail posé sur un globe et une corne d'abondance.
IC
3, 15
Cf. RIC 193
12. GALLIENVS AVG - O -
SECVRIT PERPET *Securitas* debout à g., accoudée sur une colonne et tenant un sceptre vertical.
IH
2, 81
RIC 280
13. GALLIENVS AVG - O -
SECVRIT PERPET idem.
I
1, 59
Cf. RIC 280
14. SALONINA AVG - L -
VENVS VICTRIX *Venus* casquée, debout de face tenant un casque et un sceptre vertical, appuyé contre elle un bouclier.
IH
2, 90
Cf. RIC 31
15. GALLIENVS AVG - O -
IOVI CONSERVAT *Jupiter* debout à g., tenant un foudre et un sceptre.
NI
2, 89
RIC 210

6* émission, dite «du bestiaire», 267-8, 12 officines
16. GALLIENVS AVG - O -
SOLI CONS AVG *Pégase* à dr.
À l'exergue, A
2, 39
RIC 283
- 17- GALLIENVS AVG - O -
18. LIBERO·P·CONS AVG *tigresse* à g.
À l'exergue, B
3, 01; 1, 64
RIC 230
- 19- GALLIENVS AVG - O -
21. DIANAE CONS AVG *antilope* à g.
À l'exergue, Γ
2, 87; 2, 68; 2, 35
Cf. RIC 181
22. GALLIENVS AVG - O -
DIANAE CONS AVG *daim* à dr.
À l'exergue, ε
3, 23
RIC 177

23- GALLIENVS AVG - O -
25. APOLLINI CONS AVG centaure à g.
À l'exergue, H
2,77; 2,48; 2,08
RIC 164

26. GALLIENVS AVG - B -
NEPTVNO CONS AVG hippocampe à dr.
À l'exergue, N
3,33
RIC 245

27. GALLIENVS AVG - O -
NEPTVNO CONS AVG idem.
À l'exergue, N
1,94
RIC 245

28. GALLIENVS AVG - O -
DIANAE CONS AVG cerf à dr.
À l'exergue, X
2,57
RIC 179

29- GALLIENVS AVG - O -
30. DIANAE CONS AVG gazelle à dr.
À l'exergue, XI
2,95; 1,80
RIC 181

31- GALLIENVS AVG - O -
32. DIANAE CONS AVG gazelle à g.
À l'exergue, XII
2,89; 2,37
RIC 181

Atelier de Milan

5e série, a

33. GALLIENVS AVG - O -
PA-X AVG Pax debout à g., tenant un rameau et un sceptre transversal.
S1
3,52
Cf. RIC 501

5e série, b

34. IMP GALLIENVS AVG - O^m-
PIETAS AVG Pietas voilée debout de face, levant les mains, à ses pieds
un autel.
À l'exergue, P
2,23
RIC 506

7e série

35. IMP GALLIENVS AVG - O -
PM TR P VII COS l'empereur en toge assis à g., tenant un globe et un
sceptre.
À l'exergue, MS
1,52
Cf. RIC 456

8e série

36. GALLIENVS AVG - O -
SALVS AVG la Santé debout à dr., nourrissant avec une patère un serpent qu'elle tient dans ses bras.
À l'exergue, MS
2,57
RIC 512a

Atelier de Siscia

3e série
37. GALLIENVS AVG - O -
AEQVIT AVG Aequitas debout à g., tenant une balance et une corne d'abondance.
3,38
RIC 553, Alföldi 3

CLAUDE II (268-270)

Atelier de Rome

1ère émission
38. IMP C CLAVDIVS AVG - B -
IOVI S-TATORI Jupiter debout de face tête à dr., tenant un sceptre vertical et un foudre abaissé.
2,36
RIC 52

2e émission
39. IMP C CLAVDIVS AVG - B -
ANNONA AVG l'Annone debout à g. tenant des épis et une corne d'abondance, à ses pieds, une proue.
 $\frac{1\Delta}{2,76}$
RIC 18
40. IMP C CLAVDIVS AVG - B -
VIRTVS AVG Mars debout à g., tenant un rameau et un sceptre vertical, contre lui, un bouclier.
 $\frac{?1}{2,00}$
RIC 109
- 41- IMP C CLAVDIVS AVG - B -
42. AEQVITAS AVG Aequitas debout à g., tenant une balance et une corne d'abondance.
 $\frac{1}{2,80; 2,19}$
RIC 14
43. IMP C CLAVDIVS AVG - O -
AEQVITAS AVG idem.
 $\frac{1}{2,80}$
RIC 14
44. IMP C CLAVDIVS AVG - B -
GENIVS EXERCI génie debout à g., tenant une patère et une corne d'abondance.
 $\frac{1Z}{2,25}$
RIC 48

Atelier de Cologne

Émission III

189. IMP C VICTORINVS P F AVG - B -
SALVS AVG voir n° 47.
1,78
Elmer 732

ANNEXE N° 2
INVENTAIRE DU MATERIEL

HELENE BERNARD

(Dimensions en millimètres)

Caisse A:

PN 1: 18 fragments de dalle, engobe vanille, réseau losangique incisé, pâte fine rosée avec fin dégraissant noir et gros nodules ferrugineux (diamètre > au cm), 2 coins avec traces de cloutage, 1 frag. de rebord de tegula. Ep.: 36, l. > 19, L. sup. 20.

PN 2: 5 frag., mêmes caractéristiques, conditions d'enfouissement différentes (rouille), ép.: 25 à 30, l.: 12, L.: 20.

PN 3: 1 tesson, pâte rosée, dégraissant ferrugineux de 1 à 6 mm. de diamètre.

PN 4: 1 frag. lèvre de Dr. 2/4, ép.: 24, ht.: 25, pâte de tarraconaise, fine.

PN 5: 1 frag. anse ronde, diamètre 42, verticale (Lamb. 2.?), pâte fine, fin dégraissant blanc.

PN 6: anse ovale et son attache inférieure, l.: 50, ép.: 34, pâte fine, dégraissant rouille, très sableuse.

PN 7: anse, l.: 40, ép.: 30, ht.: 200, pâte idem.

PN 8: frag. lèvres Dr. 1A, ht.: 35, ép.: 25.

PN 9: col Dr. 1C.

PN 10: col Dr. 1C.

PN 11: 1 frag. de fond d'amphore, pâte italique résinée.

PN 12: frag. d'amphore, pâte sableuse bicolore orangée, résinée.

PN 13: 5 frag., pâte fine (ép. 7/8), grd. diamètre (tessons plats). Amphore catalane ?

PN 14: 1 rebord caccabus.

Non inventoriés: une quinzaine de tessons indéterminables.

Caisse B:

PN 15: 1 frag. couvercle cér. commune.

PN 16: 1 frag. bord cér. fine.

PN 17: 1 frag. urceus, pâte blanche, dégraissant noir.

PN.18: 1 frag. sigillée

PN.19: 10 frag. fond cér. commune très dégradée.

Matériel amphorique : tessons de panse de Dr.1C, Lamb.2 (?), 1 anse de Dr.1A et base inférieure d'anse, 1 pied de Pascual 1, tessons de 2 pieds de Dr.7/11, 1 attache supérieure de Dr.1C.

1 panse de Dr 1A

1 amphore Haltern 70

1 pied avec graffito + 1 haut de panse de Pascual 1

1 panse de Pascual 1

Caisse C:

PN.20: frag. de 2 ou 3 ind. de forme fermée dont une poissée.

PN.21: 2 bords d'un même pelvis à anses digitées.

PN.22: cér. commune, forme ouverte, fond plat, frag. de bord à lèvre en amande et frag. de couvercle.

PN.23: cér. fine: 3 tessons de sigillée, 1 bord de forme fermée, 1 fragment de lampe.

Caisse D:

2 concrétions

1 frag. de dalle.

tessons d'amphore: pâte de Tarraconnaise, de Dr.1C, de Lamb.2 (?vacuoles et nodules ferrugineux, rosée, fine, épaisse: 2 cm.)

2 bords sigillée dont une lisse et une décorée

ANNEXE N° 3

ANALYSE XYOLOGIQUE ET DENDROCHRONOLOGIQUE

FREDERIC GUIBAL

ANALYSE XYOLOGIQUE ET DENDROCHRONOLOGIQUE
DE L'ÉPAVE DES ESTAGNOLS, PORT-LA-NOUVELLE.

GUIBAL Frédéric

Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie
Institut Méditerranéen d'Ecologie et Paléoécologie
E.R.S. 6100 C.N.R.S.
Avenue Escadrille Normandie-Niemen
13397 Marseille Cedex 20

A. Membrure.

Toutes les membrures sont débitées dans du bois de **chêne-vert** (*Quercus ilex* L.), essence très répandue (à l'époque antique comme de nos jours) dans l'étage de végétation mésoméditerranéen dans lequel s'inscrit la végétation de la plaine languedocienne. Au vu des valeurs élevées des épaisseurs brutes des cernes, les sujets utilisés ont visiblement poussé dans des conditions de milieu très favorables. Cela sous-entend un édaphisme caractérisé par un sol profond, pourvu d'une capacité de rétention en eau élevée (fond de vallon, bord de cours d'eau, terrasse ou bord de champ) alors que des conditions plus rocailleuses auraient imposé des conditions beaucoup plus difficiles qui se seraient traduites par des séries de cernes aux épaisseurs moyennes nettement inférieures.

Du fait de l'absence de la moelle et des premiers cernes mis en place par les arbres, il n'est pas possible de préciser si l'on a affaire à des sujets francs-de-pied (*c.a.d.* issus de la germination d'un gland) ou bien à des brins de taillis (*c.a.d.* issus d'un rejet de souche consécutif à une coupe). Dans le cas présent, on peut cependant avancer que les arbres utilisés ont poussé dans un voire des milieux relativement ouverts, dans lesquels la compétition entre les différents sujets (*vis-à-vis* de la lumière et de l'eau) était très faible, donc d'une ou de plusieurs formations arborées dans lesquelles la densité était limitée.

Une des membrures est débitée dans un quart-de-tronc, toutes les autres dans des demi-troncs (Figure 1). Toutes les pièces présentent des marques de sciages sur leurs faces latérales.

Les pièces mesurées offrent des séries d'épaisseurs respectivement longues de 52, 61, 41, 65 et 50 cernes (Figures 2, 3). Aucune synchronisation entre membrure n'a été obtenue, témoignant ainsi d'une variance très élevée d'un individu à l'autre et prédominante sur la variance interannuelle qui, elle, est liée aux variations interannuelles du climat. L'absence de synchronisme d'une membrure à l'autre atteste une grande variabilité de comportement d'un arbre à l'autre, induite par un biotope n'exerçant aucune contrainte sur les sujets et confirme l'idée dégagée par le seul examen des épaisseurs de cernes.

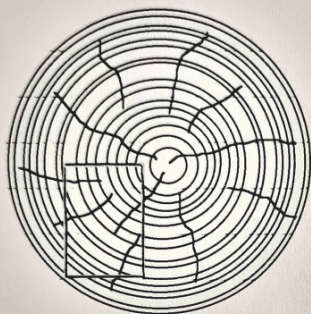
B. Virure.

Les virures sont débitées dans du bois de **pin type sylvestre** et obtenues par sciage sur dosse (Figure 1). L'appellation pin *type sylvestre* est ici employée du fait de l'impossibilité de distinguer, sur des critères anatomiques, le bois du pin sylvestre de celui du pin à crochets. Le pin à crochets est une espèce de montagne, distribuée à la fois sur des milieux secs et froids et sur des tourbières ; le pin sylvestre est, pour sa part, une espèce de l'étage montagnard-méditerranéen et de l'étage subalpin, mais pouvant être présente au-dessus de 600 m sur les ubacs des massifs côtiers. Doté d'une bonne souplesse et durabilité, le pin *type sylvestre* offre une bonne résistance aux chocs, à la compression et à la flexion.

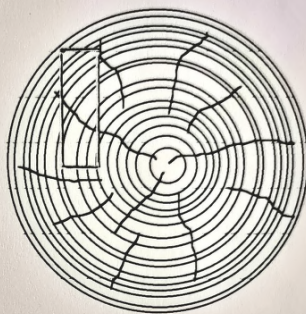
Une série longue de 38 cernes a été acquise (Figure 4). Outre la longueur très courte de cette série qui interdit toute datation dendrochronologique, la faible variation interannuelle des épaisseurs ne fait qu'aggraver les difficultés liées à toute tentative de synchronisation avec d'autres chronologies de pin *type sylvestre* représentatives d'autres sites antiques. La faible variation interannuelle des épaisseurs reflète un milieu offrant de très bonnes conditions générales de croissance d'une année à l'autre vis-à-vis des pins sylvestres.

C. Pièces d'assemblage.

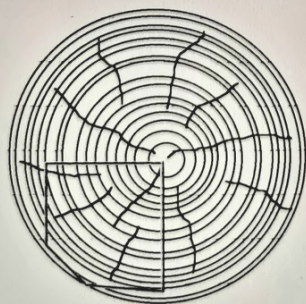
Les clés d'assemblage, les gournables et les chevilles sont débitées dans du bois d'**olivier** (*Olea europaea* L.), essence particulièrement dure et résistante, dont l'utilisation pour ce type d'élément a été jusqu'à présent rencontrée sur les épaves antiques de Caveaux I, Saint-Gervais III et Laurons 2.



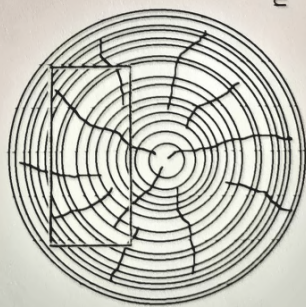
membrure M4



virure V1, V2



membrure M3



membrure M1, M2

Fig. 1. Types de débitage des membrures et virures de l'épave des Estagnols à Port-la-Nouvelle.

Fig. 2. Courbe de la variation des épaisseurs des cerne de la membrure M2

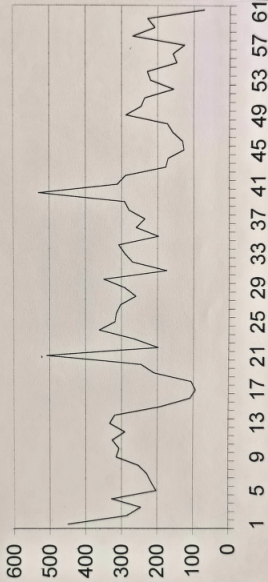


Fig. 3. Courbe de la variation des épaisseurs des cernes de la membrure M4

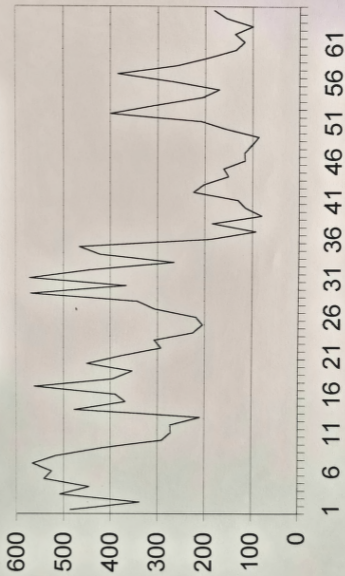
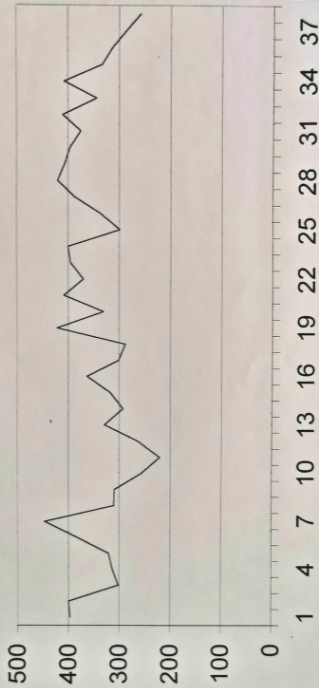


Fig. 4. Courbe de la variation des épaisseurs des cernes de la virure V1



ANNEXE N° 4

DATATION PAR LE RADIOCARBONE

ARCHEOLABS

Direction :
Dendrochronologie :

C. ORCEL
C. ORCEL
C. DORMOY
A. CURA

Radiocarbone :

Géologie et

Céramologie : L. VAN DER PLAETSEN

Palynologie : L. MARAMBAT

ARCHEOLABS

LE CHATELARD, 38840 SAINT BONNET DE CHAVAGNE

Tél 04.76.64.00.97

Fax. 04.76.64.01.60

N/Ref. ARC97/R1929C

Affaire suivie par :

M.-P. Jézégou

DRASSM
Fort Saint-Jean
13235 Marseille Cedex 02

DATATION PAR LE RADIOCARBONE SITE DES ESTAGNOLS

PORT-LA-NOUVELLE (11210) FRANCE

ECHANTILLON : CORDAGE

par Alain CURA et Laurent VAN DER PLAETSEN

St Bonnet, le 21 juillet 1997

- TABLEAU DE SYNTHÈSE -

DATATION RADIOCARBONE D'UN ÉCHANTILLON PROVENANT
DU SITE DES ESTAGNOLS

PORT-LA-NOUVELLE (11210) FRANCE

Ref. éch.	Nature de l'éch.	N°ARC	Age ¹⁴ C conventionnel	Date calibrée (à 2 sigma)
Cordage	Fibres végétales gorgées d'eau	ARC 1664	2050 ± 90 BP.	360 cal BC - 130 cal AD

DATATION ARC 1664

SITE DES ESTAGNOLS

PORT-LA-NOUVELLE (11210) FRANCE

ECHANTILLON CORDAGE

Echantillon Cordage**Datation ARC 1664****Références du site :**

Site des Estagnols
Port-la-Nouvelle (11210) France

Références de l'échantillon :

Cordage (en liaison avec épave ?)

Nature de l'échantillon :

Fibres végétales gorgées d'eau

Prétraitement de l'échantillon :

Lavage à l'eau distillée.
Bain d'hydroxyde de sodium à chaud.
Bain d'acide chlorhydrique à chaud.
Rinçages à l'eau distillée.
Séchage à l'étuve et pyrolyse sous azote.

Remarque :

Les prétraitements chimiques, indispensables pour éliminer toute pollution, ont considérablement réduit la masse de l'échantillon. En effet, d'une masse de 290 g au départ (échantillon gorgé d'eau), on passe à 9,5 g (échantillon sec) après les prétraitements chimiques (NaOH, HCl), et à 4,7 g de carbone après pyrolyse. Cela a une incidence sur l'incertitude sur l'âge ^{14}C conventionnel, qui est ici de ± 90 ans (± 40 ans dans les meilleurs cas).

Echantillon Cordage**Datation ARC 1664**

Site des Estagnols
Port-la-Nouvelle (11210) France

Age ^{14}C conventionnel : 2050 \pm 90 BP.

(en tenant compte d'un $\delta^{13}\text{C}$ estimé de $-25,00 \text{ ‰}$ vs PDB)

Activité $\delta^{14}\text{C}$: 77,48 \pm 0,79 %

(par rapport au standard)

Date ^{14}C calibrée : 360 cal BC - 130 cal AD

(Courbe de calibration de Stuiver et Becker, 1986, Radiocarbon 28, 863-910)

L'interprétation de la courbe de densité de probabilité de la date calibrée permet de proposer les intervalles de datation suivants :

La probabilité que la date calibrée soit située :

- ◆ entre 360 cal BC et 235 cal BC est de 12,2 %
- ◆ entre 235 cal BC et 130 cal AD est de 84,7 %

Note : Pour la publication des résultats, nous préconisons la présentation suivante issue des conventions internationales :

Datation ARC 1664, Age ^{14}C conventionnel : 2050 \pm 90 BP ($\delta^{13}\text{C}$ estimé de $-25,00 \text{ ‰}$ vs PDB)

Date ^{14}C calibrée : 360 cal BC - 130 cal AD (courbe de calibration de Stuiver et Becker, 1986, Radiocarbon 28, 863-910)

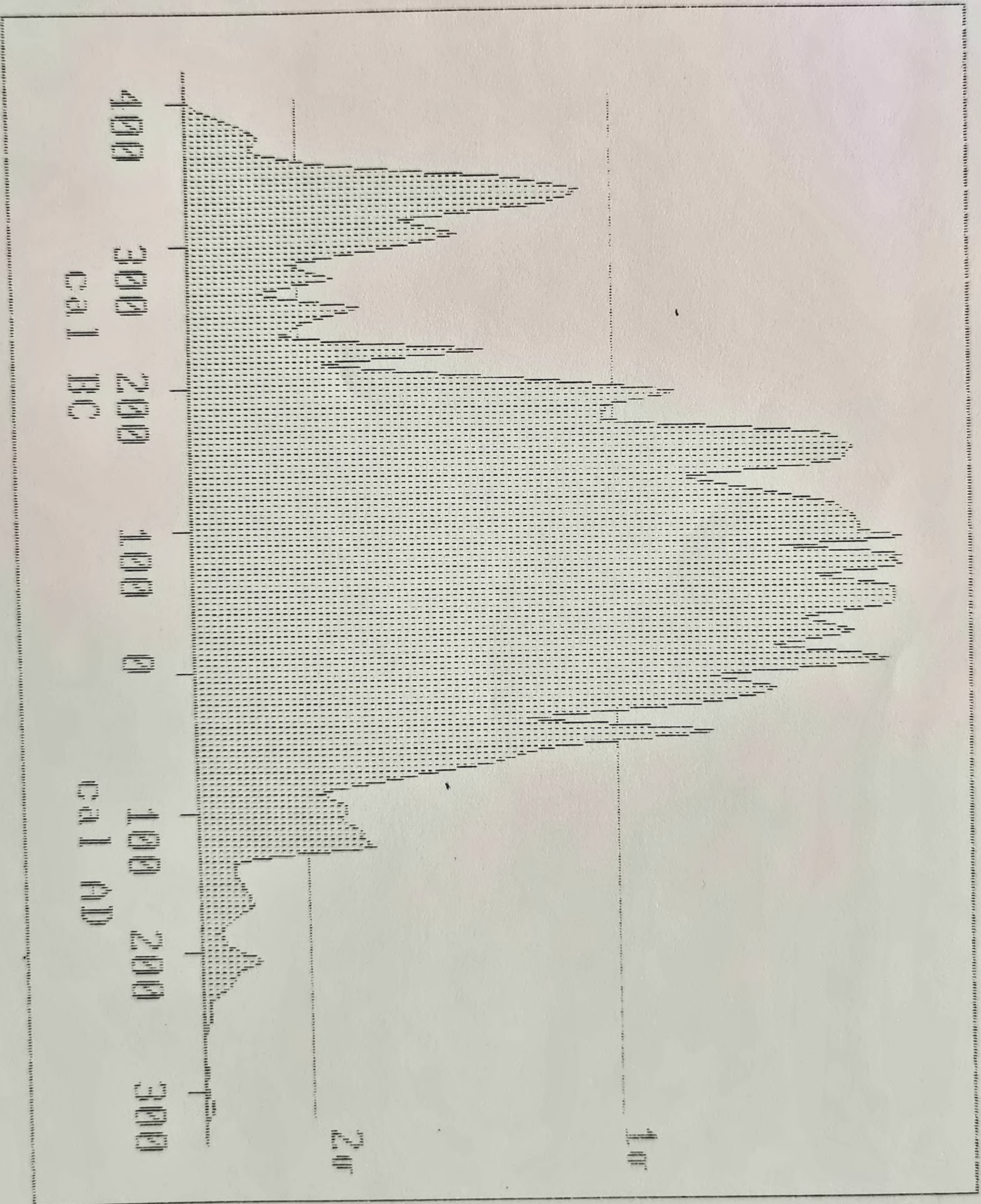
L'âge ^{14}C conventionnel est exprimé en années BP (Before Present, le présent étant par convention l'année 1950 de notre ère). Il est calculé en utilisant la période de Libby 5568 ans et en tenant compte d'un $\delta^{13}\text{C}$ estimé de $-25,00 \text{ ‰}$ vs PDB (moyenne pour les végétaux de type C3). L'incertitude est donnée avec un degré de confiance de 68,3 % de probabilité (soit un sigma).

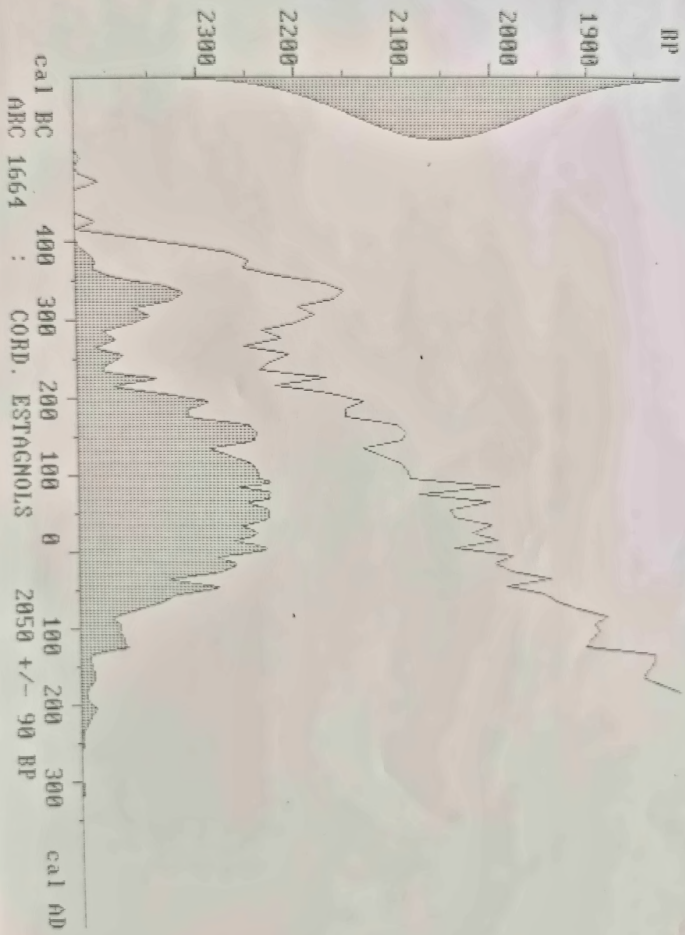
L'activité $\delta^{14}\text{C}$ est calculée en pour cent par rapport à l'activité du standard international, avec une incertitude de plus ou moins un sigma.

La date ^{14}C calibrée est l'intervalle dans lequel la probabilité de présence de la vraie valeur est de 95,4 % (soit 2 sigma). Elle est exprimée en années BC (Before Christ i.e. avant JC) ou AD (Anno Domini i.e. de notre ère). Elle est calculée par le programme de calibration CALIB Rev 2.1 (Stuiver M. et Reimer P.J., 1987, Quaternary Isotope Lab, University of Washington) en utilisant la courbe de calibration de Stuiver et Becker, 1986, Radiocarbon 28, 863-910.

Les figures suivantes sont réalisées par un logiciel Archéolabs, à partir des valeurs calculées par le programme CALIB. Elles représentent la courbe de densité de probabilité de la date calibrée.

COURBE DE DENSITE DE PROBABILITE DE LA DOTE CALIBRE
ARC 1664 : CORD. ESTIMOLS 2050 +/- 90 BP





QUE PEUT-ON DATER PAR LE CARBONE 14 ?

Tout organisme contenant du Carbone :

- végétal, à partir de la cellulose : bois, tourbe, charbon de bois, accumulation végétale, graine, céréale, ...

- animal, à partir du collagène et de ses dérivés : ossements animaux et humains, ...

mais également :

- coquillages marins et terrestres, « craie lacustre », et dans certains cas mortiers de chaux, à partir du carbonate.

LES LIMITES DE LA DATATION PAR LE CARBONE 14

En moyenne, on peut dater un échantillon dont l'âge se situe entre l'époque actuelle et 40 000 ans. Ces limites sont restreintes dans le cas où la masse en carbone de l'échantillon n'est pas optimale.

LA MASSE DE MATERIEL SOUHAITABLE POUR UNE DATATION

Voici les masses minimales et optimales de matériel à fournir au laboratoire. Il convient de majorer ces quantités pour des matériaux dégradés ou imparfaitement triés.

Charbons de bois secs, triés et lavés	5 g / 30 g
Bois secs	20 g / 100 g
Bois gorgés d'eau	50 g / 300 g
Tourbes (suivant le degré d'évolution)	100 g / 500 g à plus de 1 kg
Ossements (suivant l'état de conservation)	300 g / 600 g à plus de 1 kg
« Craies lacustres » sèches	30 g / 100 g
Coquillages	30 g / 100 g
Mortiers de chaux	2 kg / 5 kg

Dans le cas des bois et des charbons de bois, et quand la masse d'échantillon le permet, la datation porte sur un nombre restreint de cernes dûment repérés dans des portions non dégradées. Cette sélection se fait au laboratoire par nos soins.

Dans le cas des ossements, les os longs sont plus favorables à l'extraction du collagène, à l'exclusion des os bouillis.

LE CYCLE DU CARBONE 14

Le Carbone 14 est l'un des trois isotopes du Carbone, et le seul instable (radioactif), à l'opposé du ^{12}C et du ^{13}C , qui sont stables. Les proportions de ces trois isotopes dans l'atmosphère actuelle sont approximativement les suivantes : 99 % pour le ^{12}C , 1 % pour le ^{13}C , et 10^{-12} % pour le ^{14}C (c'est-à-dire que pour mille milliards de ^{12}C , il y a seulement un atome de ^{14}C).

Le ^{14}C se forme en permanence dans la haute atmosphère par action du rayonnement cosmique sur l'azote de l'air. Il se combine ensuite avec de l'oxygène pour donner du $^{14}\text{CO}_2$, qui se mélange avec le $^{12}\text{CO}_2$ et le $^{13}\text{CO}_2$ dans l'atmosphère.

Grâce à la synthèse chlorophyllienne, un organisme végétal fixe le Carbone issu du CO_2 (ou gaz carbonique) de l'air ambiant. Sa cellulose contient donc des atomes de ^{12}C , ^{13}C et ^{14}C dans les mêmes proportions que celles de l'atmosphère.

A la mort du végétal, alors que les stocks de ^{12}C et ^{13}C restent constants dans la cellulose (isotopes stables), les atomes de ^{14}C disparaissent progressivement. Ces disparitions sont dues à des désintégrations, avec émission simultanée d'un rayonnement radioactif.

De cette manière, la création et la disparition du ^{14}C s'équilibrent dans la biosphère.

LA MESURE DE L'AGE

La détermination de l'âge d'un échantillon se fait au laboratoire par la mesure indirecte du rayonnement radioactif émis par l'échantillon. Plus ce rayonnement est important, plus la proportion de ^{14}C est grande, et donc plus l'échantillon est « jeune » (dans le cas d'un arbre, sa mort remonte à peu de temps).

En pratique, à partir de l'échantillon préalablement nettoyé, des manipulations chimiques conduisent à la synthèse de benzène (C_6H_6) dont les proportions en ^{12}C , ^{13}C et ^{14}C sont identiques à l'échantillon de

départ. A ce benzène est rajouté un cocktail scintillant qui a la propriété de transformer le rayonnement radioactif en émission de lumière, mesurée dans un compteur à scintillation liquide.

On en déduit le pourcentage $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ qui reste dans l'échantillon. Connaissant la vitesse de dégradation du ^{14}C et le taux $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ initial, on peut calculer le temps écoulé depuis la mort de l'organisme.

Deux principaux types de dates sont calculés :

- l'âge ^{14}C conventionnel ;
- la date ^{14}C calibrée.

L'AGE ^{14}C CONVENTIONNEL

C'est le résultat de la mesure du taux $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ de l'échantillon. Cet âge est exprimé en années « BP » (Before Present, le présent étant par convention l'année 1950 de notre ère).

Le calcul de l'incertitude permet de déterminer la précision de la mesure. Par convention, l'incertitude sur l'âge ^{14}C conventionnel est donnée avec un degré de confiance de 1 sigma (68,3 % de probabilité). Par exemple, pour un âge ^{14}C conventionnel de 3000 ± 100 BP, il y a 68,3 % de probabilité pour que la date se trouve dans l'intervalle 2900-3100.

A la différence de l'âge ^{14}C brut, l'âge ^{14}C conventionnel prend en compte les phénomènes de fractionnement isotopique. En effet, l'assimilation du Carbone par les organismes vivants a pour conséquence d'enrichir ou d'appauvrir un isotope du Carbone par rapport aux autres. Sachant que le taux de ^{13}C varie dans les mêmes proportions que le taux de ^{14}C , la mesure de ce dernier est possible en calculant le rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ par spectrométrie de masse : c'est le $\delta^{13}\text{C}$, exprimé par rapport à un standard international.

Pour la majorité des organismes végétaux croissant sous les latitudes moyennes, la mesure du $\delta^{13}\text{C}$ peut être négligée et une valeur moyenne de -25 ‰ est appliquée. Dans ce cas, l'âge ^{14}C brut est égal à l'âge ^{14}C conventionnel.

Par contre, cette mesure est indispensable pour certains organismes végétaux croissant sous des basses latitudes, pour tous les organismes animaux, et pour les coquillages, la « craie lacustre », les mortiers de chaux, ... La correction peut en effet parfois atteindre 400 ans.

LA DATE ^{14}C CALIBREE

Jusqu'à il y a environ 30 ans, le calcul de l'âge d'un échantillon daté par le radiocarbone consistait à soustraire 1950 ans à l'âge ^{14}C conventionnel afin d'estimer son âge réel.

La datation par le ^{14}C d'échantillons dont l'âge était précisément connu (notamment grâce à la dendrochronologie) a montré des différences, variables selon les époques, entre l'âge ^{14}C conventionnel et l'âge vrai. Ainsi, pour un âge ^{14}C conventionnel de 6 000 BP, ce n'est pas un âge d'environ 4 050 avant J.-C. qui est trouvé, mais un âge d'environ 4 800 avant J.-C. La production de ^{14}C n'a donc pas été constante dans le temps.

Afin de pallier à ces différences, plusieurs laboratoires ont établi une « courbe de calibration » qui permet de corriger ces fluctuations. Pour ce faire, des tranches de bois (de 10 à 20 cernes) d'âge précisément connu grâce à la dendrochronologie font l'objet de datations par le radiocarbone. On obtient ainsi une courbe présentant en abscisse les dates ^{14}C « calibrées » et en ordonnée les âges ^{14}C conventionnels.

Les corrections à l'aide de cette courbe sont possibles jusqu'à environ 10 000 BP (\approx 9 440 avant J.-C.). Au-delà de cette période, des datations croisées ^{14}C et Uranium/Thorium sur des coraux de l'île de la Barbade permettent de calibrer des âges ^{14}C conventionnels jusqu'à 18 400 BP (\approx 20 000 avant J.-C.), avec toutefois une incertitude beaucoup plus grande.

Nous utilisons le programme CALIB Rev 3.0 conçu par Stuiver et Reimer, Université de Washington.

Les dates ^{14}C calibrées sont exprimées sous la forme d'un intervalle entre deux dates, avec un degré de confiance de 2 sigmas (95,4 % de probabilité pour que la date se trouve dans l'intervalle proposé). Elles sont exprimées en « cal BC » (Before Christ, c'est-à-dire avant J.-C.) ou en « cal AD » (Anno Domini, c'est à dire après J.-C.).

Les irrégularités de la courbe de calibration font que la courbe de densité de probabilité de la date calibrée présente un aspect chaotique, qui privilégie certaines zones à forte densité de probabilité. Ces zones sont le plus souvent précisées dans les rapports, mais doivent être utilisées comme hypothèses de travail.

ANNEXE N° 5
CONTEXTE SEDIMENTOLOGIQUE DU SECTEUR

MAX GUY

En Septembre 1988, le creusement d'un étang artificiel a donné lieu à la découverte de trois niveaux de vestiges antiques (Chantier LAVOYE); puis à 200 m au sud/ouest, en Juin 1997, des fragments d'épave ont été dégagés par l'entreprise SANOU sur le trajet de l'ancien canal antichar creusé en 1944 par l'armée allemande. Les coupes de terrain de ces deux gisements ont pu être observées à ces occasions.

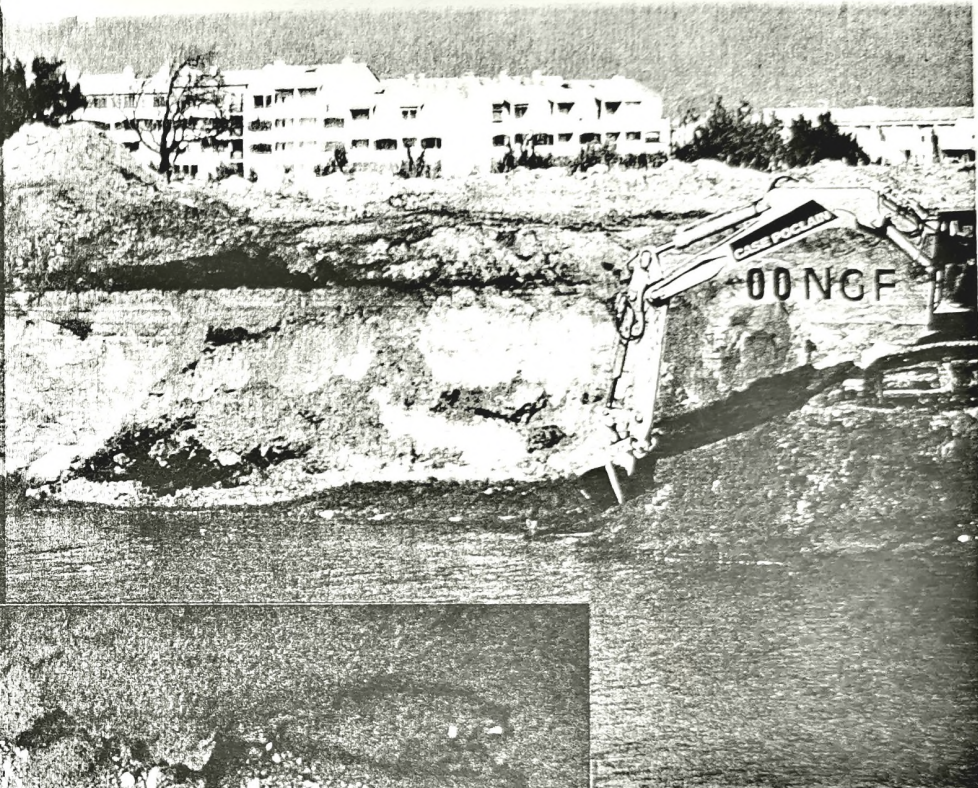
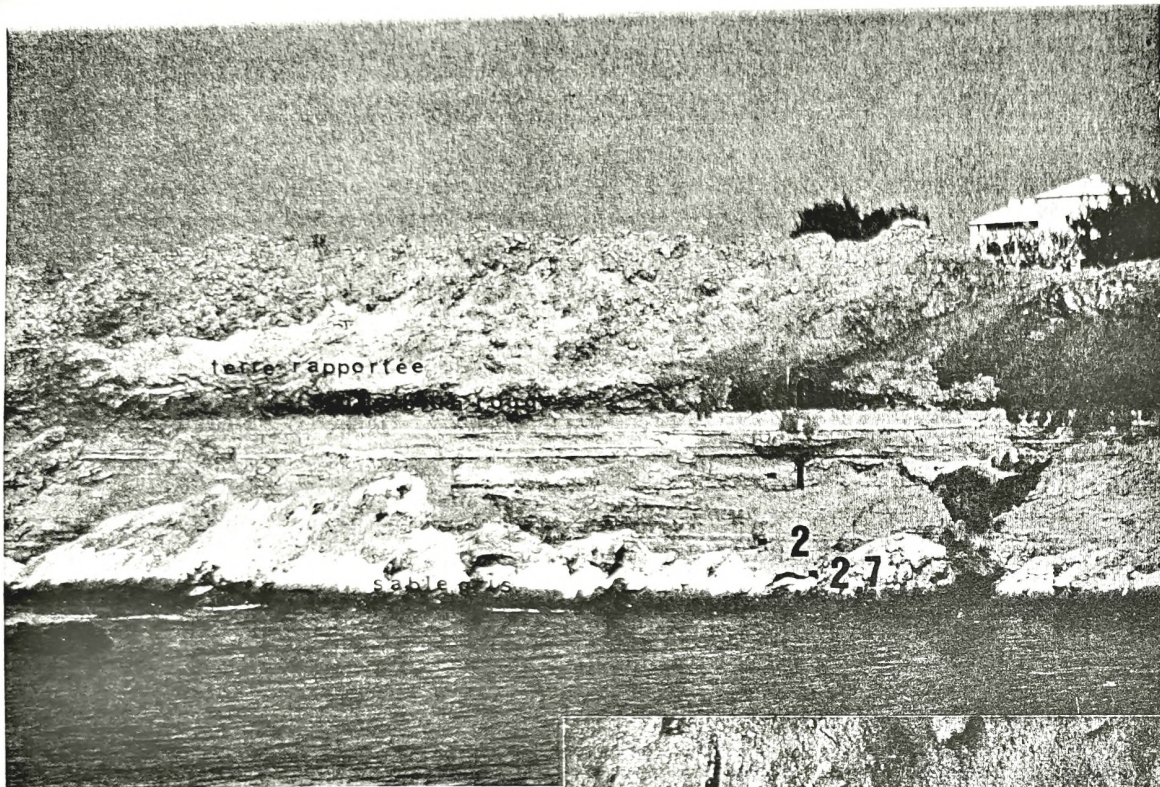
Dans le premier chantier (pl. 24), le nivellement fourni par le géomètre de l'entreprise permet de noter que :

- la base des argiles brun rouge d'étang temporaire est au niveau du « Zéro NGF »;
- le niveau d'argile gris foncé, très chargé en coquilles de lamellibranches marins (grosses Mactres et Acanthocardia principalement) qui est juste au niveau des amphores italiques marquant le gisement le plus ancien est situé à -5,40 m;
- une autre couche d'argile plastique grise avec des charbons, des débris de bois, des galets et des tessons d'amphores dispersés, remarquable par son extension continue, est à -3,5/-3,7 m;
- entre les deux on a remarqué un autre niveau de coquilles et de débris vers -4,5 m.
- Il semble que le site des monnaies soit franchement au dessus de ces niveaux gris, dans les sables de couleur claire qui succèdent au dessus de -2,7 m.

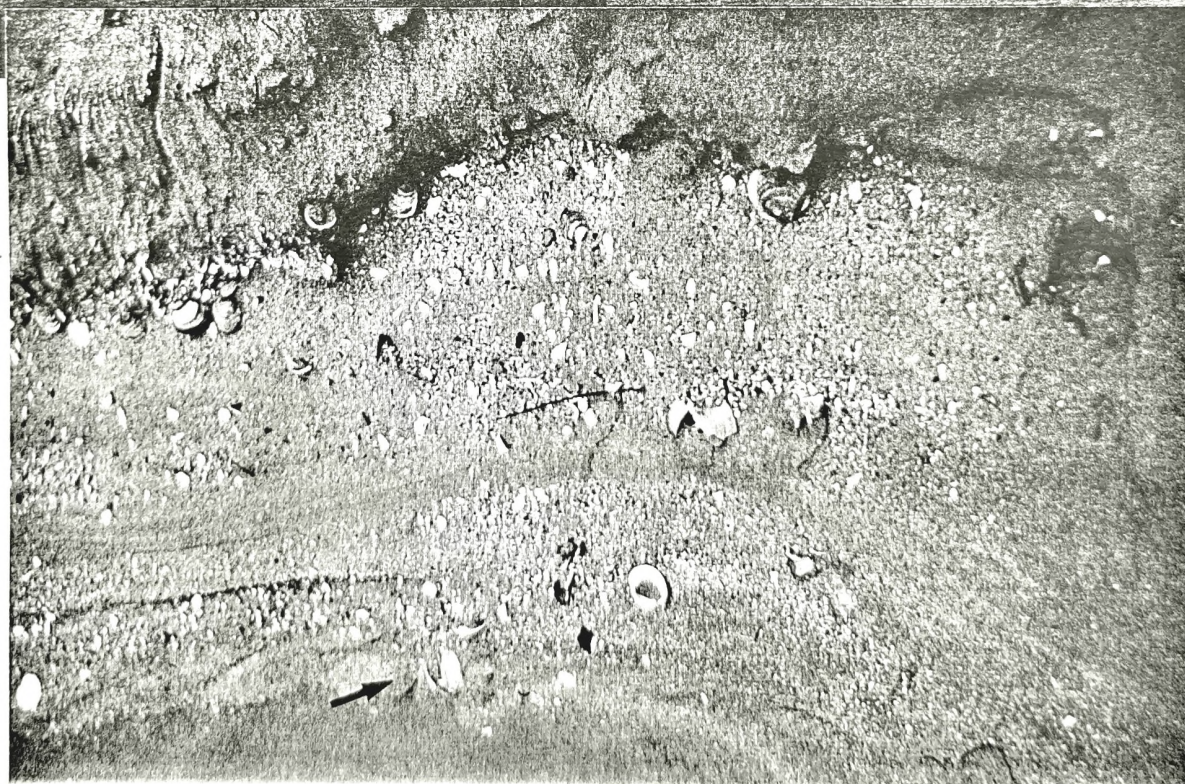
En résumé, une phase moderne d'étang temporaire de + 0,8 m à zéro succède à une accumulation de sable du cordon littoral (0 à -1,7) et pré littoral (-1,7 à -2,7), sable clair à lits de débris de coquilles, avec zones de stratifications obliques. Au dessous (-2,7 à -5,4 ?) des sables gris du fond pré littoral montrent au moins deux « catastrophes » sous forme de très abondants apports vaseux et détritiques entraînant la mort de grandes quantités de coquilles, mais aussi sans doute antérieurement leur prolifération.

Les vestiges datent le niveau le plus ancien (-5,4) de la fin du second siècle avant J.C. ou du début du 1er siècle av. J.C.. Peut-on voir une liaison entre ~~des~~ naufrages et la prolifération de mollusques? Peut-on lier les arrivées massives d'argile aux défrichements de la conquête romaine ou à la baisse du niveau de la mer entraînant la rupture du cordon littoral? Il reste que la coïncidence, puis le retour à une sédimentation « normale » au dessus de -2,7 interrogent. c/

Faute de nivellement précis, on a adopté pour le chantier des Estagnols le niveau « zéro NGF » au bas de la couche d'argile rouge d'étang temporaire dans laquelle est creusé le canal antichar. La stratigraphie est identique au dessus de -2,5/-2,8 = limite supérieure des sables gris. On voit nettement entre -3 m et -3,3 m une couche de tourbe (apparemment d'algues?), au dessous de laquelle des Mactres sont restées en position de vie. A ce niveau des tessons d'amphores et un tesson de céramique romaine à pâte beige (1ère moitié du 1er siècle av. J.C.) se voient du côté oriental de l'étang. Le conducteur de la pelle me signale un autre niveau de coquilles un mètre au dessous. On aurait donc la même coupe, exactement, que précédemment.



sable
gris
- 3,30 →



argile
grise

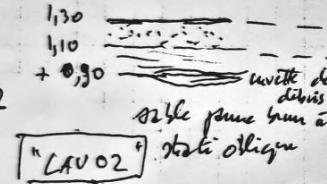
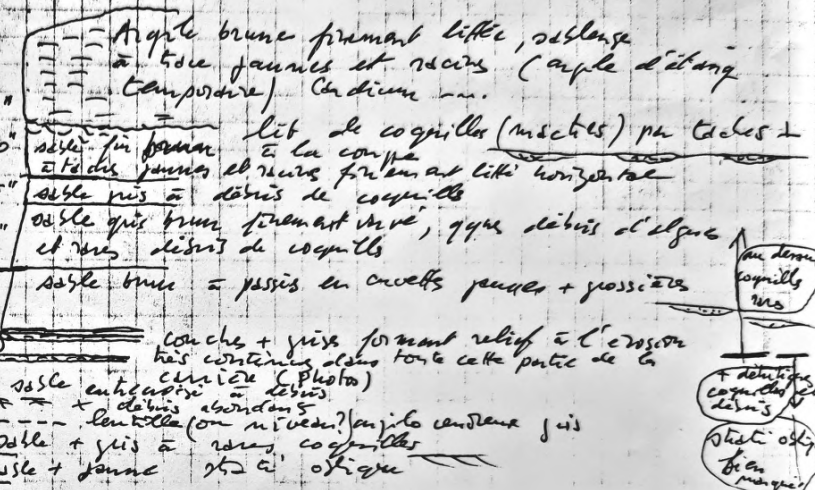
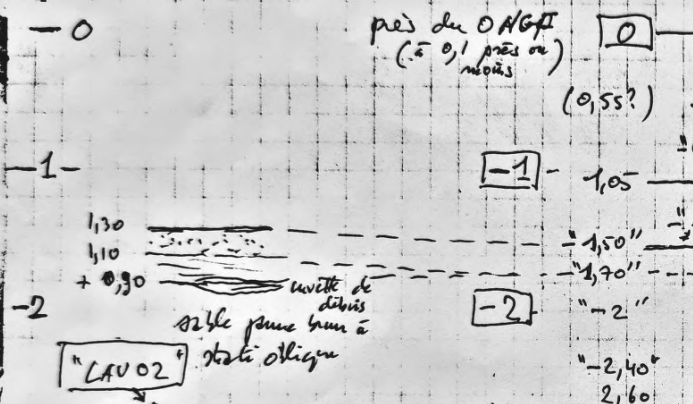
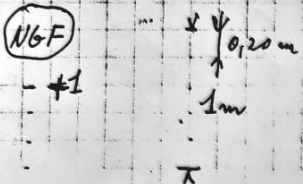


puce de la capitale

N
 O
 Les zones à connaître
 la partie maritime
 de la commune -
 les débris de
 munitions de 1914-18 +
 qu'on a en pots de verre

COUPES SUR LE FLANC SE DU BASSIN
(L'ANTIER LAVOYE A ADAT LA NOUVELLE)

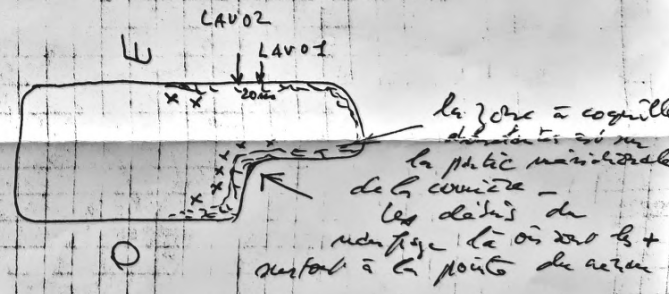
Echantillons "LAVOZ" - coté "0"



couche à débris de coquilles, bois, algues, charbons, sable variant, argile, lignite gris

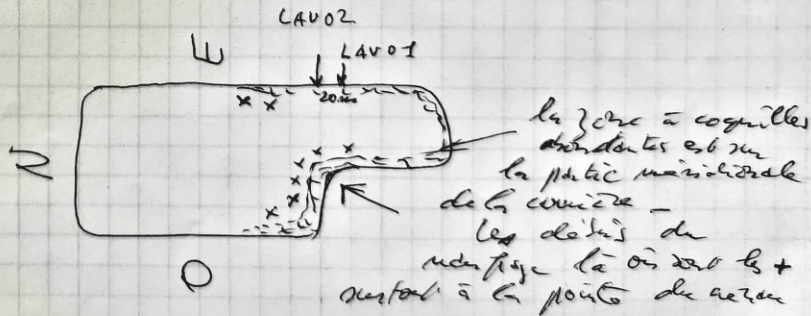
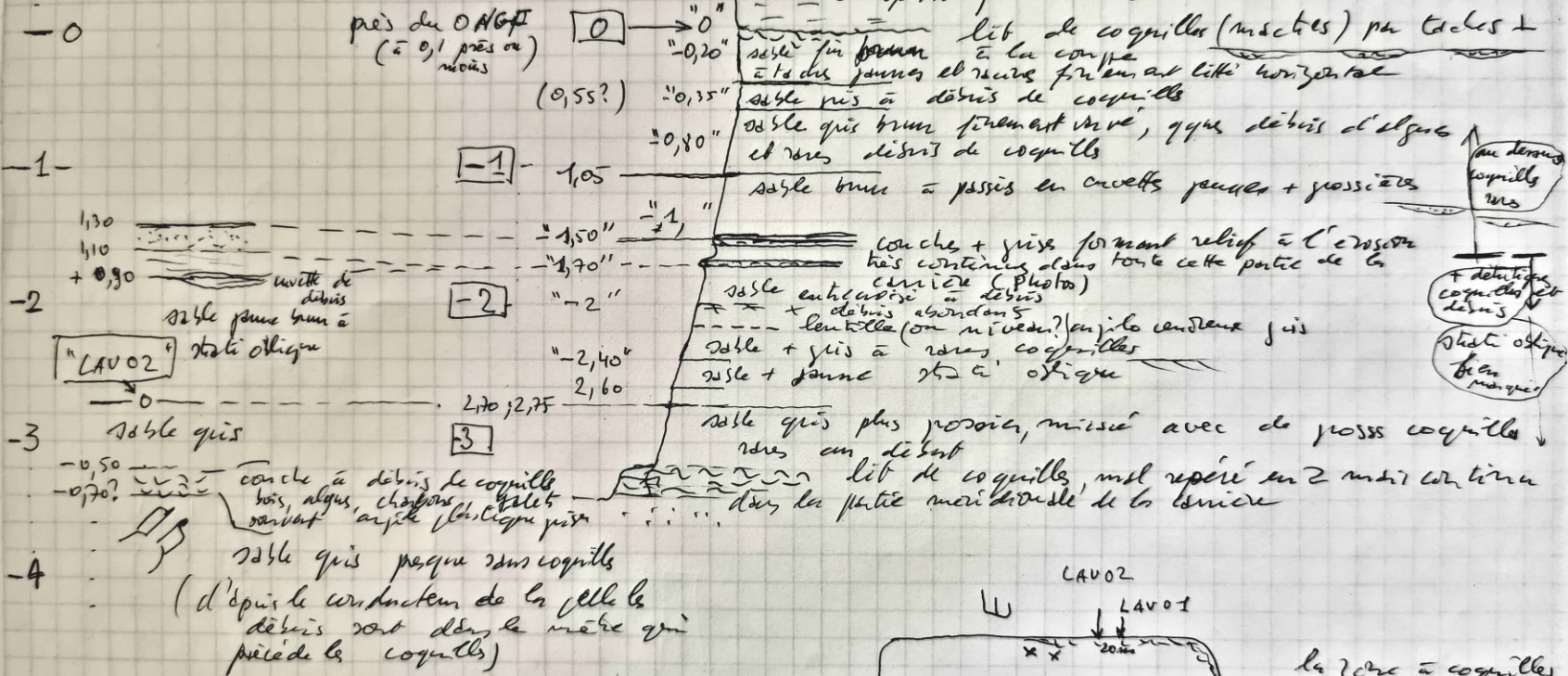
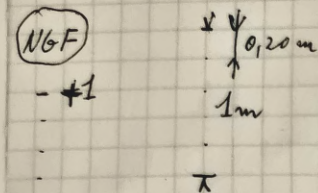
sable gris presque sans coquilles

(d'après le conducteur de la pelle les débris sont dans le même que pile de la coquilles)



COUPES SUR LE FLANC SE DU BASSIN
(CHANTIER LAVOYE A CÔTÉ LA NOUVELLE)

Echantillons "LAVOYE" - cote/0"



CHANTIER LAVOYE
Sept. 1988

Sable
gris

vous -3,30 ---

argile
grise









Port-la-Nouvelle



Gymn.
St. Pomp.

Coll.

le Fort

les Estagnols

la Plage

La Côte Verte

Le Cap du Roc

Blöckh

CAP DE ROC