HAL
open science

Chapitre 3. Le contexte de l'épave LE CONTEXTE PALÉOENVIRONNEMENTAL

Claude Vella, Cédric Tomatis, Olivier Sivan

To cite this version:

Claude Vella, Cédric Tomatis, Olivier Sivan. Chapitre 3. Le contexte de l'épave LE CONTEXTE PALÉOENVIRONNEMENTAL. Archaeonautica, 2014. hal-01435436

HAL Id: hal-01435436

https://hal.science/hal-01435436v1

Submitted on 13 Jan 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LE CONTEXTE PALÉOENVIRONNEMENTAL

Claude Vella, Cédric Tomatis, Olivier Sivan

INTRODUCTION

Les études géomorphologiques portant sur les chenaux fluviaux dans un contexte archéologique en France sont nombreuses (Bravard, Amoros, Jacquet 1986 ; Bravard, Verot-Bourrely, Salvador 1992 ; Leveau (dir.) 1999 ; Bravard, Magny (dir.) 2002) ; les plus récentes portent sur la Loire (Castanet 2008 ; Serna (dir.) 2010). Les résultats de ces études concernent fréquemment les berges et les plaines alluviales, plus rarement les chenaux colmatés et plus rarement encore les dépôts dans les chenaux actifs. La raison principale est qu'il est difficile d'accéder aux stratigraphies associées aux vestiges qui s'étendent dans les chenaux actifs alors qu'il n'est pas rare qu'ils puissent sceller des évènements sédimentaires contemporains de l'occupation des berges. Cette étude se propose de mettre en évidence ce dernier type d'information géomorphologique grâce aux travaux réalisés lors de l'extraction de l'épave *Arles-Rhône 3* mais aussi grâce aux travaux réalisés récemment autour du chenal du Grand Rhône dans la traversée d'Arles.

Le cas d'Arles est tout à fait remarquable par la densité des vestiges archéologiques qui bordent le Grand Rhône, ou dans le chenal lui-même, dont un énorme dépotoir en rive droite et au moins une quinzaine d'épaves (Long, Picard (dir.) 2009). Ces éléments constituent autant de repères chronologiques, de pièges sédimentaires et d'indicateurs directs de la paléogéographie du fleuve durant l'Antiquité.

L'objectif initial était de mettre en évidence la sédimentation dans le chenal fluvial antique immédiatement sous les épaves qui jalonnent le quai Napoléon. Ainsi, le carottage systématique des épaves a été entrepris à l'occasion des recherches menées par Luc Long (Drassm) et, pour l'épave *Arles-Rhône 3*, dans le cadre de sa fouille programmée (*supra*, p. 28-33). L'hypothèse était que le naufrage des bateaux aurait préservé la sédimentation sous leur coque et permettrait la datation optimale des dépôts sous-jacents. Cette question de la datation est d'autant plus importante que la marge de la datation radiocarbone est d'un ou deux siècles. Ainsi trois premiers carottages avaient été réalisés, entre 2008 et 2010, avant l'opération de fouille-relevage de l'épave *Arles-Rhône 3* réalisée en 2011.

L'opération d'extraction de l'épave, le diagnostic archéologique de l'extension du musée de l'Arles antique, ainsi que le diagnostic archéologique de la Gare Maritime conduits de manière quasi synchrone ont permis de réunir une somme d'observations et de données qui confortent l'analyse géomorphologique menée autour de l'épave. Plusieurs carottages sur les berges, autour et sous l'épave complètent un jeu de données géotechniques, géophysiques et géomorphologiques. Cependant, nous nous concentrerons surtout dans ce chapitre sur les données sédimentaires réunies autour d'*Arles-Rhône 3* à partir des carottages réalisés par vibro-percussion. Les indicateurs sédimentologiques étudiés portent sur les stratigraphies sédimentaires permettant de décrire les évènements hydrodynamiques et sur l'analyse granulométrique des dépôts. Cette dernière est utile pour qualifier l'intensité des dynamiques, des phénomènes et comparer les dépôts à l'échelle du delta du Rhône.

LE CHENAL DU RHÔNE DANS LA TRAVERSÉE D'ARLES ET LE CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE

Le chenal actuel du Rhône dans la traversée d'Arles est relativement rectiligne et étroit (fig. 32). Après la diffluence du Petit Rhône, il prend une direction vers le sud-est, puis tourne subitement vers le sud-ouest. Entre les deux quais construits dans la deuxième moitié du XIXe s., la largeur est d'environ 150 m. À l'aval, le Rhône forme à nouveau un grand méandre et s'élargit pour reprendre ses dimensions initiales d'environ 500 à 600 m.

Cette morphologie, très fortement induite par les aménagements des quais depuis le XIXe s., semble cependant plus ou moins acquise dans ses grandes lignes à partir du changement d'ère.

La présence des très nombreux vestiges contraint à peu de chose près le fleuve dans sa largeur actuelle : en rive droite, le pont de bateau et « son point d'atterrissement », au moins pour le IVe s. ap. J.-C. (Bizot *et al*. 2009), la présence des très nombreux vestiges dans le quartier de Trinquetaille (Heijmans 2009) jusqu'au niveau de l'ancienne Gare Maritime (Mellinand, Sivan 2011), et en rive gauche, la limite de la ville antique, les vestiges de quai ainsi que les découvertes récentes lors de la fouille Jean-Baptiste Massillon (Isoardi 2010) dessinent un chenal à très faible mobilité après le début de notre ère. La mobilité du chenal, de quelques centaines de mètres en rive droite, serait tardive : VIe s. ap. J.-C. (Allinne 2007). Cette situation contraste avec la grande mobilité des chenaux en aval dans

BAT-Archaeonautica-001-330.indb 65 28/10/14 14:18

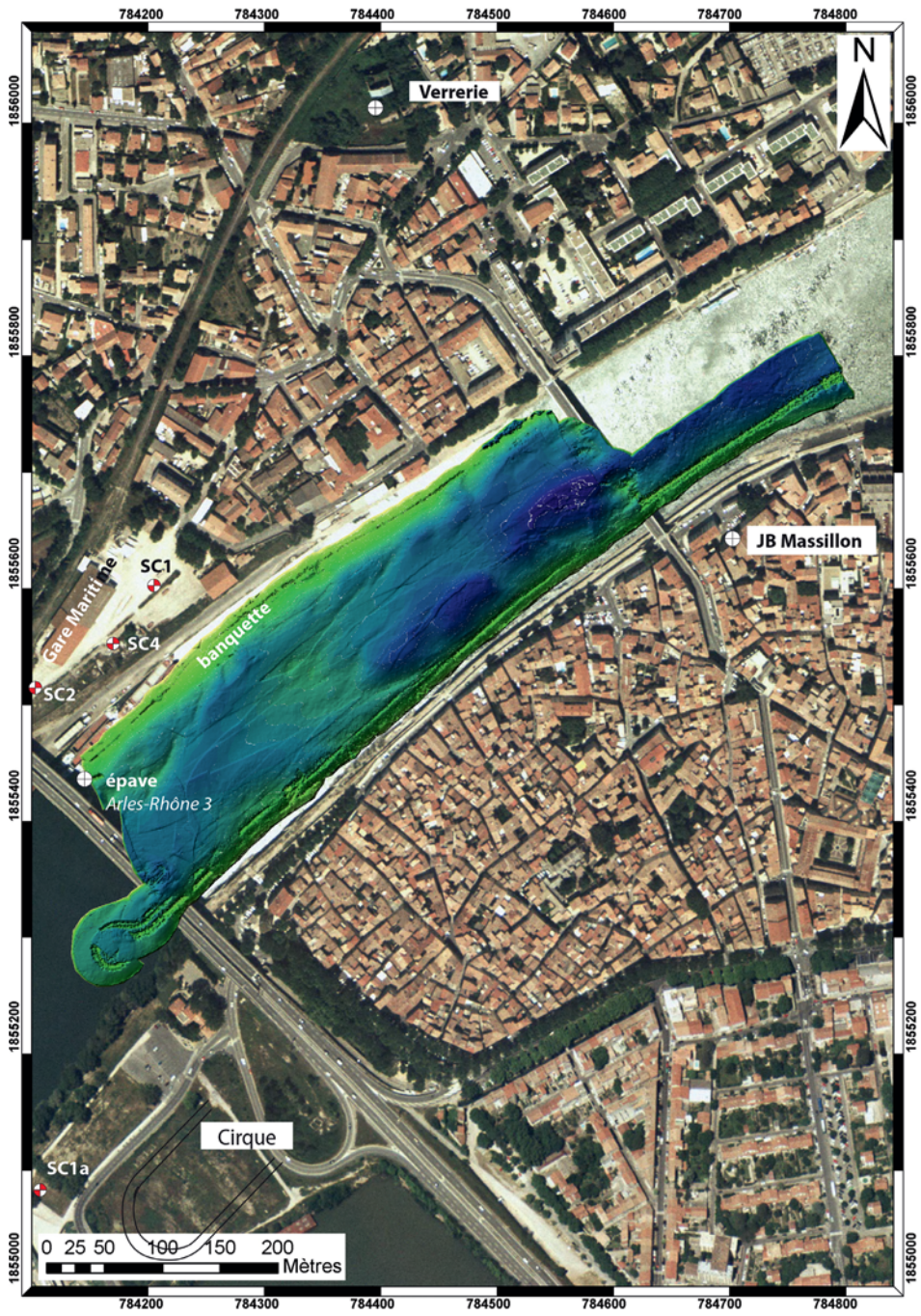

Fig. 32 : *Localisation des sites étudiés dans la traversée d'Arles et image sonar entre le pont de Trinquetaille et de la nationale N113 (source : orthophotographie 2002 CRIGE PACA ; Dusouillez, Vella)*

la plaine deltaïque (Vella *et al.* 2005). Des évènements plus importants de mobilité semblent se reproduire au Petit Âge Glaciaire avec la création d'importantes crevasses en rive droite, au niveau de la Gare Maritime (Mellinand, Sivan 2011). Mais, globalement, le chenal dans la traversée d'Arles reste, du changement d'ère à nos jours, dans une position et des dimensions sensiblement égales à celles que l'on connaît.

La profondeur de ce chenal est plus difficile à imaginer, mais quelques éléments peuvent rendre compte de cette caractéristique morphologique. La profondeur de débouché, dans la berge sous-aquatique, de tuyaux antiques découverts par L. Long (communication personnelle) indique une profondeur maximale du chenal comprise entre 12 et 14 m selon les ouvrages. Quant à la période moderne, le texte de Remillat (1791) indique que vers 1789 les profondeurs maximales sont supérieures à la dizaine de mètres. Dans la traversée d'Arles, le Rhône aurait une profondeur d'environ 35 à 40 pieds, soit environ 13 m, et 73 toises et 3 pieds de large, soit environ 140 m. Ces observations, lacunaires il est vrai, indiquent des dimensions de chenal proches de celles que l'on observe aujourd'hui. Il serait abusif de considérer pour autant une stabilité du chenal entre la période antique et la période moderne. Quant à la profondeur maximale actuelle, elle est d'environ 15 à 16 m.

BAT-Archaeonautica-001-330.indb 66 28/10/14 14:18

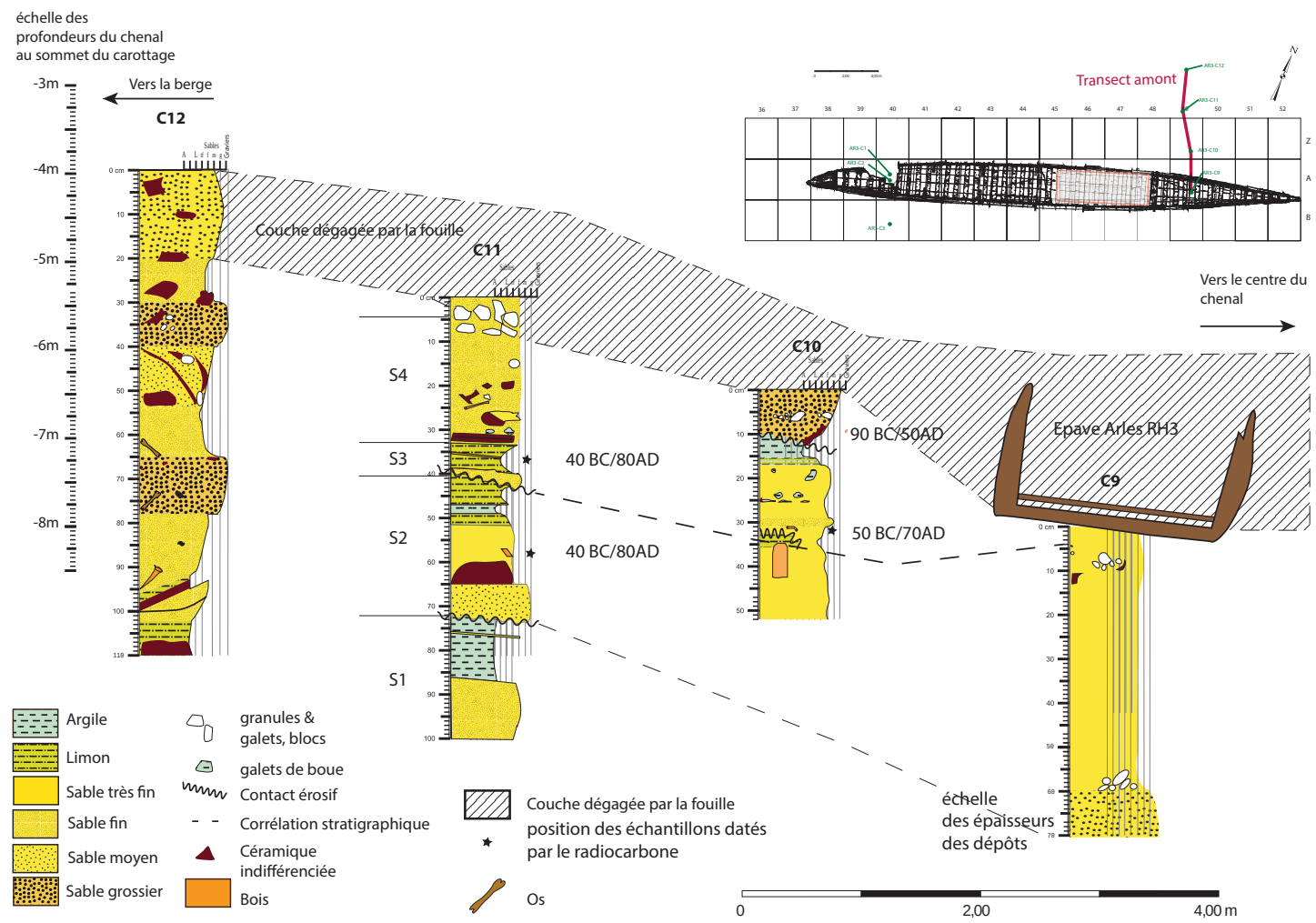

Fig. 33 : *Transect carotté de la partie amont de l'épave* Arles-Rhône 3.

Cette différence indique une incision d'environ 3 m tout à fait cohérente avec les observations effectuées sur le Rhône aval (Antonelli 2002 ; Raccasi 2008).

L'image sonar réalisée dans le cadre de la campagne océanographique Roustan 2 permet de mettre en évidence une morphologique sous-fluviale contrastée (fig. 32). La rive droite du Rhône montre, entre le pont de Trinquetaille et celui de la nationale N113, une zone de moindre profondeur (entre 3 et 6 m) relativement régulière légèrement en pente vers le chenal et formant une sorte de banquette d'environ 25 m de large. La bordure, côté chenal sous-fluvial, est parfois légèrement incisée (fig. 32). L. Long décrit nettement ces incisions sous la forme de falaises sous-aquatiques livrant de nombreux objets archéologiques (Long, Picard (dir.) 2009). Ce haut-fond s'élargit d'une centaine de mètres avant le pont de la N113 pour former une sorte de banc sous-aquatique large d'environ 50 m. Les reconnaissances effectuées en plongée montrent un fond relativement régulier couvert de blocs de stabilisation de berges, probablement modernes, plus ou moins bien répartis, formant un pavage anthropique et ayant protégé une partie des vestiges. L'épave *Arles-Rhône 3* est située sur cette banquette sous-aquatique, quelques mètres en amont du pont de la N113.

La stratigraphie holocène de la plaine alluviale dans la traversée d'Arles est reconnue uniquement par des données géotechniques (fig. 32 et 37). Les cailloutis pléistocènes constituent le substratum des dépôts post-glaciaires dominés par les limons et argiles de plaine d'inondation. Les chenaux fossiles sablo-graveleux indiquent une mobilité alluviale antérieure à l'Antiquité. Des remblais antiques et modernes, impossibles à distinguer entre eux, constituent des masses de blocs et de débris, pour certains peut-être en place (Vella, Hermitte, Parisot 2009 ; http://infoterre.brgm.fr/, Banque du Sous-sol, BRGM).

BAT-03-chap3.indd 67 04/11/14 13:08

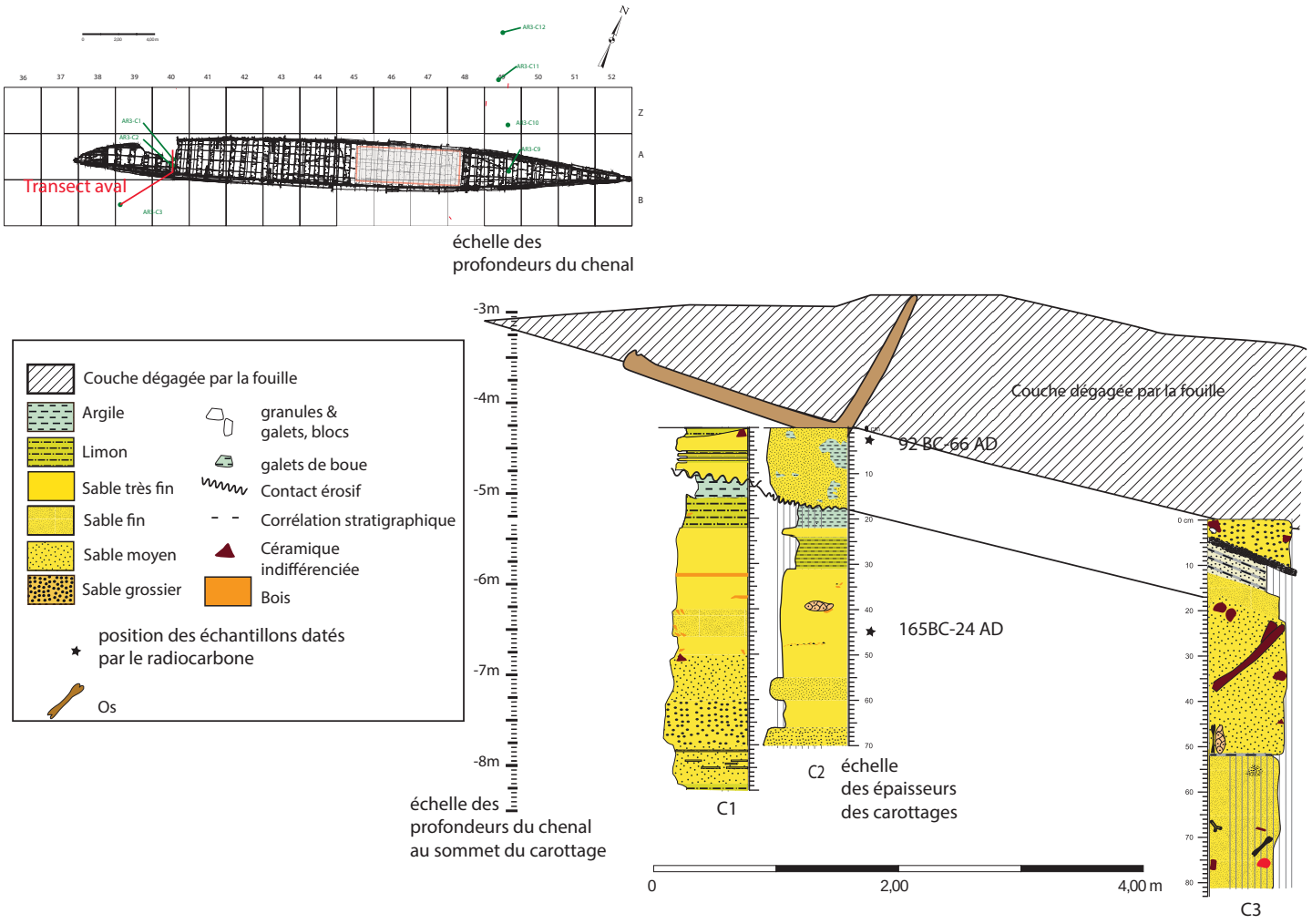

Fig. 34 : *Transect carotté de la partie aval de l'épave* Arles-Rhône 3.

LES STRATIGRAPHIES SÉDIMENTAIRES AUTOUR ET SOUS L'ÉPAVE

Parmi les nombreux carottages effectués (pl. I), seuls sept (C1, C2, C3, C9, C10, C11, C12) ont été sélectionnés pour des questions de temps et de moyens. La sélection des carottages étudiés est basée sur la longueur des carottes et la possibilité de former deux transects stratigraphiques perpendiculaires à l'épave afin de mettre en évidence la sédimentation sous-jacente et les environnements de dépôts situés entre la berge et l'épave à l'amont et l'épave et le chenal à l'aval (fig. 33 et 34).

Le transect carotté de la partie amont de l'épave (fig. 33) montre des variations latérales de faciès importantes. Les carottages C11 et C10 présentent une stratigraphie complexe formée de plusieurs séquences sédimentaires séparées par des surfaces d'érosion très nettes, une séquence étant formée au cours d'un évènement plus ou moins long de crue ou de fort débit. La séquence type sera marquée par une surface de ravinement liée au pic de vitesse de l'évènement qui entraîne les particules et favorise surtout l'érosion. Quand la décrue s'amorce, les vitesses diminuent peu à peu, alors se dépose une séquence sédimentaire dite à granoclassement normal. Elle est composée d'abord des grains de sables les plus grossiers, souvent mêlés de galets de boue liés à l'érosion des dépôts précédents, et tend vers le dépôt des grains d'argiles les plus fins. La carotte C11 montre quatre séquences sédimentaires ; deux dates ^{14}C réalisées dans les séquences S2 et S3 indiquent un âge de 40 av. J.-C. et 80 ap. J.-C. La dernière séquence est formée par une séquence incomplète non matérialisée à la base par une surface de ravinement mais par la présence de galets de boue. Elle se termine par un lit de cailloux anguleux provenant très probablement d'apports récents depuis la berge.

La corrélation stratigraphique de ces quatre séquences aux carottages C10 situé à 2 m environ en direction du chenal est difficile ; elle s'appuie pour partie sur les datations ^{14}C, la position topographique de la carotte et le découpage en séquences sédimentaires. Cependant les dates ^{14}C de la carotte C10 montrent une inversion chronologique liée très probablement aux mécanismes d'érosion/dépôt très fréquents dans le chenal actif.

BAT-03-chap3.indd 68 04/11/14 15:03

Code laboratoire	Code échantillon	Type d'analyse	Nature échantillon	d C^{13}	Âge radiocarbone	Âge calibré	Âge cal BP
Beta 348670	C10 32	AMS	bois	-26,0	1990 +/- 30 BP	**50 av. J.-C. à 70 ap. J.-C.**	Cal BP 2000 to 1880
Beta 348669	C10 9-10	AMS	bois	-26,3	2020 +/- 30 BP	**90 av. J.-C. à 50 ap. J.-C.**	Cal BP 1920 to 1900
Beta 348668	C4 47-48	AMS	bois	-26,2	1970 +/- 30 BP	**40 av. J.-C. à 80 ap. J.-C.**	Cal BP 1990 to 1870
Beta 348667	C11 57-59	AMS	bois	-26,4	1970 +/- 30 BP	**40 av. J.-C. à 80 ap. J.-C.**	Cal BP 1990 to 1870
Beta 348666	C11 37	AMS	bois	-23,5	1980 +/- 30 BP	**40 av. J.-C. à 80 ap. J.-C.**	Cal BP 1990 to 1870
Poz	C2 01	AMS	bois	_	2010 +/- 30 BP	**91 av. J.-C. à 66 ap. J.-C.**	Cal BP 1884 to 2040
Poz	C2 45	AMS	bois	_	2045 +/- 30 BP	**164 av. J.-C. à 23 ap. J.-C.**	Cal BP 1927 to 2113
Beta 302140	sc1a 1629	AMS	bois	-26,3	6260 +/- 40 BP	**5320 av. à 5090 av. J.-C.**	Cal BP 7260 to 7050
Beta 302139	sc1a 1543	AMS	tourbe	-27	3760 +/- 40 BP	**2290 av. J.-C. à 2040 av. J.C.**	Cal BP 4240 to 3990
Beta 302138	sc1a 1369	AMS	tourbe	-26,3	6100 +/- 40 BP	**5200 av. J.C. à 4930 av. J.C.**	Cal BP 7150 to 6880

Fig. 35 : *Tableau des dates radiocarbones et calibrations (P.J. Reimer* et al. *2009,* Radiocarbon *51, p. 1111-1150).*

La carotte C9, située sous l'épave *Arles-Rhône 3*, montre une seule séquence sédimentaire de 70 cm environ formée d'une couche de sables grossiers à la base puis d'une couche de 60 cm de sables fins. Les tessons y sont rares, excepté au sommet du dépôt.

Enfin la carotte C12 présente une stratigraphie tout à fait différente, formée de plusieurs couches plutôt sableuses. Elle semble très perturbée par des apports anthropiques très nombreux tout au long du dépôt. Le découpage en séquence est quasi impossible compte tenu de l'absence de surface de ravinement mais l'observation de la variation de la granularité pourrait indiquer cinq pseudo-séquences de la base au sommet. Ce dépôt est interprété comme appartenant au dépotoir sous-aquatique à proximité de la berge, dans lequel objets et dépôts fluviaux s'inter-stratifient.

La banquette de rive droite dans la partie amont de l'épave est formée par le dépotoir puis dessine un replat où la préservation de séquences sédimentaire indiquerait la proximité de la berge dans un environnement moins dynamique alors que sous l'épave le chenal se révèle déjà plus actif.

Le transect carotté de la partie aval (fig. 34) présente une moins grande variabilité latérale de faciès et deux séquences sédimentaires corrélables aux séquences sédimentaires identifiées vers le chenal (carotte C3). Comme pour le transect amont, les sédiments sableux dominent et confirment la situation de l'épave dans une zone relativement dynamique. La chronologie radiocarbone est cohérente avec la chronologie du transect précédent. Le naufrage survient après la mise en place de séquences sédimentaires datées entre 92 av. J.-C. et 66 ap. J.-C. durant un épisode de crue débutant par une surface de ravinement et des dépôts sableux contenants galets de boue et des sables grossiers. En croisant les données chronologiques issues des résultats archéologiques (*infra*, p. 239), dendrochronologiques et ^{14}C (intervalle 2 sigma) des stratigraphies, et si l'on retient la limite radiocarbone supérieure des dépôts sous-jacents, cet épisode survient entre 50 et le début des années 70 ap. J.-C. (Vella 2011) (fig. 35).

LES DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES ET LEUR TRAITEMENT

Un échantillonnage systématique des carottages et sondages sur les levées de berge de rive droite et gauche et dans le chenal a permis de sélectionner un certain nombre d'échantillons représentatifs des différents milieux de sédimentation en vue d'un traitement granulométrique. Les échantillons ont été prélevés suivant l'organisation stratigraphique et dans certains cas à pas régulier de 5 cm dans les niveaux très homogènes.

La comparaison des paramètres granulométriques à d'autres études antérieures menées sur le delta du Rhône doit être modérée par le fait que les protocoles de traitement diffèrent et les différents appareils utilisés induisent des biais de mesure. Le protocole utilisé dans cette étude est détaillé dans Tomatis (2012).

Les granulométries étudiées sont issues des carottages C11, C2 et C3 autour et sous l'épave *Arles-Rhône 3*, et du carottage SC1a situé en rive gauche sur l'extension du musée de l'Arles antique. Un total de 83 échantillons a été analysé.

BAT-Archaeonautica-001-330.indb 69 28/10/14 14:18

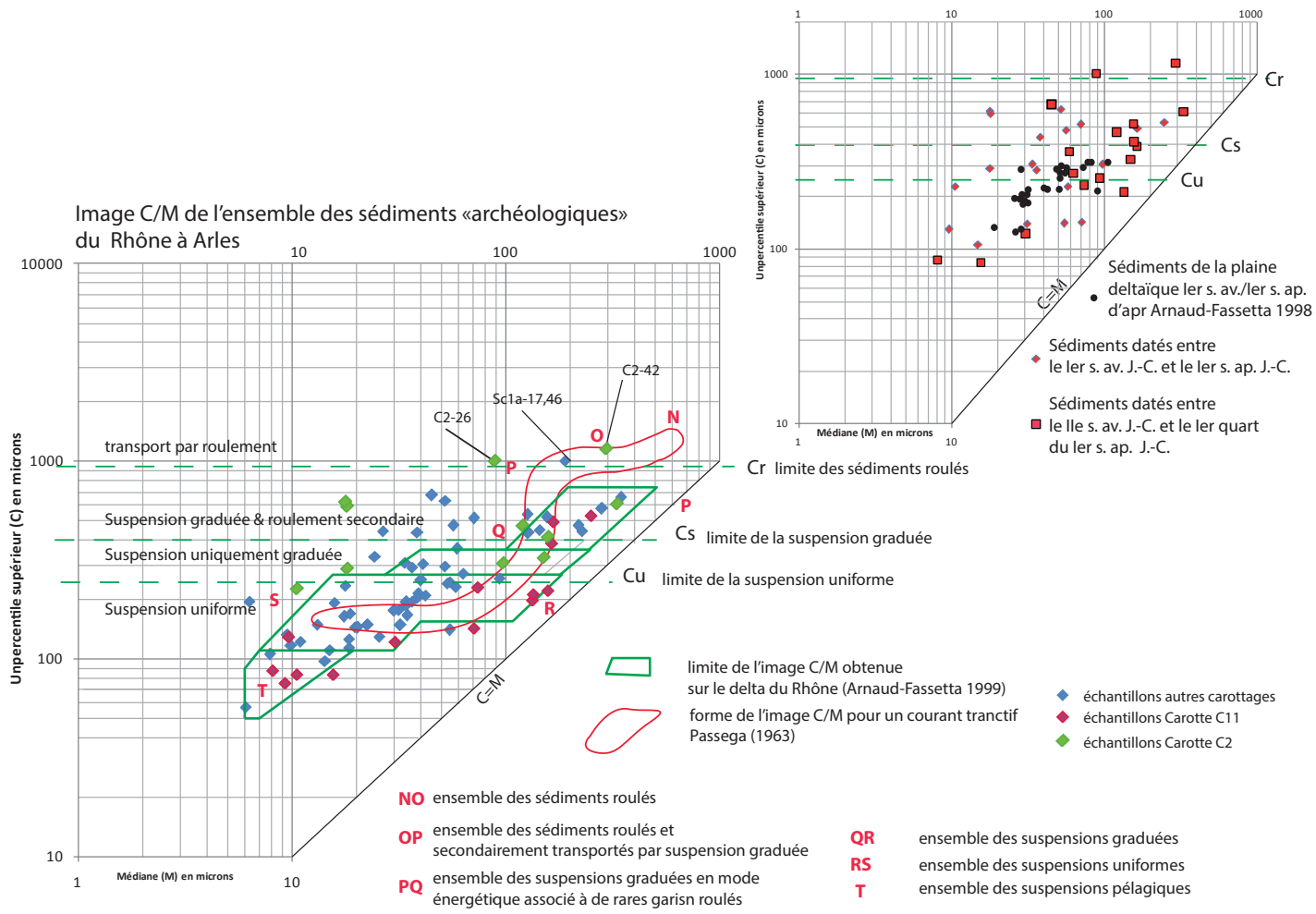

Fig. 36 : *Image C/M des sédiments Ier s. av/IIe s. ap. J.-C. du Rhône à Arles.*

De l'analyse granulométrique ne sont extraits que deux paramètres : le premier percentile le plus grossier et la médiane afin de réaliser une image C/M selon la méthode établie par Passega (1957) largement reprise sur le Rhône par Bravard (1983), Bravard, Amoros et Jacquet (1986) puis de nombreux autres auteurs (Peiry 1994 ; Arnaud-Fassetta 1998 ; Salvador *et al*. 2005).

Les nombreux échantillons étudiés sur la plaine deltaïque actuelle et fossile (Arnaud-Fassetta 1998) permettent une comparaison avec les analyses réalisées à Arles.

L'image C/M ainsi obtenue présente quatre segments, délimités par les paramètres Cu, Cs et Cr, représentatifs de trois modes de transport, correspondant respectivement à la limite supérieure du transport, en suspension uniforme, en suspension graduée, et à la limite inférieure du transport par roulement, et présente aussi quatre milieux de sédimentation (fig. 36). Plus les échantillons sont éloignés de la droite C/M, moins les échantillons sont triés par le fleuve. Les sédiments s'écartant de la droite C/M sont interprétés dans le cadre de cette étude comme des dépôts fortement influencés par des apports latéraux anthropiques liés aux activités sur les berges, donc moins soumis au tri hydrodynamique.

L'image C/M obtenue à Arles correspond globalement à des sédiments appartenant à des milieux de sédimentation peu dynamiques. La plupart des échantillons sont en dessous de la valeur Cs (limite supérieure de la suspension graduée). Les sédiments sont donc transportés dans la colonne d'eau et viennent se déposer sur des rives immergées probablement protégées par des irrégularités de berge ou des ouvrages permettant la décantation par chute lente dans la colonne d'eau.

On note cependant la présence de quelques échantillons appartenant au mode de transport mixte roulement et suspension graduée (segment PQ) et de trois prélèvements uniquement liés au roulement (deux échantillons, à 26 et 42 cm sous le sommet de la carotte C2 et un échantillon prélevé à 17,46 m dans la carotte SC1a). Ces échantillons sont représentatifs d'un transport dans des chenaux actifs. Pour le carottage SC1a, il s'agit effectivement des niveaux stratigraphiquement les plus grossiers qui correspondent probablement à un remplissage de chenal ; en revanche, pour la carotte C2, il pourrait s'agir d'un enri-

BAT-03-chap3.indd 70 31/10/14 08:44

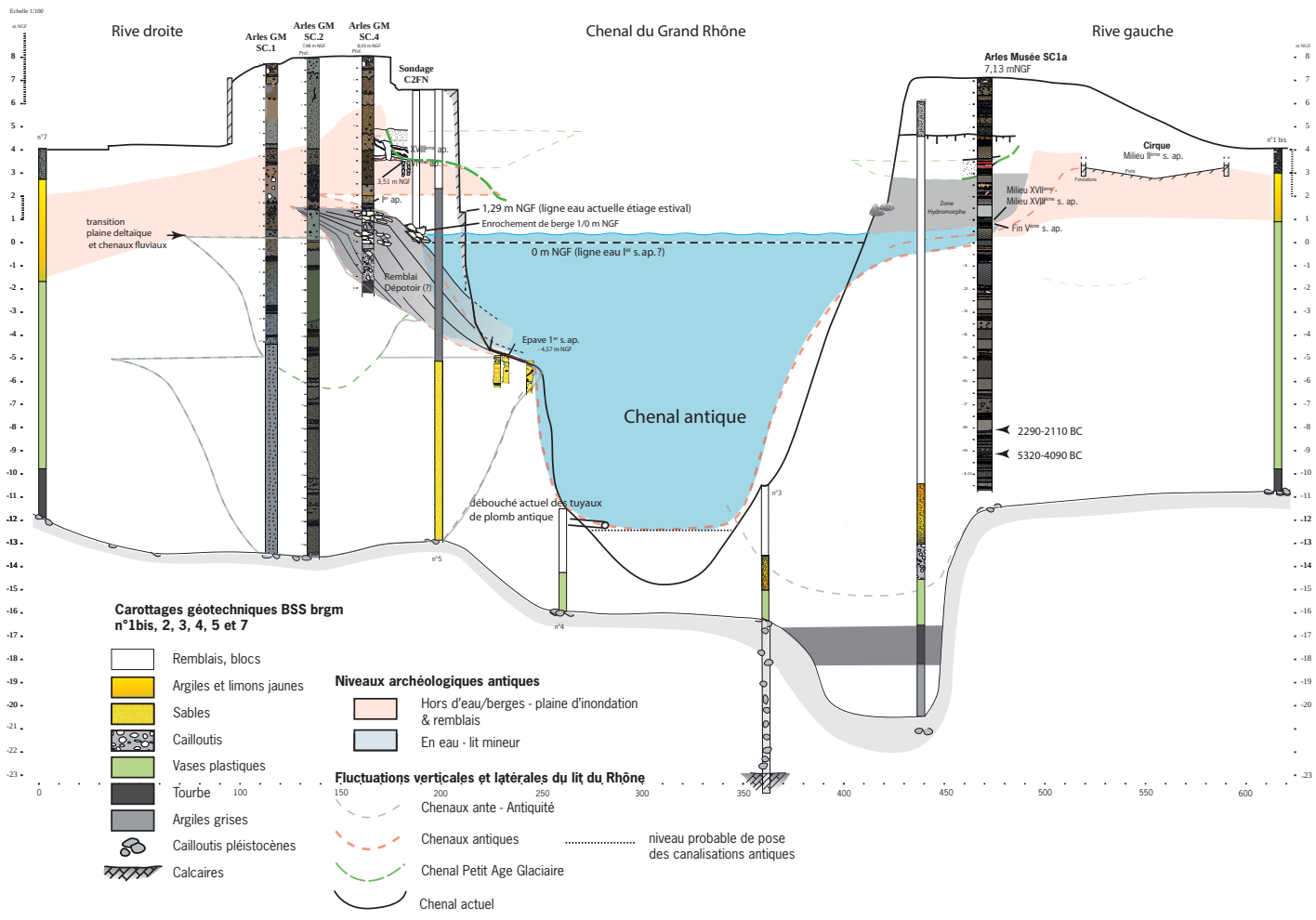

Fig. 37 : *Transect synthétique transverse au Rhône de la rive droite à la rive gauche et passant par l'épave* Arles-Rhône 3 *(d'après Mellinand, Sivan 2011, modifié par. C. Vella, CEREGE).*

chissement en éléments grossiers depuis la berge et/ou d'un agglomérat de grain par de la chaux.

Pour toutes les carottes se situant dans le chenal, on notera la hausse de la granularité au sommet indiquant une hausse des dynamiques soit avant l'échouement de l'épave (carottes C2, C11), soit avant leur recouvrement par les dépôts sus-jacents (dépotoir, remblai,…).

Une image C/M des dépôts datant de la période Ier s. av./IIe s. ap. J.-C. (fig. 36) a été réalisée sur quatre des carottages (C2, C3, C11, SC1a) convenablement datés et permettant un début d'individualisation des dépôts entre le IIe s. av. et le premier quart du Ier s. ap. et entre le Ier s. av. et le milieu du Ier s. ap. J.-C. Le lot de sédiment le plus ancien semble affecté par des tailles granulométriques plus importantes que le second lot, comme si l'hydraulicité entre le IIe s. av. et le premier quart du Ier s. ap. présentait un caractère plus dynamique.

RECONSTITUTION DU PALÉOCHENAL DU RHÔNE DANS L'ANTIQUITÉ

L'épave *Arles-Rhône 3* a été replacée dans le contexte géomorphologique et archéologique du chenal entre les deux rives du fleuve. Les structures sont projetées sur un transect fictif centré sur l'épave *Arles-Rhône 3* et limité aux deux berges actuelles (fig. 37). Rive gauche, les sondages SC1, SC2, SC4 (diagnostic Gare Maritime), un carottage d'essai réalisé par le C2FN entre la route longeant le quai Napoléon et la Gare Maritime, et le sondage Zone 2 du diagnostic archéologique de la Gare Maritime permettent de reconstituer la stratigraphie de la berge composée de trois complexes sédimentaires principaux, recoupé par un quatrième ensemble sableux de chenaux de débordements à proximité du chenal actuel (fig. 37). En rive gauche, le sondage de l'extension du musée de l'Arles Antique (SC1a) rend compte d'une organisation stratigraphique sensiblement identique.

BAT-Archaeonautica-001-330.indb 71 28/10/14 14:18

Le transect ainsi reconstitué pour le Ier s. ap. J.-C. montre clairement en rive droite une plaine d'inondation caractérisée par des dépôts laminés, des traces d'oxydation et des pseudo-sols caractéristiques des dépôts de berges mais où les remblais et les dépôts limoneux massifs très oxydés dominent. Ces dépôts contiennent de nombreux fragments de céramiques, récupérés dans le carottage, et indiquent un âge compris entre le début du Ier s. ap. J.-C. et le début du IIe ap. J.-C. Les traces d'occupation sont formées par d'épaisses couches de remblais, mur ou brasier de construction, blocs qui ont été traversés par le carottage (Mellinand, Sivan 2011). Cette plaine se situe entre -1 m NGF et +1 m NGF et les trois carottages (SC1, SC4 et SC6) rendent compte de dépôts sédimentologiquement très proches de berges ou plaine d'inondation reposant sur des dépôts antérieurs plus proches pour ces derniers de chenaux fluviaux.

Le sondage d'essai du C2FN est très mal préservé mais à la base, entre 1 et 0 m NGF, le carottage a buté sur un bloc dont 40 cm ont été prélevés d'un seul tenant sans être totalement traversé ; assez épais, il est interprété comme appartenant à un ouvrage (enrochement ?) repéré par géophysique (Vella, Hermitte, Parisot 2009). La position altimétrique de cet ouvrage correspond exactement à la transition entre plaine deltaïque occupée des carottages SC1 et SC2 et chenaux alluviaux de rive droite. Les sondages de la zone 2 du diagnostic archéologique de la Gare Maritime montrent que plusieurs structures datées du Ier s. ap. J.-C. sont situées à 1,80 m NGF et correspondent à des fosses, et leur remplissage de blocs lithologiquement variés (schistes, serpentines, grès) en réemploi probable et portant des traces de lithophages (Melinand, Sivan 2011), mais aussi de *Serpulidae* (obs. personnelles). La limite inférieure de ces structures n'a pas pu être atteinte. En rive gauche, les dépôts situés entre -0,90 m NGF et +1 m NGF correspondent eux aussi à un changement de faciès. Aux argiles et sables moyens de la base du carottage succèdent les dépôts à domination sableuse et oxydé interprétés ici aussi comme une plaine d'inondation. Les dépôts à 7,95 m de profondeur (environ -0,80 m NGF) sont datés entre 94 BC et 62 AD. En s'éloignant vers l'est, le cirque du milieu du IIe s. ap. J.-C. situé au-dessous de +3 m NGF donne la limite supérieure des berges pour les périodes antérieures si l'on admet aucun creusement entre son édification et la mise en place des berges du Ier s. Enfin, l'épave *Arles-Rhône 3*, située à environ -4 m NGF et les tuyaux de plomb découverts vers 14 m de profondeur (Long, comm. personelle), permettent de proposer une reconstitution du profil du chenal. L'épave repose alors sur une « banquette » ou berge sous-aquatique à environ -4 m NGF alors que le chenal est creusé à environ -11 ou -12 m NGF. L'épave est située latéralement à environ 35 m des blocs supposés former un enrochement de berge. L'épave serait ainsi considérablement écartée de la ligne de rivage. Il faut cependant modérer cette hypothèse par le fait que cet enrochement n'est ni daté ni reconnu dans son extension vers le fleuve. Le dépotoir, dont l'extension est nettement perceptible au niveau de la carotte C12, pourrait être la partie sous-aquatique d'une berge toute proche située à environ une dizaine de mètres de l'épave. Ces divers éléments permettent aussi de proposer une position approximative de la ligne d'eau en période de basse eau pour le début de notre ère. À Arles, si l'on s'en tient à la position de la plaine identifiée dans les sondages et l'existence de cet enrochement de rive droite, la ligne d'eau serait située à environ 0 m NGF. Cette position est à 1 m au-dessous de la ligne d'eau actuelle qui, en été, se situe approximativement à un peu plus de +1 m NGF. Ces valeurs sont tout à fait compatibles avec un niveau marin identifié sur la marge est du delta du Rhône pour cette période autour de -0.75 cm NGF (Vella, Provansal 2000). Dans ce cas, la profondeur d'eau au niveau de C12 serait d'à peine 2 m et d'environ 4 m au niveau de la partie avant de l'épave.

DISCUSSION

La comparaison des images C/M acquises sur le delta du Rhône au Carrelet et sur le site de Cabassole (Arnaud-Fassetta 1998) avec les échantillons prélevés dans le Rhône dans la traversée d'Arles pour l'Antiquité romaine montrent des caractéristiques nettement plus grossières pour ces derniers (fig. 36). Les sédiments d'Arles entre 165 av. J.-C. et 66 ap. J.-C. sont parmi les plus grossiers de l'ensemble des dépôts prélevés. Ces caractéristiques granulométriques pourraient indiquer une hausse des dynamiques hydrosédimentaires. Cette hausse de l'hydraulicité a été interprétée comme une « crise » hydrologique observée sur la plaine deltaïque (Arnaud-Fassetta 1998, 2002) et à Arles (Arcelin *et al.* 1999) mais son origine climatique est discutable. En effet, les corrélations effectuées précédemment entre cet épisode et d'autres évènements qui concernent toute l'Europe sont légèrement plus tardifs (Ollive *et al.* 2006 ; Leveau 2007 ; Salvador *et al.* 2004, 2005). On constate en revanche à l'échelle régionale une déconnexion entre l'activité du Rhône et celle des petits bassins versants du Languedoc (Devillers, Provansal 2003), de Provence (Bruneton 1999) et plus globalement de l'activité fluviale dans les Alpes du Sud (Magny,

BAT-Archaeonautica-001-330.indb 72 28/10/14 14:18

Miramont, Sivan 2002). Cette « crise » serait d'autant moins climatique qu'elle est contemporaine de bas niveaux de lacs dans le Jura et des reculs glaciaires dans le nord des Alpes (Magny, Miramont, Sivan 2002).

L'hypothèse d'un forçage anthropique sur l'hydraulicité, compte-tenu de sa relative modestie en temps et en intensité, est d'autant plus renforcée par ces déconnexions (Bruneton *et al*. 2001) entre plus fort régime du fleuve et faible activité alluviale dans les petits bassins versants, notamment dans les Alpilles proches (Bruneton 1999) et en Languedoc (Devillers, Provansal 2003). Dans les Alpes, les phénomènes décrits par Philippe Leveau (2007) en Haute-Tarentaise sont contemporains de la deuxième partie du IIe s. ap. J.-C., ou de la période IIe-IIIe s. ap. J.-C. pour ceux affectant le Haut-Rhône (Salvador *et al*. 2004, 2005).

Pourtant le Rhône semble bien être entre Lyon et la mer soumis à un régime hydrologique à la hausse autour du changement d'ère. À Lyon, entre le Ier s. av. J.-C. et le IIe s. ap. J.-C., cinq grandes crues ont été enregistrées (Salvador *et al*. 2002 ; Berger *et al*. 2009 ; Bravard, Provansal (dir.) 2011), et le site antique de Saint-Romain-en-Gal est exhaussé par un remblai de 3 m pour se protéger des crues (Le Bot-Helly, Helly 1999). Ce remblaiement, intervenant entre 50 et 70 ap. J.-C. (Savay-Guerraz, Prisset 1992 ; Le Bot-Helly, Helly 1999), pourrait tout à fait être contemporain du remblaiement observé lors du diagnostic de la Gare Maritime.

La forte hydraulicité du Rhône aval au changement d'ère semble brève et somme toute modérée. La présence de nombreuses épaves, dont certaines tardives, alignées sur la bordure actuelle du quai, ainsi que les nombreux vestiges qui enregistrent l'élévation verticale de la berge, démontrent toutefois la stabilité latérale des limites de berge. La fouille d'une cave place Jean-Baptiste Massillon (Isoardi 2010), en rive gauche du Rhône, a permis d'accéder à des enregistrements sédimentaires montrant l'existence de quatre crues contribuant à un colmatage d'environ 2 m entre le Ier s. et le II-IIIe s. ap. J.-C. La moitié du colmatage est formée de dépôts de crues, le reste étant des couches dépotoirs. Quatre crues importantes ne constituent pas un rythme anormal d'évènements en un ou deux siècles, bien au contraire. En rive droite le récent diagnostic de la Verrerie montre, entre le Ier s. av. et le II-IIIe s. ap. J.-C., l'existence d'un épais dépôt sablo-limoneux intercalé entre deux niveaux de villas. Ce dépôt massif est interprété pour l'instant comme un dépôt de crue unique sur la berge externe du fleuve (Vella 2013). Donc, l'augmentation de l'hydraulicité dans le chenal au changement d'ère se traduit hors du chenal par l'existence de dépôts de débordements sur les berges tant en rive droite, que gauche. La contraction du chenal à partir de remblaiements observés à Arles a pu jouer un rôle important dans la modification de l'écoulement, au moins localement. Enfin, cette activité est corrélée avec la seconde avancée du delta sur la mer par ordre d'importance durant le deuxième âge du Fer (Vella *et al*. 2008).

CONCLUSION

Le chenal du Rhône perdure depuis l'Antiquité dans sa position au niveau de la traversée d'Arles alors que quelques kilomètres en aval, sur sa plaine deltaïque, il va connaître pour la période antique de nombreuses avulsions. L'étude géomorphologique menée à partir des carottages réalisés sous et autour de l'épave *Arles-Rhône 3* permettent par ailleurs de caractériser un évènement hydrologique important précédent immédiatement le naufrage du chaland, cet évènement semble s'inscrire dans une période hydrologiquement agitée reconnue par ailleurs sur le delta du Rhône et sur le Rhône aval en général. L'origine anthropique de ce phénomène est probable en regard de l'importante contraction du chenal en rive droite et gauche suite aux aménagements du chenal postérieurs au Ier s. ap. J.-C.

Quant à l'environnement immédiat de naufrage du chaland, la position de la berge ne peut pas être exactement précisée. Celle-ci se situe très probablement sous le quai actuel, ou légèrement plus à l'ouest si les enrochements reconnus par la résistivité électrique et les carottages sont contemporains de l'épave. Les apports sédimentaires depuis les berges proches semblent cependant nombreux et discriminés par l'image C/M. La variabilité importante longitudinale des stratigraphies reconnues dans les carottages pourrait indiquer des perturbations dans les écoulements hydrauliques en lien avec des irrégularités de berges naturelles ou anthropiques liées à la présence du dépotoir ou d'ouvrages sur les berges. La berge serait donc très proche du lieu du naufrage[11].

11. Les auteurs remercient L. Long pour les nombreuses informations non publiées fournies pour l'écriture de cet article, ainsi que J. Le Doaré, S. Garcia, R. Cagna et Arnaud du navire *Haliotis* (GENAVIR) pour leur aide lors de la campagne *Roustan 2*. Enfin, nous tenons à remercier S. Marlier pour son travail de relecture et sa contribution à l'amélioration du texte

BAT-Archaeonautica-001-330.indb 73 28/10/14 14:18