

La recherche sur l'archéologie maritime et les espaces portuaires dans l'Antiquité en est encore à ses débuts sur la façade maritime de l'Arc atlantique, alors que, autour de la Méditerranée, des années d'expérience ont nourri sur ce sujet une recherche dynamique qui a elle-même produit des résultats de grande importance. Des études de cas, conduites en contexte fluvial ou estuarien dans le Sud de l'Espagne, du bas Guadalquivir au détroit de Gibraltar, le long de la côte portugaise et, en France, à Bordeaux (au bord de la Garonne), à Rezé et Aizier (respectivement associés aux estuaires de la Loire et de la Seine), près de l'estuaire de la Gironde et sur la côte picto-santonne, montrent toute l'originalité des programmes engagés. On y met en avant les spécificités du contexte atlantique et les questions méthodologiques qui se rapportent à l'étude des relations Homme-milieu à l'époque antique, autour des estuaires de l'Ouest de l'Europe.



Éditions de la Fédération Aquitania
Supplément 18



ISBN 2-910763-19-6
20 €

Couverture • Joseph Vernet, Première vue du port de Bordeaux :
prise du côté des Salinières, 1758, Huile sur toile (Wikipedia).



Les structures portuaires de l'Arc atlantique dans l'Antiquité

Suppl. 18

LES STRUCTURES PORTUAIRES DE L'ARC ATLANTIQUE DANS L'ANTIQUITÉ

édité par
Laurent Hugot & Laurence Tranoy



Les structures portuaires de l'Arc atlantique dans l'Antiquité

Les structures portuaires de l'Arc atlantique dans l'Antiquité : bilan et perspectives de recherche

Journée d'études, Université de la Rochelle
24 janvier 2008

édités par
Laurent Hugot et Laurence Tranoy

*avec le concours du Ministère de la Culture,
Service Régional de l'Archéologie de la Région Poitou-Charentes*

Aquitania
Supplément 18
– Bordeaux –

Fédération Aquitania
Maison de l'Archéologie
8, Esplanade des Antilles
F - 33607 Pessac cedex
Tél. 33 (0)5 57 12 46 51 - Fax 33 (0)5 57 12 45 59
aquitania@u-bordeaux3.fr <http://aquitania.u-bordeaux3.fr>

Directeur de la Publication : Alain Bouet
Secrétaire des Publications : Stéphanie Vincent
Graphisme de couverture : Stéphanie Vincent
© AQUITANIA 2010
ISBN : 2-910763-19-6

Novembre 2010

Sommaire

AUTEURS	7	
PRÉFACE, <i>par Jean-Pierre Bost</i>	9	
INTRODUCTION, <i>par Laurent Hugot et Laurence Tranoy</i>	11	
C. ALONSO, L. MÉNANTEAU		
Les ports antiques de la côte atlantique de l'Andalousie, du bas Guadalquivir au détroit de Gibraltar. Problématique et étude de cas (<i>Baelo</i> , <i>Tarifa</i>).....	13	
M. L. PINHEIRO BLOT, AVEC LA COLLABORATION D'A. KERMORVANT		
Ports et points d'abordage au Portugal. Les options portuaires dans un paysage nautique en évolution	39	
R. ARTHUIS, D. GUITTON, M. MONTEIL, J. MOUCHARD, O. DE PERETTI		
Archéologie portuaire estuarienne entre Loire et Seine : principaux résultats et questions d'ordre méthodologique. L'exemple des sites antiques d'Aizier (Eure) et de Rezé (Loire-Atlantique).....	61	
FR. GERBER		
<i>Burdigala</i> , port d'estey, port de Garonne.....	83	
V. MATHÉ, M. DRUEZ, M.-P. JÉZÉGOU, C. SANCHEZ		
Recherches géophysiques de structures portuaires : application aux sites du Fâ (Charente-Maritime), de Brion (Gironde) et de Mandirac (Aude)	95	
FR. TASSAUX		
Potentialités portuaires antiques d'entre Sèvre et Gironde : notes complémentaires.....	105	
J. CAVERO, M. DRUEZ, H. GÜNTER-MARTIN, M.-P. JÉZÉGOU, V. MATHÉ, C. SANCHEZ, KL. STORCH		
Les ports antiques de Narbonne : approche méthodologique et premiers résultats.....	121	
CONCLUSION. ARCHÉOLOGIE ET GÉOARCHÉOLOGIE MARITIME EN MÉDITERRANÉE ET SUR L'ARC ATLANTIQUE, <i>par Antoinette Hesnard</i>		149

Auteurs

Carlos ALONSO	Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (IAPH). Consejería de Cultura, Junta de Andalucía
RÉMY ARTHUIS	Géomorphologue, INRAP, UMR 6566 CReAAH
Julien CAVERO	Cartographe, associé à l'UMR 5140, Lattes
Marion DRUEZ	Ingénieure en géophysique, ULR Valor, Université de La Rochelle, doctorante à Mayence
Frédéric GERBER	Ingénieur de Recherche, INRAP
DAVID GUITTON	Archéologue-céramologue, INRAP
Hanz GÜNTER-MARTIN	Société Abatonos
Antoinette HESNARD	Directeur de recherches, Centre Camille-Jullian, CNRS - Université de Provence
Laurent HUGOT	Maître de conférences, Université de la Rochelle, CRHIA
Marie-Pierre JÉZÉGOU	Ingénieure d'étude, DRASSM
Alain KERMORVANT	Directeur du laboratoire d'archéométrie de l'université de Tours, géophysicien
Vivien MATHÉ	Maître de conférences, Université de la Rochelle, UMR 6250 LIENSs
Loïc MÉNANTEAU	Chargé de recherches, CNRS, Laboratoire Géolittomer - UMR 6554 LETG - Université de Nantes
MARTIAL MONTEIL	Maître de conférences, Université de Nantes, UMR 6566 CReAAH
JIMMY MOUCHARD	Enseignant contractuel, Université de Nantes, UMR 6273 CRAHAM
OPHÉLIE DE PERETTI	Archéologue municipale, ville de Rezé, Loire-Atlantique
Maria Luísa PINHEIRO BLOT	Division d'Archéologie Nautique et Subaquatique, IGESPAR, Lisbonne, Portugal
Corinne SANCHEZ	Chargée de recherches, CNRS, UMR 5140, Lattes
Klaus STORCH	Société Soso
Francis TASSAUX	Professeur d'archéologie, Université de Bordeaux - Institut Ausonius
Laurence TRANOY	Maître de conférences, Université de la Rochelle, CRHIA

Archéologie portuaire estuarienne entre Loire et Seine : principaux résultats et questions d'ordre méthodologique. L'exemple des sites antiques d'Aizier (Eure) et de Rezé (Loire-Atlantique)

Rémy Arthuis, David Guitton, Martial Monteil,
Jimmy Mouchard et Ophélie de Peretti

INTRODUCTION

Les programmes de recherche engagés récemment sur les sites d'Aizier (Eure) et de Rezé (Loire-Atlantique) ont pour traits communs de s'inscrire dans des contextes semblables – estuaire de la Seine pour l'un ; estuaire de la Loire pour l'autre – et d'apporter des données nouvelles sur l'architecture et l'organisation des infrastructures portuaires antiques en milieu fluvio-maritime (fig. 1). Avec les fouilles préventives menées ces dernières années à Bordeaux (Gironde, estuaire de la Gironde), ces opérations tentent d'impulser une nouvelle dynamique à l'échelle de la façade atlantique et contribuent à combler le retard enregistré avec le Sud de la France, où il existe une véritable culture de l'archéologie portuaire antique (Morhange 2000 ; Morhange *et al.* 2005 ; Hesnard 1995 ; 2004 ; Hesnard *et al.* 1999) et des travaux en milieu humide (Leveau, éd., 1999 ; Leveau 2004 ; Daveau, dir. 2007). Dans les estuaires de l'Ouest de la France l'analyse du rapport entre hommes et fleuves à l'époque gallo-romaine et des problématiques attenantes ne s'effectue toutefois pas sans obstacles, et reste tributaire d'une adaptation de l'archéologue et de ses outils à un milieu complexe. Si la connaissance des sites fluviaux antiques demeure encore aujourd'hui

lacunaire¹, c'est parce qu'elle reste en partie freinée par une recherche hésitante, caractérisée par un tâtonnement dans l'élaboration de méthodes d'intervention. Bien que récemment abordés pour le haut Moyen Âge (site de Taillebourg²), ces aspects méthodologiques posent toujours problème. Il n'est ainsi pas anodin de retrouver cette notion de méthodologie sur près de la moitié des intitulés parmi les onze communications programmées pour la journée d'étude de La Rochelle en janvier 2008.

À ce titre, les recherches menées à Aizier et à Rezé sont révélatrices des difficultés d'intervention rencontrées sur les sites portuaires estuariens, qui se caractérisent par un milieu humide et instable, où il n'est possible ni de plonger, ni de fouiller au sec. Ce contexte particulier engendre des problèmes d'ordre méthodologique qui ont souvent trouvé des solutions différentes, d'une opération à l'autre et que ce soit en archéologie programmée ou préventive. Cela tient

1- *Méthodes d'étude d'un site fluvial du haut Moyen Âge : Taillebourg-Port d'Envaux (Charente-Maritime)*, 4^e Congrès International d'Archéologie Médiévale et Moderne. L'Europe en mouvement, Medieval Europe, 3-8 septembre 2007, INHA, Paris (Dumont, A., Mariotti, J.-F., Augé, P.-E., Augel, C., Bréjeon, B., Champagne, A., Deconinck, A., Mathé, V., Lévêque, F., Camus, A., Marie, B., Normand, E., Redien-Léré, C. et Fl. Tereygeol). Article en ligne sur le site Internet du colloque, p. 1.

2- *Ibidem.*



Fig. 1. Localisation des sites étudiés dans le contexte des cités du Haut-Empire (réal. M. Monteil).

sans doute d'une part à l'absence d'un ouvrage méthodologique de référence, qui contraint chaque opération à une nouvelle réflexion et à la mise en place d'une logistique et d'une approche propres au milieu concerné, et d'autre part à "l'absence d'une mise en réseau des archéologues du milieu humide en France" (Dietrich 2004, 28-33). La multiplication des journées d'études et des Tables rondes (Valence, 2001 : Berlanga & Ballester, éd. 2003 ; Pise 2003 ; Urteaga Artigas & Noain Maura, éd. 2006 ; Aix-en-Provence 2006³ ; Oxford 2009⁴ etc.) ainsi que le

croisement des expériences devraient toutefois aboutir à terme à la publication des acquis méthodologiques issus des opérations récentes.

AIZIER ET REZÉ : PRÉSENTATION GÉNÉRALE ET PREMIERS RÉSULTATS

Le site portuaire d'Aizier (Eure)

D'après Strabon, au 1^{er} siècle de notre ère : "La Saône et son affluent le Doubs reçoivent à leur tour les marchandises. Elles sont ensuite transportées par terre jusqu'à la Seine qui les achemine à l'océan, au pays des Lexoviens et des Calètes" (Strabon 4.1.14).

Implanté sur la rive gauche de la Seine (fig. 2), entre Rouen et Le Havre, et face à Lillebonne (*Juliobona*), chef-lieu de cité des Calètes, le site d'Aizier est pour l'heure l'un des rares espaces portuaires antiques ayant fait l'objet d'investigations

3- *Autour des ports antiques de Rome : recherches géoarchéologiques portuaires récentes. Colloque international autour du thème "Archéologie navale et infrastructures portuaires en Méditerranée antique"*, organisé par A. Hesnard et Chr. Morhange (Centre Camille Jullian, UMR 6573 du CNRS et Université de Provence), 28 avril 2006.

4- *Ports and canals of the roman world : infrastructure and trade. University of Oxford, Ioannou Centre for Classical and Byzantine Studies, The Oxford Roman Economy Project*, 9 mai 2009.

archéologiques en Haute-Normandie, avec Rouen (Lequoy & Guillot 2004) et Incarville (Lepert & Paez-Rezende 2005). Il est localisé dans la partie concave d'un des premiers méandres du fleuve, le long de l'ancien rivage et à l'entrée d'une crique colmatée qui sépare les villages de Vieux-Port et d'Aizier (fig. 3). Ces deux communes, installées en bout de cône de déjection sur des basses terrasses, ont longtemps été en proie aux débordements du fleuve avant sa canalisation opérée dès le XIX^e siècle.

Mis à part trois sondages ponctuels réalisés en 1987 par le *Groupe archéologique du Val de Seine* (Mouchard 2003), l'essentiel de nos connaissances sur Aizier résulte des sondages, relevés et prospections menés entre 2004 et 2007, qui ont révélé l'existence d'un aménagement de berge antique lié à une installation portuaire et, sans doute, une agglomération proche (Mouchard 2008) (fig. 4).

En un point (zone 3), l'ensemble du secteur semble fortement structuré en pierres, sous les traits d'un aménagement de berge délimité à l'est par de grandes dalles en calcaire plus ou moins polies, érodées et orientées sud-nord, assemblées avec un blocage de silex et de craie (fig. 5). À l'ouest de ce vaste aménagement (parement et blocage), qui prend les allures d'un mur de terrasse arasé, apparaît un niveau compacté de petits silex et de morceaux de craie, qui semble présenter les caractéristiques d'un niveau de circulation (voie antique ?). Enfin, à noter qu'en façade de cette terrasse aménagée (côté Seine), un aménagement monumental, de type quai, au moins bâti sur deux assises de blocs en calcaire équarris a été mis au jour lors d'un dernier sondage à la pelle mécanique effectué en fin de campagne, en 2006. Les effets de sape et l'effondrement des parois n'ont cependant pas permis de descendre au fond du sondage (fig. 6). Le mobilier céramique associé à ces constructions monumentales les datent des II^e/III^e siècles p.C. Cet ensemble de vestiges pourrait évoquer un aménagement de terrasse couplé à un système de rampe, au nord de laquelle se situerait un aménagement frontal de type "tête de quai" qui reste à confirmer.

À ce jour, il convient également de restituer à l'ouest (zone 1, sondages 2005) un autre mur en grand appareil de blocs calcaires, encore imprécisément daté (néanmoins post-antique), mais qui ceinture, sur environ 380 m de long, la base du cône de déjection d'Aizier et dont les vestiges ont été conservés aux extrémités est et ouest, à environ 200 m du chenal de

navigation actuel (fig. 4). Large de 0,45 m et conservé sur une hauteur maximum de 1,80 m, ce mur d'aspect monumental endosse une triple fonction : celle de mur de soutènement de terrasses supérieures, celle de digue ou encore, à certains endroits, celle de quai. La similitude que présente cet aménagement dégagé dans les années 1970 avec le quai antique observé en 2006 témoigne d'une certaine tradition dans la construction portuaire à joints vifs en basse Seine.

Le site portuaire de Rezé

La commune de Rezé (Loire-Atlantique) est localisée au fond de l'estuaire de la Loire et sur la rive sud du fleuve (fig. 7), face à la ville de Nantes (*Condevincum*). À la différence d'Aizier, le site bénéficie d'une longue tradition de recherche qui a débuté dès le XIX^e siècle et fait de l'agglomération antique qui s'inscrit sous la ville actuelle l'une des mieux connues aujourd'hui dans l'Ouest de la France.

L'agglomération, dont on connaît le nom antique (*Ratiatum*), est localisée en territoire picton et en bordure de Loire (Ptolémée 2.7). Dans ce secteur, le fleuve constitue en effet, si l'on en juge par les sources écrites (Strabon 4.2.1), une frontière naturelle entre deux provinces (la Lyonnaise et l'Aquitaine) et entre deux cités (celle des Pictons et celle des Namnètes). Au même titre que le site d'Aizier, celui de Rezé s'inscrit donc à un carrefour de voies terrestres et à un point de rupture de charge des navigations fluviale et maritime, situation évidemment propice à une installation portuaire.

À son apogée - au cours du II^e siècle p.C. -, l'agglomération antique de *Ratiatum* s'étendait avec certitude sur plus d'un km de long et environ 300 m de large. Les dernières études lui attribuent une surface de 40 à 50 ha, que l'on peut doubler en y ajoutant la périphérie sud caractérisée par des terrains pré-urbanisés, mais non lotis ou occupés par des installations artisanales (Deschamps *et al.* 1992 ; Deschamps & Pirault 1999 ; Pirault 2001 ; Pirault 2004). Elle occupe l'extrémité d'un versant de la vallée de la Loire qui descend en pente douce vers le nord et est incisé de quelques vallons occupés par des cours d'eau permanents ou intermittents (fig. 7). Une nette rupture de pente marque le contact entre le bas de versant et la plaine alluviale, la Loire circulant aujourd'hui à environ 500 m plus au nord.

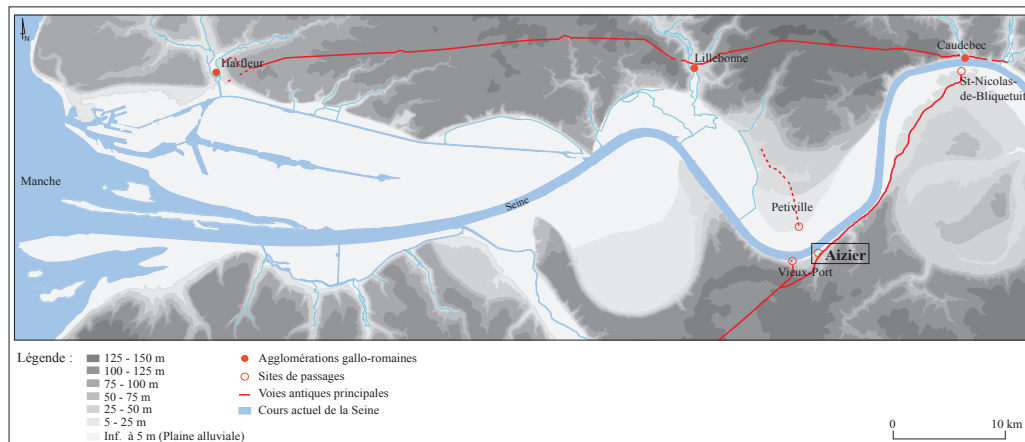


Fig. 2. Carte des agglomérations et des voies antiques dans l'estuaire de la Seine (réal. J. Mouchard).



Fig. 3. Photo-identification de la boucle Vieux-Port-Aizier (IGN, cliché aérien vertical, mission de 1947, NB, n°147).

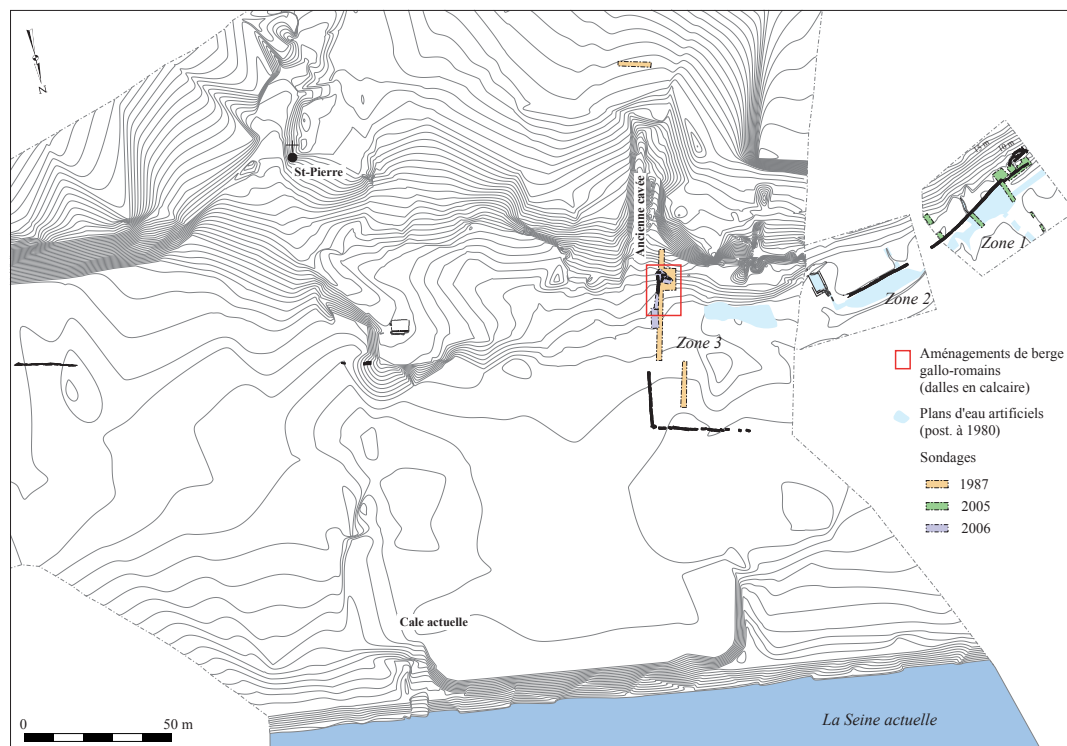


Fig. 4. Aizier, le port. Topographie, vestiges archéologiques apparents et sondages réalisés entre 1987 et 2006 (réal. J. Mouchard).



Fig. 5⇐. Aizier, le port, zone 3. L'aménagement en grandes dalles (SB3083), vue du nord (cl. J. Mouchard 2006).

Fig. 6↑. Aizier, le port, zone 3-B. Sondage 1 effectué au nord de SB3083, vue de l'est (cl. J. Mouchard 2006).

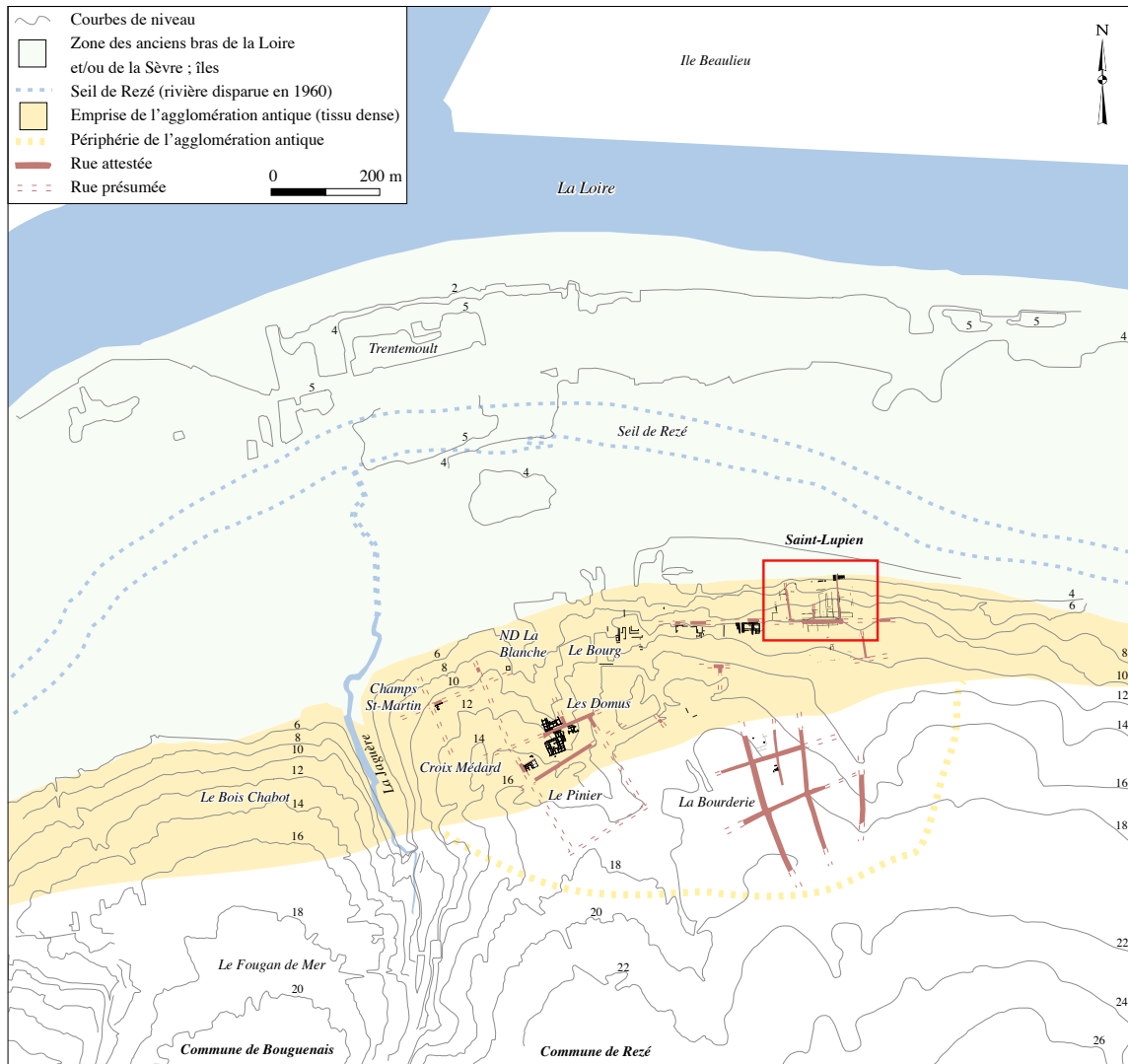


Fig. 7. Plan de l'agglomération de Rezé dans le courant du II^e s. p.C., avec la localisation du quartier Saint-Lupien (réal. L. Pirault, M. Monteil).

Le programme de recherche qui a débuté en 2005 est coordonné par les auteurs de cet article. Il est centré sur la question du lien entre le quartier dit de Saint-Lupien, situé dans l'angle nord-est de la ville antique, et la Loire (Arthuis *et al.* 2007) (fig. 8). Ce programme puise son origine dans les travaux menés entre 1992 et 2003, période durant laquelle les fouilles faites à Rezé, notamment celles dirigées par S. Deschamps puis L. Pirault, ont été en partie conduites dans une perspective géoarchéologique et

paléo-environnementale qui visait déjà à une étude du rapport entre la ville et le fleuve dans l'Antiquité. Les travaux menés avec A.-L. Cyprien, L. Ménanteau et L. Visset ont ainsi permis de restituer, avec de bonnes certitudes, le tracé d'une ancienne rive à environ 500 m au sud de l'actuelle et de reconstituer, principalement sur la base d'analyses palynologiques, une partie de la dynamique du fleuve (Cyprien 2002 ; Cyprien & Visset 2003 ; Deschamps *et al.* 1997 ; Pirault 2001 ; Pirault 2004 ; Visset 1993 ; Visset 1999).

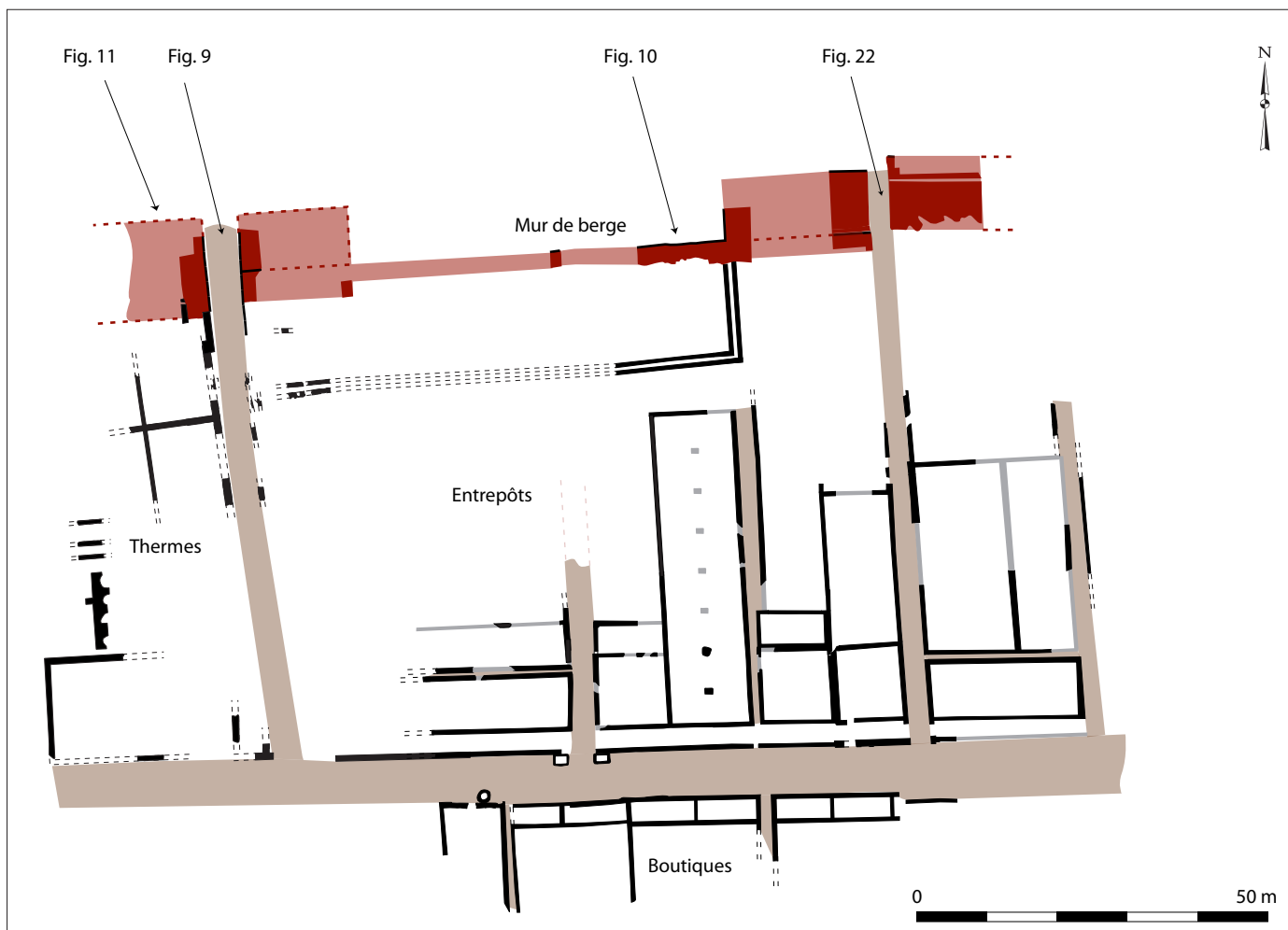


Fig. 8. Rezé - Plan d'une partie du quartier Saint-Lupien dans le courant du I^{er} s. p.C. (mise à jour : 2009 ; réal. équipe de fouille).

C'est à la limite entre le versant et la plaine alluviale, au droit d'une rupture de pente, qu'un aménagement de berge a été reconnu sur plus de 150 m de long et jusqu'à 30 m de large (fig. 8). Construit peu après le milieu du I^{er} siècle p.C., il présente un caractère monumental affirmé, marqué par un mur épais (fig. 10) qui s'élargit au contact des voies d'accès perpendiculaires au fleuve (fig. 9). En effet, de part et d'autre du débouché des rues nord-sud, deux imposantes constructions de forme

quadrangulaire ont été édifiées en débordant vers le nord par rapport à l'axe est-ouest du mur de berge (fig. 8, 9). La découverte en façade de pieux et planches assemblés (fig. 11), reliés à une armature interne constituée de poutres, permet de restituer dans ce cas une construction mixte (pierre sèche et bois), subdivisée en plusieurs caissons. Il s'agit là d'une architecture déjà observée en contexte portuaire antique (Londres : Miller *et al.* 1986 ; Bordeaux : Gerber 2004, 2006), mais qui n'est pas sans rappeler,



Fig. 9. Rezé, Saint-Lupien, zone 4-14. Rue sud-nord débouchant sur l'ancienne rive de Loire. Les bâtiments est et ouest s'installent directement sur les caissons en pierre sèche (cl. O. de Peretti).

sous certaines formes, la technique de construction d'un *murus gallicus*. On doit considérer que l'ensemble de cet aménagement linéaire joue ici un rôle de mur de terrasse, sur laquelle se développent des habitations et des activités artisanales puis, à compter de la première moitié du II^e siècle, des entrepôts. Mais il fait aussi office de limite urbaine, au contact de la vallée fluviale, peut-être de plate-forme technique au droit des rues, et enfin aussi de façade monumentale.

Au-devant de ce mur, une terrasse rocheuse naturelle suit une longue pente douce, avant de plonger brutalement, annonçant ainsi un chenal. Cette configuration topographique singulière est propice à la mise en place d'une zone d'échouage et de déchargement de marchandises, en raison de l'éloignement du chenal principal et, donc, de l'absence de courants violents. Cette zone d'atterrissage est laissée dans un premier temps à nu puis est équipée, durant la première moitié du III^e siècle d'un revêtement fait de dalles et blocs de micaschiste, véritable radier et empierrement qui s'étend, suivant une déclivité régulière, depuis la base du mur, sur plusieurs mètres de long vers le nord. Cette rampe, faisant sans guère de doute également office de cale, a connu plusieurs réfections par le biais de remblais faits de matériaux triés, qui ont pu être progressivement déposés jusque dans le courant du V^e siècle. À cette date, et même probablement dès avant, la zone d'échouage est désormais trop ensablée pour être atteinte par voie navigable.

Traits communs, différences et comparaisons

À Rezé, l'aménagement de berge emploie une quantité "pharaonique" de dalles de micaschiste (fig. 9), ressource locale exploitée à proximité. Il se présente sous la forme de grands caissons, à l'image de ceux, plus modestes, qui ont déjà été observés en contexte fluvial (Les Mureaux : Barat 1990 ; Bourges : Ferdière 1977). La hauteur de ce type d'ouvrage demeure souvent difficile à restituer, surtout sur des sites fortement érodés ou arasés. On peut néanmoins constater qu'à Besançon (Gaston 2002), la berge monumentale, proche dans sa configuration de celle de Rezé, se présentait sur une hauteur maximale conservée de 2,25 m, mais devait atteindre 4 m. Le mur de berge de Rezé, conservé en façade sur au moins 1,30 m, pouvait aussi faire quelques mètres de haut à l'origine, dans le cas d'une unique terrasse, et un peu moins dans le cas de terrasses successives en espalier.

À Aizier, on note pour l'instant une prédominance des élévations en grand appareil de blocs calcaires assemblés à joints vifs, dont on trouve des exemples comparables ailleurs en basse Seine, comme à Lillebonne ou à Rouen. Le matériau particulier employé ici s'explique vraisemblablement par l'existence, entre ces deux dernières villes, d'un massif



Fig. 10. Rezé, Saint-Lupien, zone 4-1. Vue générale du mur de terrasse (MR4010) en fin de fouille, prise du nord-ouest. En dehors du débouché des rues, un imposant aménagement de berge portuaire linéaire en pierre sèche. (cl. D. Guitton, 2006).



Fig. 11. Rezé, Saint-Lupien, zone 4-14. Pieux et planches assemblés en façade de l'aménagement de berge lors de leur découverte (cl. équipe de fouille 2010).

de calcaire susceptible de fournir une pierre à bâtir de qualité (Mouchard 2008).

On constate, il est vrai, une grande variété de matériaux et de principes architecturaux pour élever les murs et/ou parements monumentaux longitudinaux bordant le cours d'un fleuve, quelle que soit leur fonction (quai, digue, mur de terrasse) : pieux, poutres et madriers à Londres (Milne 1985, 102) et à Bordeaux (Gerber 2004 ; Gerber 2006) ; palplanches à Pommeroeul (Izarra 1993, 61) ; blocs équarris à Aizier ; enrochement à Lausanne (Tarpin *et al.* 1999, 40) ; maçonnerie soignée à Vaison-la-Romaine (Mignon 2000, 127 et 151) ; pierres sèches à Besançon (Gaston 2002), à Penaflor en Espagne (Chic 1990, 25) ; assemblage mixte de pieux, poutres et pierre sèche à Bourges (Ferdrière 1977), aux Mureaux (Barat 1990, 21-27) ainsi qu'à Rezé.

Force est de constater en revanche la monumentalité quasi systématique de ces aménagements fluviaux et fluvio-maritimes dès lors qu'ils sont situés en contexte urbain : Londres (Miller *et al.* 1986, 271 ; Milne 1985), Besançon (Gaston 2002), Bordeaux (Gerber 2004 ; 2006), Rezé (Arthuis *et al.* 2007). Dans tous les cas, les complexes portuaires et les aménagements de berge sont indubitablement rattachés à la trame urbaine et contribuent à la parure des villes. Au-delà des sites portuaires urbains parfaitement structurés, nous espérons également démontrer, au moyen du cas d'Aizier, que des sites a priori isolés, mais certainement contrôlés par une agglomération proche, pouvaient aussi présenter un aspect imposant.

Au sein de la typologie portuaire antique, le catalogue des sites longitudinaux à façade monumentale – qu'elle soit en bois, en pierre ou mixte – mis au jour sur le territoire national s'étouffe de plus en plus avec les découvertes de ces quinze dernières années. Le type d'aménagement de berge identifié à Aizier, à Rezé et dans d'autres cas correspond à trois grandes phases de travaux : rectification du terrain naturel, en profitant, de manière opportuniste, de la topographie naturelle ; mise en élévation de parements monumentaux et aménagement des parties arrière ou avant (remblais, caissons, rampe)⁵. Elles

apparaissent comme la règle élémentaire de tout établissement portuaire conçu pour durer, avec d'éventuelles modifications opérées en fonction des rythmes du fleuve (recharges sur les structures initiales ou au-devant).

Par ailleurs, la zone portuaire longitudinale semble se diviser régulièrement en trois parties bien distinctes : la zone basse où l'on trouve les navires, traduite soit par un chenal navigable et un quai (accostage), soit par une pente douce (échouage) ; la zone intermédiaire où sont déposées les marchandises (rampe, cale, etc.) ; et enfin la zone haute où l'on va les stocker (terrasses, entrepôts, etc.). Les deux types de schémas d'implantation, liés l'un à l'accostage et l'autre à l'échouage, ont été perçus dans les diverses opérations menées en contexte fluvial ; certains sites peuvent réunir les deux cas de figure, en même temps ou successivement. Incarville (Eure) a ainsi connu une zone d'atterrissage initiale à laquelle succède, dans le courant du II^e siècle, un petit quai long de 20 m (Lepert & Paez-Rezende 2005).

Bien que pour le moment partielles, ces données éparses sur l'anthropisation fluviale gallo-romaine – à travers le cas des aménagements portuaires – éclairent et précisent le rapport de force s'opérant entre les variations fluvio-maritimes, qu'il s'agisse de grands cours d'eaux ou de petits affluents, et les solutions techniques apportées par les sociétés passées.

Des sites éloignés des chenaux actuels des fleuves

La nouvelle configuration de l'estuaire de la Seine résulte principalement des travaux d'endiguement qui ont eu lieu depuis 1846 et jusque vers 1980 et, surtout, d'un approfondissement du chenal. En passant ainsi d'une navigation latérale (à multiples chenaux) à une navigation centrale (canalisation), la géographie portuaire estuarienne s'est trouvée totalement bouleversée et modifiée. Les crues et débordements du fleuve ont en effet accéléré le colmatage et l'envasement des espaces situés entre la base des versants et les digues des XIX^e et XX^e siècles. Ces nouveaux terrains, gagnés sur le lit majeur, ont ainsi piégé, à l'exemple d'Aizier, la quasi-totalité des sites portuaires anciens, mais sont encore très instables et

5- En 1993, lors d'une opération préventive menée à Rouen, rue Jeanne d'Arc, une série de petites terrasses maintenues par des structures de bois verticales, fonctionnant certainement avec des

éléments horizontaux en élévation, a été mise au jour (Lequoy & Guillot 2004, 77-78).

dangereux pour la pratique d'une reconnaissance au sol.

De même, entre son débouché dans l'océan Atlantique et la ville de Nantes, le cours de la Loire a évolué au fil des siècles. La dynamique fluvio-maritime, caractérisée par des colmatages d'étiérs et par des processus d'envasement, et encore accélérée par les travaux d'endiguement, de remblaiement et de curage, a ainsi entraîné des déplacements longitudinaux des ports d'amont en aval (ou l'inverse) mais aussi transversaux. Certains de ces ports ont été entièrement colmatés (ports fossiles), tandis que d'autres sont encore perceptibles sous la forme d'aménagements situés à distance des rives actuelles (ports-reliques) (Arteaga & Ménanteau 2004 ; Ménanteau & Gallicé coord. 2004 ; Mouchard & Ménanteau 2004).

À Rezé même, les aménagements portuaires antiques du quartier Saint-Lupien paraissent avoir disparu du paysage entre le III^e et le V^e siècle p.C. La terrasse rocheuse en pente douce, qui constituait un atout pour la mise en place d'une zone d'échouage, a en effet eu comme effet pervers de faciliter le dépôt d'épaisses alluvions majoritairement sableuses, dès lors que la charge transportée par le fleuve a augmenté (progradation sableuse). Le phénomène paraît avoir été assez rapide (environ 200 à 250 ans ?) et, à terme, a engendré la mise en place de prairies humides traversées par des boires⁶, à l'exemple du paysage qui était encore perceptible avant les grands aménagements des années 1960 (Départementale 723 ou route de Pornic ; zone industrielle et commerciale). Le contexte actuel dans lequel s'insèrent les aménagements de berge est d'ailleurs toujours caractérisé aujourd'hui par une prairie régulièrement inondée

CONDITIONS D'INTERVENTIONS ET SOLUTIONS EXPÉRIMENTÉES

Dans la lignée du développement d'une méthodologie de fouille adaptée à l'étude des zones d'interface terre/fleuve, mise en place dans des contextes préventifs comme par exemple à Bordeaux

6- Anciens bras secondaires de la Loire à l'écart des courants actifs et en marge du lit mineur.

(Gerber *et al.* 2006), les opérations engagées à Aizier et à Rezé apportent quelques compléments dans le choix de la stratégie à adopter en fouille programmée et, plus largement, des méthodes de recherche.

De la nécessité de l'interdisciplinarité

Aussi évident que cela puisse paraître, il paraît utile de rappeler ici que la réussite de programmes de recherche consacrés à l'examen des relations entre dynamiques fluviales et dynamiques portuaires ou plus largement territoriales repose avant tout sur la pratique de l'interdisciplinarité⁷. C'est-à-dire un mode de fonctionnement où les sciences naturalistes et les sciences humaines apportent leurs savoirs et leurs méthodes dans le cadre d'un dialogue permanent autour d'un objet commun de recherche (Wattez & Jallot 2001).

Dans le cas des fleuves ou du littoral, cet indispensable décloisonnement des disciplines a été mis en œuvre de longue date dans le Sud de la France, notamment autour du Rhône et de son delta (Leveau, éd. 1999 ; 2004) ou encore du Lez (Daveau, dir. 2007 ; Daveau & Jorda 2008), mais apparaît plus récent sur la façade atlantique, et même très récent dans le cas des estuaires de la Loire et de la Seine.

Le cas de Rezé est ici emblématique en ce que le programme de recherche a été d'emblée orienté dans ce sens, avec une coordination par quatre archéologues et un géomorphologue, auxquels se sont progressivement agrégés des spécialistes des sciences de la nature et de la terre. Dans l'estuaire de la Seine (Aizier), la même mécanique est en train de se mettre en place avec des prélèvements sédimentaires (D. Sébag et S. Séchi, Université de Rouen) et une étude géomorphologique qui devrait débiter en 2009 (S. Séchi, doctorante, Université de Rouen).

7- La prise de conscience de l'intérêt du patrimoine fluvial et l'émergence progressive d'un vaste champ scientifique interdisciplinaire lors des trente dernières années (depuis 1980 avec la création du Centre National de la Recherche Archéologique Subaquatique), par la mise en places régulières de journées d'études et autres Tables rondes, ont été récemment développés par Virginie Serna (Serna 2008, 53).

Photo- et carto-interprétation, étude géomorphologique et prospection géophysique : des approches non destructrices

- La photo- et carto-interprétation

La photo-interprétation, fondée sur l'examen de missions aériennes ou d'images satellitaires, a permis de reconnaître avec exactitude, à Aizier comme à Rezé, le contact entre les bas de versant et la plaine alluviale. Ce dernier se présente sous la forme d'une nette rupture de pente qui, comme l'ont montré les fouilles, a été logiquement utilisée pour y appuyer les aménagements de berge. L'utilisation des cartes anciennes est restée limitée à celles des époques moderne et contemporaine qui sont les plus précises et donc susceptibles d'être géoréférencées. Elle a permis de retracer l'évolution des estuaires de la Loire et de la Seine depuis le XVIII^e siècle. L'intérêt est ici de mesurer la rapidité des modifications subies par ces deux estuaires, à la suite des opérations de dragage, de mise en place de digues ou encore de remblaiement de bras. Au débouché, ces deux méthodes ne renseignent toutefois guère sur la forme des estuaires ou sur l'emplacement des îles dans l'Antiquité.

- L'étude géomorphologique

C'est dans le cadre du PCR "Des Ponts-de-Cé à l'Estuaire : interactions homme/milieu de la Loire et de ses marges", coordonné depuis 2006 par Anne de Saulce (SRA des Pays de la Loire) et auquel émerge le programme de fouille de Rezé, que Rémy Arthuis a développé une approche géomorphologique globale de l'estuaire au droit des villes de Nantes et de Rezé. Il s'est fondé pour cela sur la réunion des résultats de près de 1000 sondages géotechniques, pour partie numérisés et enregistrés dans la base Info-Terre du BRGM. Les données ainsi acquises ont permis de restituer l'évolution des principaux corps sédimentaires identifiés au sein du lit majeur de la Loire, entre -24 m et 0 m NGF.

Il est ainsi possible de suivre l'évolution du fleuve entre la fin du Würm et l'âge du Bronze et de mesurer l'impact des apports latéraux ou encore des effets de la remontée du niveau marin. D'utiles jalons chronologiques ont été apportés ici par quelques datations radiocarbone extraites des études

palynologiques réalisées antérieurement par Lionel Visset (*Visset et al.* 2001). Au terme de cette analyse, il convient toutefois de souligner que les périodes les plus récentes (âge du Fer et postérieures) restent encore mal renseignées, dans la mesure où se conjuguent dès lors, et davantage qu'auparavant, évolution naturelle et impact des aménagements anthropiques, tandis que les éléments de datation objectifs se raréfient.

La réflexion s'est également orientée sur le problème délicat de l'influence des marées et sur la hauteur des marnages, dont la maîtrise est évidemment indispensable pour les questions portuaires. Ce problème est exacerbé lorsque l'influence continentale est de plus en plus prégnante, suite notamment au ralentissement de la remontée du niveau marin, qui ne permet plus, par le seul bilan sédimentaire, de distinguer dans l'estuaire de la Loire des phases à caractère maritime (Arthuis & Nauleau 2007). Pour déterminer l'hydrologie du fleuve, pour connaître l'amplitude de l'onde de marée durant l'Antiquité et en mesurer l'impact sur les activités portuaires, ou bien, pour situer la rupture de charge entre transport maritime et fluvial, il est devenu nécessaire de recourir à une étude poussée des alluvions ligériennes par l'analyse de plusieurs marqueurs environnementaux (foraminifères, coquillages, pollens, bois, ¹⁴C). Il s'agit, en somme, de corréler des informations environnementales et archéologiques pour déterminer les milieux naturels ou artificiels dans lesquels sédimentent les alluvions, et ce afin d'élucider le fonctionnement hydrologique de l'estuaire.

- La prospection géophysique

Le recours à la prospection géophysique suppose évidemment des espaces ouverts ou faiblement bâtis. À Aizier, l'essentiel des aménagements de berge se trouve ainsi dans des espaces inondables et non bâtis. À Rezé, la mise en place d'une réserve archéologique, après rachat des terrains par la municipalité dans les années 1980, a stoppé l'urbanisation du secteur désormais occupé par des prairies inondables et par les vestiges mis en valeur d'une partie des entrepôts.

Dans les deux cas, les prospections ont été réalisées en collaboration avec Loïc Ménanteau (Chargé de recherche au CNRS, UMR 6554, Laboratoire Géolittomer, Nantes). La prise de mesures de résistivité électrique a été effectuée à l'aide d'un résistivimètre

portatif polonais (ADR-97)⁸, relié à un dispositif de détection quadripolaire de type Wenner (Ménanteau *et al.* 1983). La résistivité est mesurée au moyen de quatre électrodes, dont deux génèrent un champ électrique tandis que les deux autres mesurent la réponse du sous-sol. Elle permet de cartographier des surfaces assez importantes en prenant des mesures tous les mètres, sur une profondeur variant entre 1 et 2 m. Dans un premier temps, il a fallu procéder à une multitude d'essais électriques de manière à étalonner les paramètres correspondants à un milieu très humide, avec des difficultés identiques à celles rencontrées sur une plage (Ménanteau *et al.* 1983).

Les résultats ont été dans les deux cas convaincants, car ils ont permis reconnaître une partie du tracé des aménagements de berge après, toutefois, des étapes de réglage assez longues. À Rezé, il a en effet fallu s'affranchir des leurres (bandes de gneiss intercalées à du micaschiste) ou encore des profondeurs différentes des vestiges entre une partie haute de la pente occupée par le site (vestiges à 0,20 m de profondeur) et le bas de pente (vestiges à 1,50/2 m de profondeur)⁹. À Aizier (fig. 12), la nature du terrain (sol gorgé d'eau, malléable et spongieux) a longtemps été un véritable frein à la prospection (faible résistivité apparente). Sur ce site, trois prospections furent menées et 429 mesures ont été prises sur des secteurs proches d'alignements de blocs en calcaire de datation indéterminée (fig. 13). La troisième surface prospectée, soit une zone de 8 x 6 m (fig. 14), testée à deux reprises avec une injection à 2 m puis à 1 m de profondeur, a permis de constater assez nettement de forts contrastes, malgré l'humidité environnante. On remarque que les fortes valeurs (sup. à 0,025 ohm.m sur le plan) dessinent deux formes géométriques longitudinales et parallèles, orientées est-ouest. Le prolongement de l'alignement de pierres n°2 est suggéré par une première répartition linéaire des fortes valeurs de



Fig. 12. Aizier, le port, zone 1. Prospection électrique (cl. J. Mouchard, 2004).

résistivité, sur au moins 3 m de long. La seconde, la plus imposante anomalie de forme rectiligne, semble prolonger l'alignement n°3, sur au moins 7 m de long pour environ 2 m de large (fig. 14). Il s'agit de la zone prospectée la plus instructive, puisque les résultats obtenus semblent indiquer une éventuelle poursuite de ces alignements du côté ouest sur la quasi-totalité du carroyage prospecté. Cette image de la résistivité apparente du sous-sol de la zone 1 a été confirmée par les sondages de 2005.

Les sondages carottés

À Rezé, les ouvertures extensives ou bien sous la forme de tranchées ont rapidement montré leurs limites dès lors que la profondeur atteinte et l'instabilité des parois compromettaient la sécurité (cf. infra, 3.4.). Il était pourtant nécessaire de disposer d'une coupe géologique précise des alluvions reconnues au-devant des aménagements de berge.

La mise en œuvre de sondages carottés s'est donc naturellement imposée. Dans un premier temps, pour des raisons d'économie, les forages ont été réalisés en ligne avec un carottier à percussion et à moteur thermique du laboratoire Géolittomer (UMR 6554, Nantes) (fig. 15). Pour gagner en profondeur, ces

8- Ce résistivimètre a été mis au point par la société ELMES, Varsovie, avec la collaboration du Département de géophysique de l'Instytut Archeologii i Etnologii, Polska Akademia Nauk (PAN) / Institut d'Archéologie de l'Académie des Sciences de Pologne (PAN).

9- Dans les cas où le tissu urbain est dense, une autre méthode a été employée avec succès, à Tours notamment (Indre-et-Loire), et consiste en l'utilisation d'un pénétromètre dynamique de type Panda, qui permet de mesurer l'épaisseur des niveaux archéologiques et de caractériser leur nature (Galinié *et al.* 2003).

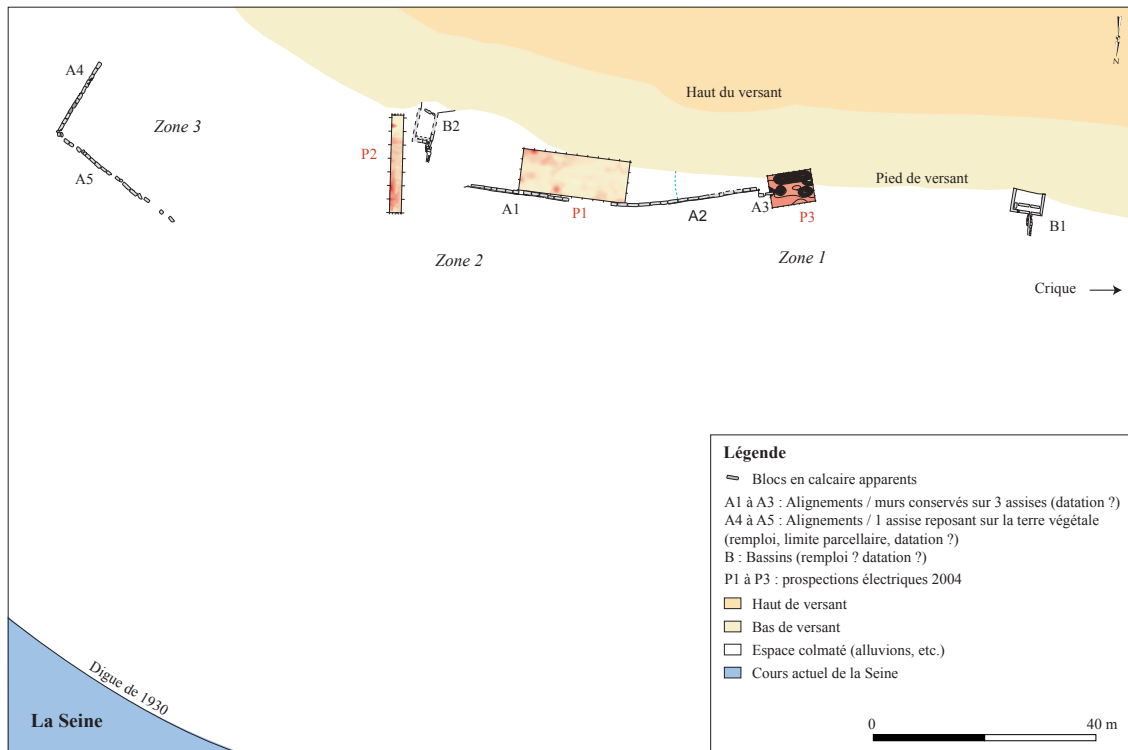


Fig. 13. Aizier, le port, zones 1 à 3. Prospection électrique et localisation des carroyages 1 à 3 (réal. J. Mouchard, 2004).

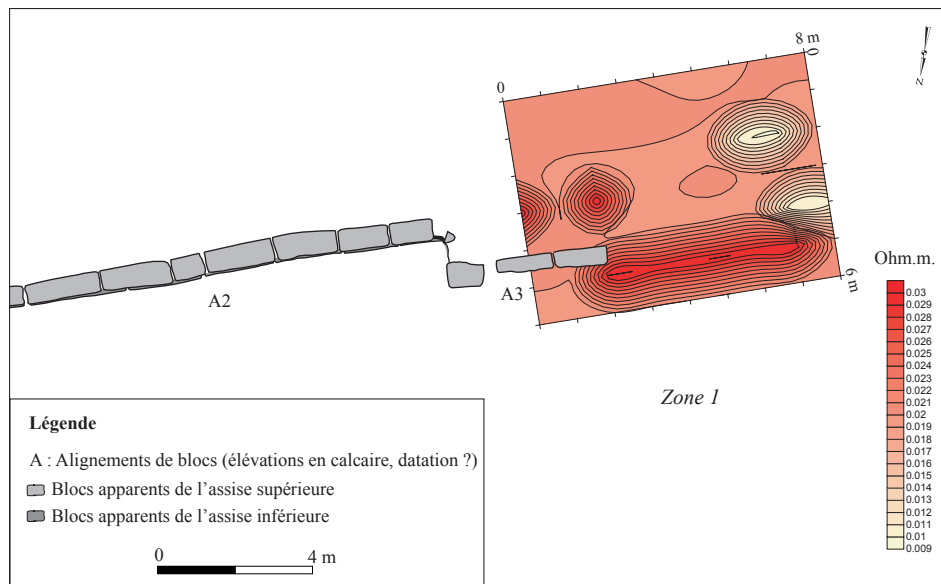


Fig. 14. Aizier, le port. Carte de résistivité électrique, prospection n°3 (réal. J. Mouchard, 2004).



Fig. 15. Rezé, Saint-Lupien, zone 4. Utilisation d'un carottier à percussion et à moteur thermique du laboratoire Géolittomer (UMR 6554, Nantes) (cl. O. de Peretti, 2005).



Fig. 16. Rezé, Saint-Lupien, zone 4. Réalisation de forages au moyen d'une sondeuse de type Socomafor, Fondasol géotechnique (cl. O. de Peretti, 2008).

sondages ont été établis au fond d'une tranchée préalablement creusée sur une hauteur de 1,5 m. L'outil utilisé a pour avantage une bonne maniabilité, et pour défauts, d'une part une profondeur d'investigation qui ne peut dépasser facilement 4 à 5 m, et d'autre part une fragilité certaine (rupture de pièces à la rencontre de la roche ou de remblais pierreux). Il a tout de même été possible d'ébaucher une coupe synthétique des alluvions, mais le rocher n'a pu être atteint dans les carottes les plus profondes.

En 2008, il a donc été fait appel à une société spécialisée (Fondasol géotechnique) pour la réalisation de huit forages. Ce choix présente d'indéniables avantages, mais a aussi d'évidentes contraintes. Il convient en effet de mettre à disposition un terrain accessible, c'est-à-dire défriché, praticable pour un poids lourd et non déstructuré par la pluie, et surtout le coût de l'opération est évidemment important¹⁰.



Fig. 17. Rezé, Saint-Lupien, zone 4. Prélèvements des forages placés dans des caisses pour traitement et analyse (cl. O. de Peretti, 2008).

10- Environ 15 000 euros TTC pour 4 forages à 7 m, 2 forages à 10 m et 2 forages à 15 m, en tenant compte d'un choix de forage destructif pour les quatre premiers mètres de chaque sondage.

Les carottages ont été exécutés au moyen d'une sondeuse de type Socomafor, avec tubage, et les prélèvements ont été ensuite placés dans des caisses pour traitement et analyse (fig. 16, 17).

Cette expérience s'est avérée concluante à tous points de vue et a permis de dresser des coupes suffisamment précises pour répondre aux interrogations qui subsistaient. Par ailleurs, le traitement des colonnes sédimentaires a été effectué à trois niveaux : - prise de mesure et description des sédiments ;

- conservation des sédiments argileux ou limoneux pour analyses (radiocarbone, coquillages et foraminifères ; cf. infra, 3.5.) ;

- tamisage des alluvions sableuses ou gravillonneuses pour la récupération des artefacts datants.

Les phases de terrassement et de mise en sécurité des tranchées et des aires de fouille

Sur le plan logistique, la mise en place de campagnes de sondages à Aizier fait écho à celles opérées sur le site de Rezé et montre les limites de l'exercice, comme dans le cas de tout diagnostic. En effet, la multiplication des tranchées ou des sondages d'une ou deux largeurs de godet permet, il est vrai, la collecte de données stratigraphiques et la mise en place d'une chronologie relative, voire absolue sur un secteur donné, mais en aucun cas la connaissance précise de la nature et de la fonction des vestiges immobiliers mis au jour. L'importance de la lecture en coupe des alluvions et le dégagement extensif des aménagements construits nécessitent donc évidemment l'ouverture de fenêtres de fouille extensives et sécurisées.

- Les terrassements mécaniques

À Rezé, les terrassements, réalisés avec une pelle à chenilles et godet de curage, se sont effectués sans réelle difficulté¹¹, si l'on exclut celles liées à l'impossibilité d'utilisation de camions sur les terrains gorgés d'eau en cas d'épisode pluvieux (mais, dans ce cas, le camion peut être remplacé par un tracteur avec

remorque). À Aizier, le caractère spongieux, voire "flottant" du terrain a empêché par contre l'utilisation d'engins mécaniques lourds et a obligé à employer une mini-pelle à chenilles.

- La mise en sécurité des parois

Dans les deux cas - tranchées ou aire ouverte -, les difficultés sont les mêmes. Elles ne tiennent pas tant à la profondeur des vestiges - situés en moyenne, pour les plus facilement accessibles, entre 2 et 5 m sous la surface du terrain actuel - qu'à la nature du sous-sol. En effet, sur les deux sites, aux dépôts d'alluvions par essence instables s'ajoute la présence d'eau quasi permanente, issue du stockage des eaux zénithales ou des remontées de la nappe phréatique (fig. 18). La fouille se déroule donc dans un contexte que l'on peut qualifier de semi-aquatique.



Fig. 18. Rezé, Saint-Lupien, zone 4. Exemple d'effet de sape dans des alluvions sableuses (cl. M. Monteil, 2006).

11- Si l'on omet les contraintes liées à la présence d'une fibre optique malheureusement située à l'aplomb de la façade monumentale : manque de recul (lié à la mise en place de talus et paliers de sécurité), difficulté d'évacuation des eaux et des vases, déconnexion des parties basses et intermédiaires de la zone portuaire.

La question récurrente de l'instabilité des parois, et donc de leur nécessaire consolidation, peut être, a priori, facilement réglée, tout au moins en contexte d'archéologie préventive.

Pour les tranchées, un système peu coûteux, du moins en location, consiste à recourir à des caissons monoblocs à étaie latérale qui peuvent être posés par une pelle mécanique, descendus au fil du terrassement et permettent d'atteindre environ 6 m de profondeur. Mis en place en 2009 à Nantes, lors d'un diagnostic effectué rue Léon-Maître (fig. 19, 20), ce système de sondage sous blindage métallique n'a pour l'heure pas été employé à Aizier et Rezé, dans la mesure où il présente un inconvénient majeur : l'impossibilité de pouvoir observer la stratigraphie des parois, excepté sur les deux petits côtés où sont disposés les raidisseurs et à condition que les matériaux des parois soient suffisamment stables (Mercier *et al.* 2009). Or ce point constituait, sur les deux sites, un impératif de base

pour bien comprendre l'évolution de la dynamique fluviale.

Pour les surfaces de fouille extensives, il est difficilement envisageable, en contexte de fouille fluviale programmée, de recourir au principe des parois moulées, d'un coût bien trop élevé¹². C'est pourtant la solution la plus adaptée, à l'heure actuelle, à la fouille de sites portuaires, mais elle reste le fait d'opérations préventives, particulièrement lors de la construction de parcs de stationnement souterrain. On peut à ce titre citer l'exemple de celui de Saint-Georges à Lyon, où la réalisation durant six mois des travaux de fondations en paroi moulée a été confiée en 2001 à Spie Fondations, préalablement à une opération d'archéologie préventive. Afin d'offrir une stabilité du fond de fouille, cette paroi fut ancrée profondément et sur une surface importante, soit une enceinte de 300 m de pourtour, de 0,82 m d'épaisseur et de 28 m de profondeur¹³.



Fig. 19↑. Nantes, rue Léon-Maître. Mise en place d'un blindage dans un sondage profond (cl. F. Mercier, INRAP, 2009).

Fig. 20→. Nantes, rue Léon-Maître. Blindage en place avec installation d'un système de pompage (cl. F. Mercier, INRAP, 2009).



12- Constat effectué aussi par J.-Ph. Goiran et Chr. Morhange à propos de la fouille archéologique des bassins portuaires antiques de Méditerranée : "Le recours aux parois moulées, l'évacuation des eaux d'infiltration, la faible tenue des terrains par exemple, sont à l'origine de nombreuses difficultés techniques et de surcoûts importants" (Goiran & Morhange 2003, 645).

13- Pour le détail du phasage des opérations et du suivi de cet ouvrage, cf. www.soffons.org (site consulté en avril 2009).

Cette méthode a fait ses preuves depuis près de vingt ans, notamment en région parisienne. Lors des fouilles de Bercy entre 1990-1996, menées sous la direction d'Yves Lanchon (Afan, INRAP), des vestiges d'occupations pré- et protohistoriques ont ainsi pu être fouillés en bordure d'un paléo-chenal large de 120 m et profond de 5 m (Dietrich 2004, 29), grâce à l'utilisation d'un caisson cimenté et d'un pompage régulé. Récemment, entre 2002 et 2003, un caisson de béton moulé nécessaire à la construction du musée du quai Branly a permis la fouille d'un bras de la Seine dans des conditions idéales (Dietrich 2004, 32).

Dans le cas de Rezé, la première idée fut de recourir à l'installation de parois berlinoises. Ce type de soutènement, temporaire ou définitif, est en effet assez courant en contextes préventif et urbain, pour des fenêtres de fouilles de faible largeur (lignes de mètres, égouts...). Il consiste à ancrer dans le sol des pieux métalliques en forme de H, espacés de 2,5 m à 4 m et dans lesquels est placé un blindage (planches, plaques métalliques, etc.) : au-delà de 3 m de profondeur, l'ensemble doit être stabilisé au moyen de butons ou de tirants d'ancrage. Certes, ce principe de soutènement ne peut a priori s'appliquer qu'en l'absence de nappe phréatique (ou avec peu d'eau) et dans un terrain ayant une certaine cohésion, mais, dans le cas de Rezé, la gestion de la circulation de l'eau pouvait être assurée par pompage. Malheureusement, le coût de ce type d'installation constitue là encore un frein : il faut compter 300 € HT au m² pour ce type d'installation à même le rocher.

En tenant compte de cet important paramètre financier, un dossier de demande au titre du mécénat culturel a été élaboré en 2006, avec l'appui de la Ville de Rezé et de la présidence de l'Université de Nantes. Cette demande portait sur une prestation technique de recherche par carottages et de protection d'un sondage sous la forme de parois berlinoises. Plusieurs entreprises spécialisées dans ce type d'ouvrage ont été sollicitées, surtout dans la région nantaise, mais aussi en France : aucune n'a répondu positivement.

Les ouvertures ont donc été réalisées de manière classique en alternant néanmoins paliers de sécurité (pour les sédiments cohérents) et talutage à 45° pour les sédiments sableux (fig. 21).



Fig. 21. Rezé, Saint-Lupien, zone 4-3. Vue aérienne d'une vaste ouverture réalisée au droit de la cale et des alluvions et colluvions la recouvrant (cl. O. de Peretti, 2006).

- La gestion de l'eau

À Aizier et à Rezé, la gestion des eaux stockées dans le sous-sol a également constitué une forte contrainte. Dans les deux cas, il a toutefois été possible de résoudre le problème et de parvenir à assécher la zone de fouille par l'installation de puisards et par l'utilisation de moto-pompes thermiques à débit adapté. Les moto-pompes permettent également de gérer les inondations liées à de longues périodes de pluie ou à des épisodes orageux.

Ainsi à Rezé, en 2008, un orage violent (27 mm de précipitations) a nécessité un pompage d'une journée à l'aide de deux moto-pompes centrifuges de 40 m³/h (fig. 22). À Aizier, la présence des sources et de bassins artificiels aggrave encore le problème (fig. 23). En



Fig. 22. Rézé, Saint-Lupien, zone 4. Inondation à la suite d'un violent orage en zone 4-11 et 12, vue du sud-est (cl. J. Mouchard, 2008).



Fig. 23. Aizier, le port, zone 1. Vue aérienne du secteur C avant pompage, prise du sud (cl. J. Mouchard, 2005).

2005, après de multiples essais avec des moto-pompes de 40 m³/h, le recours à un matériel plus puissant a été inévitable, sachant qu'en moyenne le débit estimé s'élevait à 50 m³/h. Une moto-pompe thermique de 100 m³/h a ainsi fonctionné en continu pendant les deux semaines de sondages, période durant laquelle plus de 5000 m³ d'eau ont été pompés.

Quelques remarques sur les études paléo-environnementales et les datations

Afin d'élucider le fonctionnement hydrologique de l'estuaire, et plus particulièrement celui du fleuve face au port de Rezé, il est devenu nécessaire de recourir à l'analyse poussée des alluvions fossiles. L'expérience a montré les limites ou l'impossibilité d'une interprétation lorsqu'elle s'appuie sur les résultats d'un seul marqueur, qu'il soit chronologique ou environnemental. Par exemple, trois datations radiocarbone réalisées sur les alluvions fines et organiques qui recouvrent la cale antique de Rezé ont donné des dates de 300 à 700 ans antérieures à celles attendues¹⁴. Les causes d'un tel résultat sont multiples. Elles peuvent s'expliquer notamment par la nature des alluvions analysées qui peuvent contenir des sédiments remaniés de formations plus anciennes, mais aussi par la présence d'organismes marins naturellement appauvris en ¹⁴C.

Ces deux phénomènes peuvent s'additionner et concourir à l'accentuation du vieillissement. Un diagnostic plus poussé par l'analyse d'autres marqueurs s'avère donc nécessaire pour appliquer aux datations une courbe de calibration adaptée ou pour effectuer des datations sur des matières plus propices (datation sur foraminifères en place).

À ce titre, une réflexion menée par des spécialistes des paléoenvironnements doit aboutir dans les mois à venir à la mise en place d'un protocole d'étude des alluvions de la Loire. Actuellement sont associés à cette réflexion une palynologue (Delphine Barbier-Pain, INRAP, UMR 6566), une palyno-anthracologue (Nancy Marcoux, UMR 6566), une géologue spécialiste des foraminifères (Évelyne Goubert, Maître de Conférences, Université de Bretagne Sud), une malacologue (Catherine Dupont, CNRS, UMR

6566), une xylologue (Véronique Guitton, INRAP, UMR 6566) et un géomorphologue (Rémy Arthuis, INRAP, UMR 6566). La corrélation des résultats des différentes analyses doit, à terme, permettre de caractériser les milieux naturels ou artificiels dans lesquels sédimentent les alluvions afin de comprendre le fonctionnement hydrologique de l'estuaire et de déterminer l'évolution des paysages ligériens.

Par ailleurs, le traitement et l'étude des vestiges immobiliers et mobiliers en bois (gorgés d'eau) ont toujours été pris en compte et prévus dans les projets de fouille élaborés à Rezé et à Aizier. Néanmoins, la question ne s'est pas posée avant 2008 et la découverte de pieux et poutres à Rezé. Assez bien conservés, ces éléments ont été maintenus dans une humidité permanente le temps de la fouille par le biais d'un géotextile régulièrement humidifié, avant d'être relevés en plan, photographiés puis prélevés sous la direction de Yannick Le Digol (Dendrotech, Rennes). Tous ces bois gorgés d'eau ont fait l'objet d'une expertise xylologique et dendrochronologique.

CONCLUSION

Au-delà des contraintes techniques, et donc des coûts d'investigation en moyens logistiques et humains, le facteur temps paraît être l'un des paramètres les plus indispensables à l'étude des sites portuaires. Aussi banal que cela puisse paraître, on constate en effet que la majorité des sites étudiés en contexte fluvial ou maritime le sont depuis maintenant quinze ou vingt ans et que seules les investigations exhaustives permettent d'en appréhender peu à peu les aspects typologiques et fonctionnels.

Dans les cas d'Aizier et de Rezé, les opérations réalisées ont déjà permis d'identifier, dans un contexte portuaire, des équipements spécifiques dont il reste toutefois à établir le lien avec le fleuve qui, rappelons-le, est aujourd'hui situé à distance (chenal principal ou secondaire, bras actif ou bras mort, étier, canal artificiel, etc.) ainsi que, plus largement, avec la dynamique fluvio-maritime et son corollaire en matière d'influence ou non des marées. Dans cette perspective, il est évident que la zone d'étude ne doit pas se limiter aux seuls abords des structures portuaires étudiées, mais doit embrasser un espace suffisamment vaste pour saisir l'évolution et le degré d'aménagement des berges, la paléogéographie du fleuve, son

14- Datations radiocarbone effectuées par Beta Analytic Inc., Miami, Floride.

évolution, et pour discerner les phénomènes hydrologiques à caractère local ou régional.

Ces problématiques supposent évidemment une pratique interdisciplinaire active, d'autant plus nécessaire dans ces contextes d'interface entre espaces portuaires et fleuve que l'enquête concerne également bien d'autres thèmes : celui de la navigation, celui du commerce et des échanges, celui du stockage des

marchandises, celui de l'origine et de l'utilisation des matériaux de construction, etc. Et c'est sans doute là l'une des autres caractéristiques essentielles des fouilles en milieu portuaire et fluvial que de se distinguer par la constitution progressive d'équipes réunissant un grand nombre d'institutions et de spécialités différentes.

Bibliographie

- Approche archéologique de l'environnement et de l'aménagement du territoire ligérien*, Actes du colloque, Neuville-aux-Bois, Orléans. Fédération Archéologique du Loiret, Les Études Ligériennes, 2004.
- Arteaga, O. et L. Ménanteau (2004) : "Géoarchéologie comparée de deux estuaires atlantiques : la Loire (France) et le Guadalquivir (Espagne)", in : Ménanteau & Gallicé 2004, 23-45.
- Arthuis, R., S. Boulud, A.-L. Cyprien, D. Guitton, L. Ménanteau, M. Monteil, J. Mouchard, O. de Peretti, A. Polinski, P. Rieunier, F. Verneau, C. Vissac et L. Visset (2007) : "Nouvelles recherches sur le port fluvial et les entrepôts antiques de Rezé (Loire-Atlantique)", in : *Archéologies en Loire. Actualité de la recherche dans les régions Centre et Pays de la Loire*, 129-138 (Aestuarium, 12).
- Arthuis, R. et J.-Fr. Nauleau (2007) : "La Loire à Nantes : bilan sédimentaire ; conséquences géomorphologiques et archéologiques", in : *Des Ponts-de-Cé à l'estuaire : Interactions homme/milieu de la Loire et de ses affluents*, PCR Rapport d'activités, Nantes, SRA-INRAP GO, 2007, tome 2.
- Barat, Y. (1990) : *Un port de 2000 ans aux Mureaux. Des Gaulois à Charlemagne*, Catalogue de l'exposition, 9 au 27 janvier 1990, Versailles, médiathèque des Mureaux, 21-27.
- Bedon, R. et A. Malissard, dir. (2001) : *La Loire et les fleuves de la Gaule romaine et des régions voisines*, Limoges, PULIM, (Caesarodunum, 33-34).
- Berlanga, G. P. et J. P. Ballester, éd. (2003) : *Puertos fluviales antiguos : ciudad, desarrollo e infraestructuras, IVª jornadas de Arqueología subacuática, 2001, Actas, Facultat de Geografia i Historia*, Universitat de València.
- Chic Garcia, G. (1990), *La Navegación por el Guadalquivir entre Córdoba y Sevilla en época Romana*, Ecija.
- Cyprien, A.-L. (2002) : *Chronologie de l'interaction de l'homme et du milieu dans l'espace central et aval de la Loire (Ouest de la France)*, Nantes, Groupe d'Études des Milieux Naturels, 2 vol., 36-45.
- Cyprien, A.-L. et L. Visset (2004) : "Le problème des ports de Loire dans l'estuaire, de la période gallo-romaine au Moyen Âge : le site de Rezé", in : *Approche archéologique*, 127-131.
- Daveau, I., dir. (2007) : *Port Ariane (Lattes, Hérault) : construction deltaïque et utilisation d'une zone humide lors des six derniers millénaires*, Lattara, 20.
- Daveau, I. et C. Jorda (2009) : "Entre les bras du fleuve : l'utilisation d'une zone inondable lors des six derniers millénaires à Lattes (Hérault)", *Archéopages*, 23, 12-19.
- Deschamps, S., F. Guérin, J. Pascal et L. Pirault (1992) : "Ratiatum (Rezé, Loire-Atlantique) : origine et développement de l'organisation urbaine", *Revue Archéologique de l'Ouest*, 9, 111-127.
- Deschamps, S., Y. Le Maître, L. Ménanteau et L. Visset (1997) : *PIREN (Projet Interdisciplinaire de Recherche Environnement, Vie et Sociétés). Interactions hommes-milieux dans le bassin versant de la Loire. Fenêtre Estuaire de la Loire*, Rapport 1997 et projet 1998, Archives scientifiques du SRA des Pays de la Loire.
- Deschamps, S. et L. Pirault (1999) : "Rezé, cité des Pictons", *Archéologia*, 353, 34-45.
- Dietrich, A. (2004) : "Occupations protohistoriques des rives : évolution des problématiques dans le bassin versant de grands fleuves dans les derniers 20 ans", *Archéopages*, 12, 28-33.
- Ferdière, A. (1977) : "Découverte d'un quai romain à Bourges-Lazenay (Cher)", in : *Actes du Colloque Géographie commerciale de la Gaule, Caesarodunum*, 12, 2, 326-332.
- Galinié, H., A. Laurent, X. Rodier, D. Breyse, L. Houy, H. Niandou et P. Breul (2003) : "Utilisation du pénétromètre dynamique de type Panda en milieu urbain pour l'évaluation et la caractérisation du dépôt archéologique", *Revue d'Archéométrie*, 27, 15-26.

- Gaston, Ch. (2002) : "Données récentes sur l'architecture antique à Besançon (Doubs)", *Archéopages*, 8, 28-35.
- Gerber, F. (2004) : "Compte rendu du colloque international de Pise (Italie). *Mar Exterior, l'Occidente Atlantico in eta Romana* : 6-8 novembre 2003", *Archéopages*, 12, 34-39.
- (2006) : "Les aménagements de berge antiques à Bordeaux (France) : Les fouilles de Bordeaux-Parkings 2002-2003 : premières approches", in : Urteaga Artigas & Noain Maura 2006, 77-83.
- Gerber, F., S. Konik et N. Platel, avec la collaboration de G. Poupeau, D. Santallier (2006) : *Chantiers archéologiques "Bourse, Saint-Rémi, Jean-Jaurès et Gabriel"*. *L'archéologie fluviale : archéologie du bord de l'eau ou essai de Waterfront archaeology appliquée à un port français*, RFO de fouille préventive, Aquitaine, Gironde, Bordeaux-Parkings, livre III, INRAP.
- Goiran, J.-Ph. et Chr. Morhange (2003) : "Géoarchéologie des ports antiques en Méditerranée : problématiques et études de cas", *Topoi*, 11, 645-667.
- Hesnard, A., M. Moliner, F. Conche et M. Bouiron (1999) : *Marseille : 10 ans d'archéologie, 2600 ans d'histoire*, Marseille.
- Hesnard, A. (1995) : "Les ports antiques de Marseille. Place Jules-Verne", *JRA*, 8, 65-78.
- (2004) : "Vitruve, *De architectura*, V, 12 et le port romain de Marseille", in : *Le strutture dei porti e degli approdi antichi, Il seminario, Roma-Ostia antica, 16-17 aprile 2004, Progetto ANSER*, 175-204.
- Izarra, F. de (1993) : *Hommes et fleuves en Gaule romaine*, Paris.
- Lepert, Th. et L. Paez-Rezende (2005) : "Aménagements portuaires et fluviaux gallo-romains sur la basse vallée de l'Eure à Incarville (27)", in : Petit 2005, 157-166.
- Lequoy, M.-C. et B. Guillot (2004) : *CAG, 76/2, Rouen*, Paris.
- Leveau, Ph., éd. (1999) : "Le Rhône romain : dynamiques fluviales, dynamiques territoriales", *Gallia*, 56, 1-176.
- Leveau, Ph. (2004) : "Revisiter l'espace et le temps dans le delta du Rhône : archéologie et histoire des zones humides et des milieux deltaïques", in : *Delta du Rhône. Camargue antique et médiévale*, Aix-en-Provence, *Bulletin Archéologique de Provence* Suppl. 2, 13-43.
- Ménanteau, L., J.-R. Vanney et C. Zaco (1983) : "Belo et son environnement (déroit de Gibraltar). Étude physique d'un site antique", in : *Belo II*, Casa de Vélazquez, Sér. Archéol. 4, Madrid, 39-221.
- Ménanteau, L. et A. Gallicé, coord. (2004) : *Pour une géoarchéologie des estuaires*, *Aestuaria*, 5.
- Mercier, F., R. Arthuis et S. Thebaud (2009) : *Rapport de diagnostic archéologique, "Neptune Carré-Feydeau"*, Nantes, Archives scientifiques du SRA des Pays de la Loire.
- Mignon, J.-M. (2001) : "Les aménagements monumentaux de l'Ouvèze (pont et quais) à Vaison-la-Romaine (Vaucluse)", in : Bedon & Malissard 2001, 127-151.
- Miller, L., J. Schofield et M. Rhodes (1986) : *The Roman Quay at St Magnus House, London. Excavations at New Fresh Wharf, Lower Thames Street, London 1974-1978*, Londres.
- Milne, G. (1985), *The port of roman London*, Londres.
- Morhange, Chr. (2000) : *Ports antiques et paléoenvironnements littoraux, Méditerranée*, 94, Aix-en-Provence.
- Morhange, Chr., J.-Ph. Goiran et N. Marriner, éd. (2005) : *Environnements littoraux méditerranéens, héritages et mobilité*, Aix-en-Provence, *Méditerranée*, 104, Aix-en-Provence.
- Mouchard, J. (2003) : *Le potentiel archéologique des estuaires (du néolithique à l'époque médiévale). Exemple comparé des aménagements portuaires de la Loire et de la Seine, les apports des méthodes de prospections et de détectations*, Mémoire de DEA, d'Histoire socioculturelle, mention Archéologie, CNRS Géolittomer Nantes.
- (2008) : *Les sites portuaires gallo-romains et médiévaux de l'estuaire de la Seine*. Doctorat d'Histoire socioculturelle, mention Archéologie, Université de Rouen.
- Mouchard, J. et L. Ménanteau (2004) : "Le programme *Corbilo* : exemple de sites portuaires dans l'estuaire de la Loire", in : Ménanteau & Gallicé, 101-120.
- Petit, Chr., éd. (2005) : *Occupation et gestion des plaines alluviales dans le Nord de la France de l'âge du Fer à l'époque gallo-romaine, Actes de la table-ronde de Molesme, 17-18 septembre 1999*, Besançon.
- Pirault, L. avec la collab. de D. Guitton (2001) : *Rezé sur les traces de Ratiatum*, Itinéraire du Patrimoine 254, Paris.
- Pirault, L. (2004) : "Nantes et Rezé (Loire-Atlantique), développements portuaires et urbains au fond de l'estuaire", in : *Approche archéologique*, 183-190.
- Serna, V. (2008) : "Au milieu du gué. Où en sommes-nous de l'archéologie des rivières pour les périodes médiévale et moderne ?", *Archéopages*, 23, 2008, 52-55.
- Tarpin, M., S. Berti, M.-A. Haldiman, F. Rossi et L. Steiner (1999) : "Le bassin lémanique gallo-romain", in : Leveau éd. 1999, 33-44.
- Urteaga Artigas, M.-M. et M.-J. Noain Maura, éd. (2006) : *Mar Exterior : el Occidente atlántico en época romana*. Actas del Congreso Internacional celebrado en Pisa, noviembre 2003, Roma-Irun-San Sebastián, Escuela Española de Historia y Arqueología en Roma-CSIC, *Arkeolan*.
- Visset, L. (1993) : "L'environnement du site gallo-romain de Rezé (Loire-Atlantique), un exemple régional de l'apport de la palynologie", in : *Les Mystères de l'archéologie. Les sciences à la recherche du passé*, Nantes, 23, fig. 11.
- (1999) : "Arbres, fleurs et fruits", in : Deschamps & Pirault 1999, 353, 39.
- Visset, L., G. Hauray, L. Charriau et N. Rouzeau (2001) : "Paléoenvironnement urbain : histoire du comblement des vallées de la métropole nantaise, du Tardiglaciaire à la fin de l'Holocène", *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest*, 108, 147-165.
- Wattez, J. et L. Jallot (2001) : "L'interdisciplinarité en archéologie préventive : la question de l'archéologie de l'environnement", *Les Nouvelles de l'Archéologie*, 86, 28-29.