

# Les villes romaines face aux inondations. La place des données archéologiques dans l'étude des risques fluviaux

Allinne, Cécile

## Introduction

1Cet article présente un ensemble de réflexions élaborées dans le contexte d'une collaboration avec des géographes et des géomorphologues spécialistes de l'étude des milieux fluviaux dont les travaux touchent à la période romaine. L'objectif est d'attirer l'attention sur le potentiel d'information qu'apportent des données archéologiques pour alimenter les réflexions sur le rôle des sociétés urbaines dans la transformation des environnements fluviaux dans l'Antiquité et l'aggravation éventuelle des risques. Faute de documentation disponible, ces thématiques n'étaient jusqu'ici abordées que pour des sociétés plus récentes, modernes et contemporaines (Allard *et al.*, 1996 ; Allard, 2000 ; Favier et Granet-Abisset, 2000 ; Gache, 1996 ; Métaillé, 1993 ; Stoff 1993). Les indicateurs archéologiques, lorsqu'ils ne sont pas réduits à fournir des supports chronologiques aux études paléo-environnementales, apportent en effet des renseignements sur la gestion des environnements humides qui intéressent les géomorphologues attentifs aux facteurs de modifications des milieux fluviaux. L'étude archéologique permet entre autres d'étudier les réponses techniques apportées par les populations au problème de l'inondation. Le choix des différents modes de défense est interprété comme l'expression d'une certaine attitude des groupes sociaux face au risque naturel. Ces données complémentaires à l'analyse strictement géomorphologique sont encore largement sous-exploitées parce que les vestiges archéologiques témoignant d'une volonté d'aménager les zones humides et inondables restent mal connus, tandis que leur impact sur le milieu est souvent sous-estimé.

2Le cas de la ville d'Arles fournit un bon exemple de la façon dont une lecture fine des données archéologiques peut modifier l'appréhension du risque fluvial sur un site (fig. 1 et fig. 2). Les principales phases d'évolution hydrologique du Rhône au cours de l'Antiquité ont été définies à partir de l'exploitation de différentes carottes sédimentaires, dont la principale est la carotte dite « Piton » (Arnaud-Fassetta *et al.*, 2005 ; Bruneton *et al.*, 2001). À l'exception des années 75-150 ap. J.-C., la rive droite du Rhône fut régulièrement soumise à des inondations, avec d'importants problèmes de sapement des berges et une forte humidité des terrains adjacents. Des fouilles archéologiques effectuées à quelques mètres du site de carottage « Piton » ont montré que les zones inondables et humides identifiées par les environnementalistes avaient été densément loties, en plusieurs phases, entre la seconde moitié du I<sup>er</sup> siècle av. J.-C. et la fin du III<sup>e</sup> siècle ap. J.-C., pendant des périodes de forte activité hydrologique (Allinne *et al.*, 2003) (fig. 2). L'urbanisation du lit majeur fut possible grâce au recours à différentes techniques permettant de limiter le risque fluvial : endiguement du chenal entre des quais maçonnés, modes de fondation sur vides sanitaires, drainage des terrains.

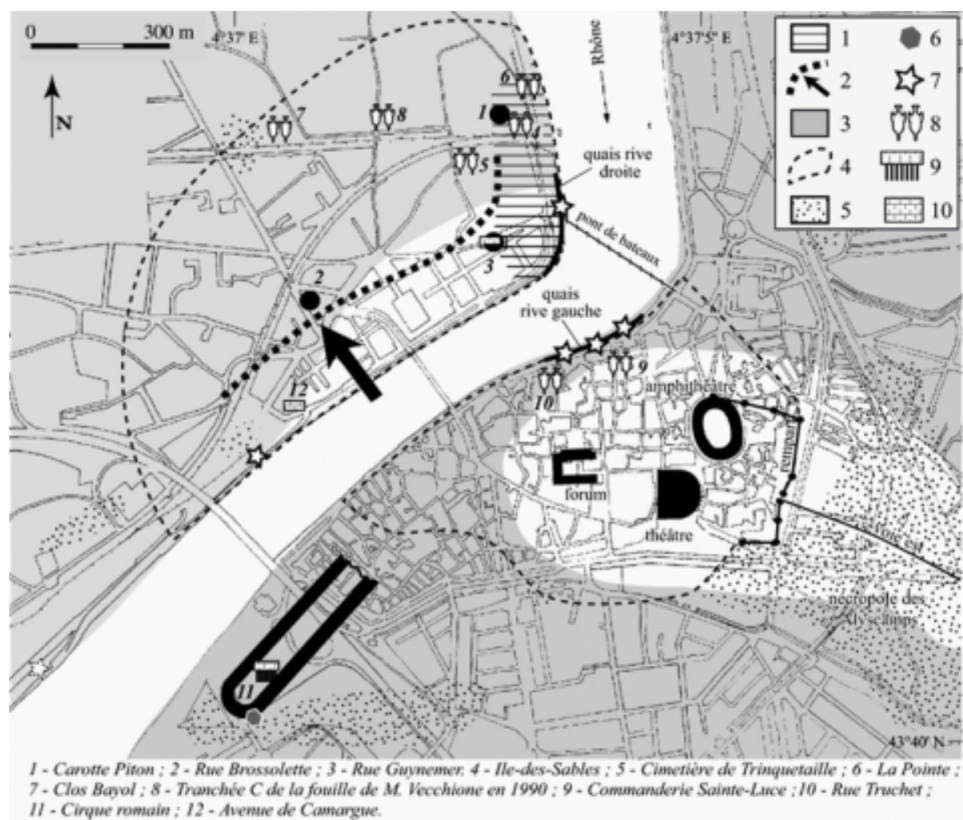
Fig. 1 – Carte générale montrant la localisation des sites mentionnés dans le texte.

Fig. 1 – General map. Location of the sites cited in the text.



Fig. 2 – Le risque fluvial à Arles (Bouches-du-Rhône) à l’époque romaine (fond de carte Heijmans et Sintès, 1994).

Fig. 2 – Fluvial risk at Arles (Bouches-du-Rhône) during the Roman period (map from Heijmans and Sintès, 1994).



1 - Carotte Piton ; 2 - Rue Brossolette ; 3 - Rue Guynemer ; 4 - Ile-des-Sables ; 5 - Cimetière de Trinquetaille ; 6 - La Pointe ; 7 - Clos Bayol ; 8 - Tranchée C de la fouille de M. Vecchione en 1990 ; 9 - Commanderie Sainte-Luce ; 10 - Rue Truchet ; 11 - Cirque romain ; 12 - Avenue de Camargue.

1 : zone de mobilité du chenal ; 2 : déplacement du chenal vers l’ouest au VIe siècle et limite de la

levée de berge ; 3 : extension théorique de la crue de 20-10 av. J.-C. Les dépôts ont été identifiés sur les sites Sainte-Luce et Truchet à 4,6 m NGF ; 4 : extension de la ville du haut Empire (seconde moitié du I<sup>er</sup> siècle – seconde moitié du III<sup>e</sup> siècle) ; 5 : nécropoles ; 6 : maisons des IV<sup>e</sup>-VI<sup>e</sup> siècles, quartier du cirque ; 7 : vestiges de quais. 8 : constructions sur amphores et drains ; 9 : fondations sur pieux ; 10 : murs de protection ( ?).

1 : *river bed mobility zone* ; 2 : *westward channel migration during the 6th century, and levee limits* ; 3 : *theoretical extension of the 20-10 BC flood ; the deposits were identified at the Sainte-Luce and Truchet sites at 4.6 m a.s.l.* ; 4 : *extension of the city in the Early Empire (second part of the 1st century – second part of the 3rd century* ; 5 : *necropolis* ; 6 : *4th-6th century houses, circus area* ; 7 : *dock vestiges* ; 8 : *amphora and drain foundations* ; 9 : *stake foundations* ; 10 : *protection walls ( ?)*.

3 Sur la base de tels exemples, l'article s'attache à montrer de quelle façon les données archéologiques renseignant sur la défense contre les inondations à l'époque romaine nourrissent les réflexions sur les risques fluviaux de l'époque. Une synthèse des réponses techniques apportées pour permettre l'implantation de bâtiments dans des milieux humides sert de support à une discussion sur les capacités des sociétés romaines à endurer, maîtriser ou même à accentuer le risque d'inondation.

## Méthodologie

4 Les données exploitées sont issues d'une thèse de doctorat portant sur l'impact du risque fluvial sur le développement des villes romaines (Allinne, 2005). L'enquête a reposé sur l'étude approfondie de cinq villes de la basse Provence étudiées par les archéologues et les paléoenvironnementalistes : Arles, *Ernaginum* (plaine d'Arles), Avignon, Orange et Riez (fig. 1). Les recherches ont examiné la gestion du risque dans le centre urbain et sur le territoire proche de ces agglomérations. La définition du contexte environnemental et la caractérisation de l'aléa (crues, mobilité du chenal, remontées de nappes phréatiques, problèmes d'évacuation des eaux) ont reposé sur les travaux des géomorphologues de la basse vallée du Rhône, attachés à la définition des paléoenvironnements récents (Provansal *et al.*, 1999 ; Bruneton *et al.*, 2001 ; Arnaud-Fassetta, 2002 ; 2004 ; Arnaud-Fassetta *et al.*, 2005 ; Berger, 1996, 2001). La définition de la vulnérabilité de l'espace urbain s'est appuyée sur l'étude archéologique de la topographie urbaine et des aménagements mis en place par la société romaine pour lutter contre les inondations. Une comparaison avec les solutions développées sur d'autres sites de France, d'Espagne, d'Italie et d'Allemagne a complété cette approche technique.

5 Les connaissances acquises sur l'évolution des conditions hydrologiques ont été mises en parallèle avec l'urbanisation des zones inondables pour définir le poids de la contrainte constituée par le risque d'inondation sur la croissance des sites urbains et évaluer l'impact éventuel des aménagements sur l'aggravation du risque. Ce travail a pris en compte la nature du risque, la morphologie et l'importance des agglomérations, dont dépend le choix des modes de protection.

6 Au sein des recherches sur l'Antiquité, l'étude n'est pas isolée, mais rejoint les travaux déjà effectués sur la Camargue (Arnaud-Fassetta et Landuré, 1997 ; 2003), la moyenne vallée du Rhône (Berger 1996 ; 2001), pour le milieu rural et sur des sites tels que Lyon (Bravard *et al.*, 1997 ; Desbat et Lacoux, 1999), Vienne (Bravard *et al.*, 1990 ; Le Bot-Helly et Helly, 1999), *Ambrussum* (Berger *et al.*, 2004) en France ou encore en Italie avec Aquilée, en Frioul-Vénétie (Arnaud-Fassetta *et al.*, 2003) pour le milieu urbain.

## Les techniques romaines de prévention du risque d'inondation

7 La plupart des agglomérations romaines importantes, dont les grandes villes actuelles comme Lyon, Bordeaux, Strasbourg, ou encore Rome, Londres ou Cologne sont les héritières, sont à l'origine des sites fluviaux implantés au moins partiellement dans la zone inondable. Le contrôle de la navigation et des points de passage des cours d'eau a été un élément fondamental du développement et de la réussite de ces villes, car il leur assurait la maîtrise des échanges économiques et militaires transitant par les voies fluviales et terrestres. Pour les agglomérations de moindre importance, la proximité des cours d'eau, de lagunes ou même de marais était également très recherchée pour la navigation, l'irrigation, les ressources halieutiques et la chasse. Les risques d'inondation liés aux débordements

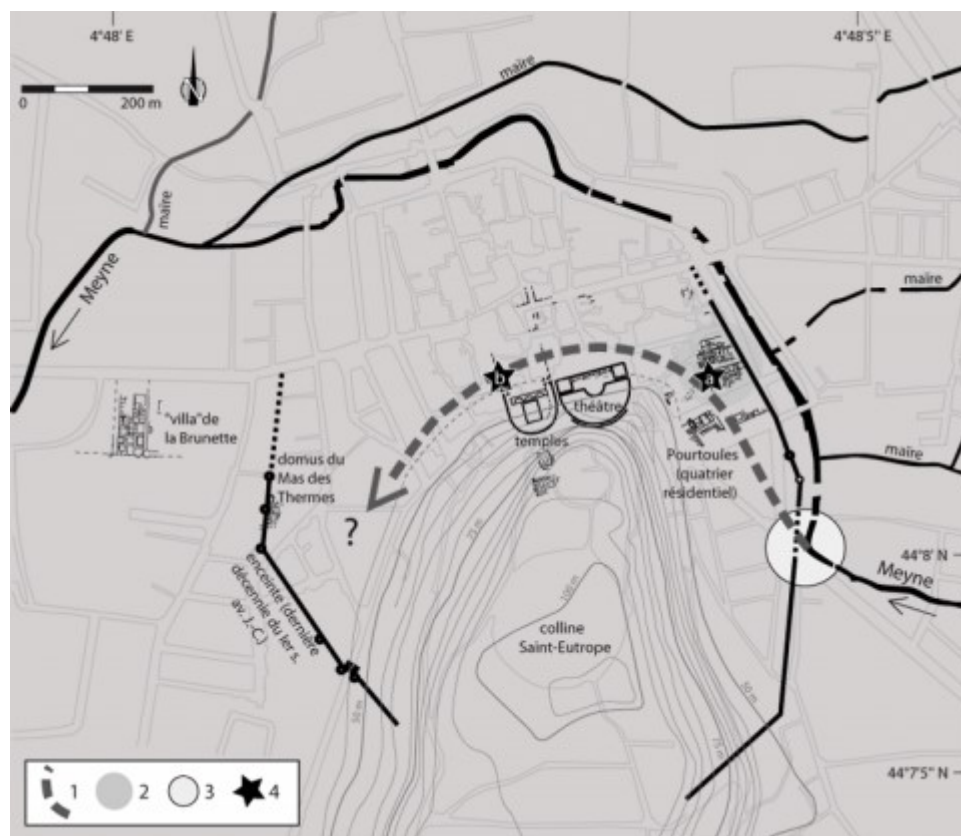
des rivières, des plans d'eau ou à la remontée des nappes phréatiques étaient reconnus et pris en compte dans l'aménagement des sites. Le choix des systèmes mis en œuvre diffère cependant en fonction de la taille et de l'importance économique et politique des établissements. Quatre ensembles de techniques ont été développés.

## Interventions sur le tracé des lits fluviaux

Le détournement de cours d'eau importants n'était pas une opération fréquemment mise en place, mais elle était bien connue des ingénieurs romains. On sait ainsi par Cicéron (À Atticus, XIII, 33) que César avait conçu à Rome le projet de détourner le Tibre contre les collines du Vatican pour éliminer le méandre du Champ de Mars (Allinne et Leveau, 2002). À Orange, la rivière de la Meyne semble également avoir été déviée dans un chenal artificiel creusé autour de la ville. Le centre monumental de la colonie a été construit à l'emplacement d'un ancien lit, entièrement remblayé (fig. 3). Le recoupement d'indices archéologiques invite à attribuer cette dérivation à la période augustéenne, en même temps que la nouvelle colonie se construisait. Les travaux, en assurant l'assèchement du piémont de la colline Saint-Eutrope, autorisaient d'abord la construction du centre monumental (*forum*, hémicycle du temple et théâtre). Mais ils permettaient aussi de réduire l'humidité des sols et d'écarter le danger des crues dans le centre-ville.

Fig. 3 – Hypothèse d'un détournement de la Meyne à Orange (Vaucluse) dans l'Antiquité.

Fig. 3 – Hypothesis of a side channel of the Meyne river in the city of Orange (Vaucluse) during the Antiquity.



1 : proposition de restitution du paléocours de la Meyne ; 2 : site de la RHI Saint-Florent ; 3 : coude de la Meyne ; 4a : talweg comblé de galets, observé sous les maisons romaines ; 4b : profond talweg (substrat à 20 m NGF) comblé jusqu'aux fondations antiques (38,1 m NGF) par des couches de limons, sables et galets (carottage géologique du bureau B. Guégan).

1 : hypothetical reconstruction of the Meyne palaeochannel ; 2 : the archaeological RHI Saint-Florent site ; 3 : an elbow of the Meyne river ; 4a : talweg filled with pebbles discovered under Roman houses ; 4b : deep talweg (substratum at 20 m a.s.l.), filled up to the Roman foundations (38,1 m a.s.l.) by silts, sands, and pebbles layers (coring done by B. Guégan's staff).

La canalisation, le détournement ou l'enfouissement, dans des conduits souterrains maçonnés, des cours d'eau secondaires parcourant les sites urbains sont beaucoup plus fréquents. Ces petits espaces soumis à l'écoulement fluvial sont sacrifiés dès que la pression urbaine réclame le lotissement ou

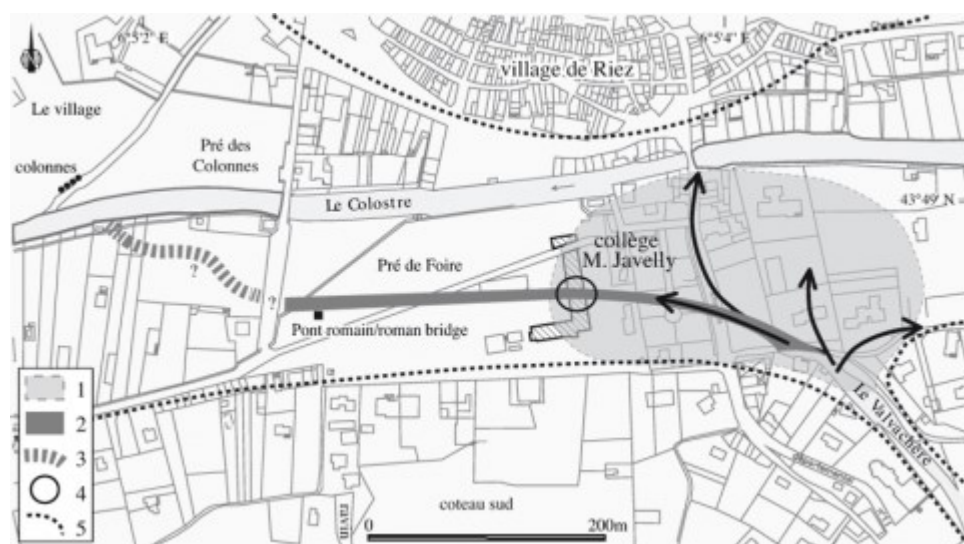
l'extension de nouveaux quartiers. Les cours d'eau sont « étouffés » par l'urbanisation. À Rome, les travaux de Ammerman (1998) ont ainsi montré que la *Cloaca Maxima*, le grand égout collecteur de la ville romaine était à l'origine un petit affluent du Tibre coulant à l'air libre et collectant les eaux des collines avoisinantes. Il a été canalisé vers la fin du VIII<sup>e</sup> siècle av. J.-C. au moment où l'extension de la ville a nécessité l'assainissement du fond de la vallée du Vélabre (Coarelli, 1994). Il a ensuite été couvert de planches de bois avant l'aménagement d'une voûte maçonnée au II<sup>e</sup> siècle av. J.-C. Le cours d'eau devenu égout a été progressivement enfoui, au fur et à mesure que les projets urbanistiques réclamaient le remblaiement des états anciens de la ville. À Bordeaux (Gironde), sur le site de Saint-Christoly, la pression urbaine des III<sup>e</sup> et IV<sup>e</sup> siècles a conduit à sacrifier les deux petits affluents de la Garonne qui traversaient le quartier ; l'essentiel du débit du Peugue a été détourné dans un canal artificiel, repéré 200 m au sud de l'ancien confluent, tandis que la Devèze, qui circulait auparavant dans un lit estimé à une dizaine de mètres de large, a été réduite à un étroit cours d'eau canalisé entre des quais distants de 3,50 m (Barraud et Maurin, 1996).

10 L'effet de ces aménagements sur le risque fluvial est bien sûr à double tranchant : si le détournement des écoulements est un procédé efficace, une canalisation dont le calibre est mal adapté aux débits à écouler en périodes de crue et/ou un accroissement des constructions sur les rives inondables de ces cours d'eau entraînent évidemment une augmentation importante du risque d'inondation.

11 Lorsque la configuration du cours d'eau le permet, l'aménagement de chenaux de crue artificiels ou l'entretien de chenaux existants apparaît comme une technique originale et efficace pour limiter les inondations du centre des villes romaines. Le recours à ce procédé a été mis en évidence dans la petite ville de Riez, installée à l'époque romaine entre deux cours d'eau : le Colostre, dont la configuration antique est encore mal connue, et le torrent du Valvachère, étudié (observations inédites) avec le concours de M. Jorda (fig. 4). En partie édifiée sur le cône de déjection holocène du torrent, la ville romaine avait à gérer des crues très violentes, qui s'écoulaient par une série de chenaux disposés en « patte d'oie » depuis le sommet du cône et creusés dans les dépôts caillouteux. Les fouilles effectuées dans un quartier bordant l'un de ces chenaux (collège Maxime Javelly) ont montré que ce bras du torrent avait été soigneusement canalisé entre des berges retaillées verticalement et partiellement parementées. Le lit naturel fut calibré pour limiter l'effet des inondations sur les quartiers environnants et pour l'intégrer au plan général d'urbanisme de la ville. Les dépôts caillouteux mis au jour dans le fond du chenal, mêlés à du matériel archéologique, attestent que ce canal a efficacement servi à drainer de fortes crues entre le I<sup>er</sup> siècle ap. J.-C. et le milieu du II<sup>e</sup> siècle ap. J.-C., sans que les espaces riverains soient affectés par les inondations (fig. 5). L'observation du cours d'eau se limitant pour le moment au site du collège, il n'est pas possible d'expliquer pourquoi le chenal a cessé de fonctionner à la fin du II<sup>e</sup> siècle. La question est cependant au cœur des travaux engagés sur Riez antique (Borgard, 2004).

Fig. 4 – Le cours canalisé du Valvachère à Riez (Alpes-de-Haute-Provence) à l'époque romaine.

Fig. 4 – The channelled bed of the Valvachère in the city of Riez (Alpes-de-Haute-Provence) during the Roman period.

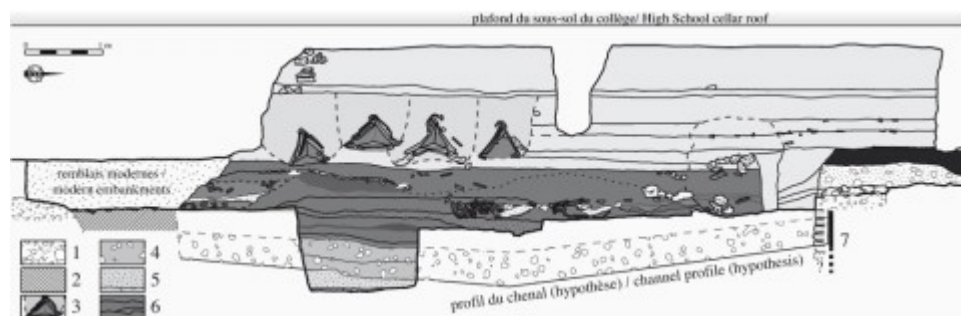


1 : cône de déjection du torrent du Valvachère et écoulement des eaux de crue (flèches) ; 2 : Valvachère antique ; 3 : forme en creux reconnue par prospection géophysique (chenal du Valvachère ?) ; 4 : site du collège Maxime Javelly (complexe thermal et quartier résidentiel traversé par un chenal canalisé) ; 5 : ruptures de pente dans le relief actuel.

1 : the Valvachère alluvial fan and direction of flow (arrows) ; 2 : depression anomaly revealed by geophysical survey (Valvachère's palaeochannel ?) ; 4 : the archaeological site of Maxime Javelly High School (thermal complex and residential area dissected by a channelled river) ; 5 : slope break in the present-day topography.

Fig. 5 – Coupe stratigraphique du chenal canalisé du Valvachère romain (site du collège Maxime Javelly).

Fig. 5 – Stratigraphic sequence of the Roman Valvachère channel (archaeological site of Maxime Javelly High School).



1 : substrat ; 2 : aménagement de berge (voie ?) ; 3 : tombes en bâtière de la fin de l'Antiquité ; 4 : dépôts de crue caillouteux ; 5 : limons et argiles recouvrant une couche gravillonneuse d'une extrême dureté ; 6 : dépotier comblant le chenal, constitué entre la seconde moitié du IIe siècle ap. J.-C. et la fin de l'Antiquité (installation des tombes) ; 7 : mur de renfort de la berge.

1 : substratum ; 2 : embankment work (street ?) ; 3 : tiles graves, end of the Antiquity ; 4 : pebbly flood deposits ; 5 : silts and clays overlying an indurated pebbly layer ; 6 : midden filling the channel and formed between the second part of the 2nd century and the end of the Antiquity (graves construction) ; 7 : bank protection wall.

## L'aménagement du chenal et des berges

12 Le curage des fleuves a été l'une des solutions mises en œuvre par les empereurs de Rome pour essayer de limiter les conséquences des crues. Suétone rapporte ainsi qu'Auguste, qui avait entrepris de moderniser Rome, s'occupa de remodeler le chenal du Tibre pour réduire l'effet des débordements : « pour contenir les inondations, il fit élargir et curer le lit du Tibre qui avait été à la longue rempli de déblais et rétréci par l'extension des édifices » (*Auguste*, XXX, 2). Ces réalisations ne sont connues que par la littérature antique, mais l'archéologie confirme l'emploi de bateaux dragues (grandes barques à fond plat, munies au milieu de la coque d'une trappe oblongue ouverte sur l'eau et par laquelle pouvait être actionné un long godet raclant le fond) pour curer le fond des bassins portuaires (Pomey, 1996 ; Hermay *et al.*, 1999).

13 Plusieurs types d'intervention sur les berges sont par ailleurs attestés. Leur mise en place dépend de la pression urbaine et de la nécessité d'aménager des zones portuaires. Pour les quais, le recours à des techniques de construction qui en font par la même occasion des systèmes de défense contre les crues est indissociable de leur vocation ; ils ne peuvent être utiles que s'ils assurent en même temps la protection des hommes, des navires et des marchandises au moment où elles sont débarquées ou embarquées ainsi que lorsqu'elles sont stockées dans les entrepôts situés sur les berges. L'efficacité de ces ouvrages dépend donc de leur capacité à limiter les contraintes liées au fleuve. La première solution pour maintenir en place des rives soumises à l'érosion fluviale est de les protéger du courant par des rangées de pieux de bois accolés en rangs serrés (palissades) ou des poteaux plus espacés maintenant une cloison de planches (palplanches). L'ouvrage retient soit directement les terres de la berge, soit un remblai venant niveler la surface du sol pour permettre l'aménagement d'une surface de circulation ou d'un débarcadère. En fonction de la nature des terrains, de l'activité érosive du cours d'eau et de l'importance des aménagements portuaires, ces renforts de berges utilisant le bois sont de facture plus ou moins complexe : de la simple palissade (fig. 6) à des aménagements comprenant une

palissade en façade renforcée à l'arrière d'un caisson de fondation soutenant le remblai servant d'assise au quai. Ce dernier type de substruction reste peu répandu. Il s'agit sans nul doute de la technique utilisant des bois la plus solide, mais c'est aussi la plus complexe à réaliser ainsi que la plus coûteuse. Les contraintes qu'impliquait la mise en œuvre d'une telle structure expliquent certainement son emploi limité. Les ouvrages de bois ne sont jamais très élevés et restent relativement fragiles, même si les fondations sont renforcées par des systèmes d'enrochements qui limitent les activités de sapement des structures par leur base, comme cela a été observé par exemple à Rouen sur le site de la rue Jeanne d'Arc (Lequoy et Guillot, 2004). Tout au plus ces constructions peuvent-elles contenir les crues moyennes. La présence de quais maçonnés sur les berges d'un fleuve constitue un meilleur élément de défense. Le cas le plus représentatif de ce type d'aménagement est celui des quais de Rome, dont l'une des parties fouillées (site de Marmorata) était dans un état de conservation exceptionnel (Gatti, 1936) (fig. 7). Sur ce secteur, au II<sup>e</sup> siècle ap. J.-C., la rive était protégée par des quais maçonnés, prolongés vers la terre ferme par une digue importante, excédant de plus de 5 m le niveau du débarcadère et protégeant des entrepôts.

Fig. 6 – La palissade de maintien de la berge de la Brenta à Padoue (Italie), aménagée au I<sup>er</sup> siècle ap. J.-C. (Balista and Serafini, 1992).

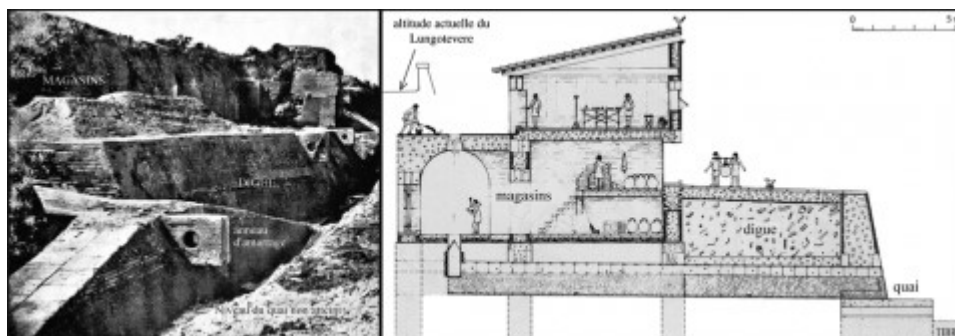
*Fig. 6 – Palisade maintaining the Brenta riverbanks in Padova (Italy), 1st century AD.*



Balista and Serafini, 1992

Fig. 7 – Les digues et quais de Rome au II<sup>e</sup> siècle ap. J.-C. : photographie des vestiges du site « Lungotevere Testaccio 2 » et reconstitution en coupe.

*Fig. 7 – Dykes and docks of Roma during the 2nd century AD, photograph of the 'Lungotevere Testaccio 2' site and reconstruction*

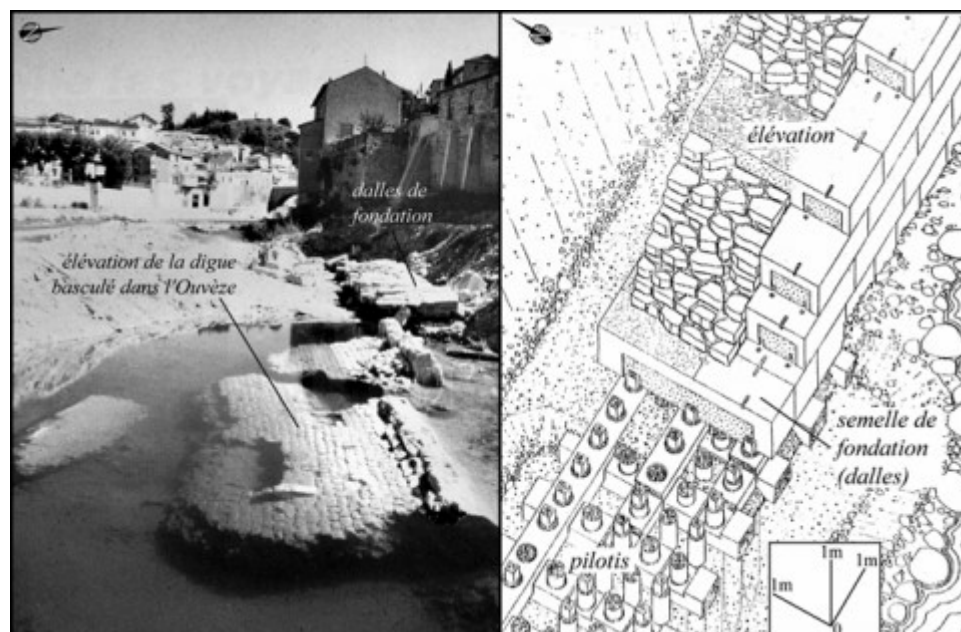


cliché in Gatti, 1936 ; dessin in Meneghini, 1985  
 photograph in Gatti, 1936 ; drawing in Meneghini, 1985

14À Vaison-la-Romaine (Vaucluse) l'endiguement spectaculaire des rives de l'Ouvèze, effectué à la fin du I<sup>er</sup> siècle ap. J.-C., constitue un autre exemple de programme monumental d'aménagement des cours d'eau (fig. 8). Les berges très encaissées du chenal étaient rectifiées et maintenues par deux murs de plus de 5 m de haut et d'au moins 100 m de long, ce qui assurait la protection des riches quartiers de la rive droite et des installations de rive gauche (Mignon, 2000).

Fig. 8 – La digue de Vaison-la-Romaine (Vaucluse), datée du I<sup>er</sup> siècle ap. J.-C.

Fig. 8 – The dyke of Vaison-la-Romaine (Vaucluse), 1st century AD.



Vue du monument au moment de la fouille et axonométrie de la construction (cliché et axonométrie Mignon).

View of the monument just before the excavation and axonometric reconstruction (photography and axonometry : Mignon).

## [Les ponts, cause possible de l'aggravation du risque](#)

15Le mode de construction le plus répandu à l'époque romaine est le pont fixe à une ou plusieurs arches, construit en bois ou/et en pierre. Sur ces ouvrages, les piles sont les éléments les plus sensibles de la construction ; elles supportent le choc du courant ; des embâcles se forment à leur amont et leur base peut être soumise à des phénomènes d'affouillement. Une mauvaise gestion de ces paramètres conduit à l'effondrement des arches ou des piles, et l'accumulation des débris tombés dans l'eau peut contribuer à aggraver l'inondation des rives en perturbant l'écoulement. Les procédés mis en œuvre pour pallier ces contraintes témoignent de la maîtrise des ingénieurs romains. Le pont de Vaison-la-Romaine, construit au I<sup>er</sup> siècle ap. J.-C., illustre le cas d'un édifice à arche unique, dont le diamètre d'ouverture a été calculé pour laisser passer les eaux de crues exceptionnelles (Mignon, 2000). Ce fut l'unique ouvrage d'art de la vallée de l'Ouvèze qui résista à la crue de septembre 1992, bien que sa maçonnerie ait subi de plein fouet la puissance du flux. Lorsque la largeur du fleuve, associée à une profondeur acceptable, impose l'aménagement de piles, les techniques employées dans l'Antiquité pour garantir leur stabilité sont proches des méthodes actuelles. Sur des terrains où les piles ne peuvent reposer sur une couche résistante, l'assise du monument est assurée par l'emploi de fondations sur pilotis simples ou sur caissons (des planches ou des pieux forment la paroi d'un caisson à l'intérieur duquel est installé un pilotis renforcé de poutres longitudinales ; les interstices sont comblés de blocs) (fig. 9). Pour résister à la pression de l'eau, les piles sont ensuite renforcées de contreforts maçonnés de forme arrondie ou en épi permettant de diviser le courant. Dans la partie supérieure des piles enfin, des fenêtres destinées à alléger le bâti et à assurer, en cas de très haute crue, des passages supplémentaires à l'eau peuvent encore être aménagées.

Fig. 9 – Fondations sur pieux (caisson) des piles de ponts.

Fig. 9 – Foundation stakes for bridges piles.





Le pont romain de Mayence (Allemagne), construit sur le Rhin en 27 ap. J.-C. Reconstruction des fondations de l'une des piles sur la berge (Cüppers, 1991).  
*The Roman bridge built on the Rhine in Mainz (Germany) in 27 AD. Foundation reconstruction of one of the piles on the riverbank (Cüppers, 1991).*

16 La meilleure adaptation possible au risque fluvial reste l'aménagement d'un pont de bateaux. Les embarcations constituent des piles flottantes qui n'offrent pas de résistance au passage de l'eau et ne risquent donc pas de s'effondrer. Dans la basse vallée du Rhône, c'est la solution qui a été adoptée à Arles (Daniel, 1994 ; Sintès, 2000). Sur le site, la profondeur du chenal (autour de 19 m actuellement), l'impossibilité d'asseoir les fondations sur un fond stable et le danger des crues constituaient autant d'éléments rendant inappropriée la construction d'un pont de pierre. Les bateaux étaient maintenus à la berge par des amarres fixées à des blocs maçonnés et reliés entre eux par le tablier de bois du pont. Le recours à un pont de bateaux présente toutefois d'autres désavantages majeurs pour les utilisateurs : problème de résistance des amarres, d'entretien des embarcations, mais surtout difficultés ou impossibilité d'assurer le passage d'autres bateaux au droit du pont.

## Ouvrages de défense

17 Qu'il s'agisse de la fortification d'une ville ou de la clôture d'une maison, l'interprétation de leur rôle face au risque d'inondation, voire leur identification, méritent discussion.

18 Premier ouvrage de défense des agglomérations, les enceintes sont souvent considérées comme des moyens de protection efficaces contre les crues. En réalité, la présence de remparts autour d'une ville pose de grosses difficultés de gestion des eaux. En période de crue, l'isolation n'est d'abord possible que si les ouvertures dans la courtine peuvent être hermétiquement bouchées et si le mur est assez épais pour supporter la poussée des eaux. Dans le cas contraire, la déferlante de l'eau par les brèches peut causer dans la ville des dégâts beaucoup plus violents qu'une simple montée des eaux, comme cela s'est vu à Avignon au Moyen Âge, avant que la base de la courtine ne soit renforcée (Fortia *et al.*, 1802). L'autre problème est celui de l'évacuation des eaux infiltrées derrière la muraille et auxquelles la courtine fait obstacle. Cette ambiguïté du rôle du rempart dans la défense contre les crues est bien illustrée à Orange. L'enceinte, édifiée dans la dernière décennie du I<sup>er</sup> siècle av. J.-C., a pu contribuer à détourner les eaux de crue de l'Aygues et de la Meyne et à protéger le centre de la ville (fig. 3). Au début du I<sup>er</sup> siècle ap. J.-C., la destruction, par une inondation, d'un quartier d'habitation situé derrière le rempart (site de la RHI Saint-Florent) montre toutefois que ce dernier n'assurait pas une protection efficace (Mignon, 1996). Les possibilités pour les eaux de crue de s'échapper vers l'extérieur étaient limitées aux ouvertures existant dans la courtine c'est-à-dire les portes et les passages voûtés destinés à l'évacuation des égouts collecteurs, qui s'avèrent insuffisants, en pareille circonstance. La muraille a fait obstacle à la décrue et l'eau piégée à l'intérieur de l'enceinte a stagné dans les maisons jusqu'à provoquer leur effondrement. L'observation des vestiges archéologiques montre en effet que les murs, aux élévations en terre crue, ont été fragilisés parce qu'ils se sont imbibés d'eau. La catastrophe n'a pas été causée par la violence de la crue mais par l'impossibilité

pour l'eau de s'évacuer.

19L'édification de murs de protection autour des propriétés privées installées dans les zones inondables est un autre moyen de défense mais, à la différence des constructions publiques monumentales, ces aménagements sont souvent difficiles à identifier car rien ne les distingue sur le plan technique. Qu'il s'agisse de murs épais ou de talus de terre, leur vocation est le plus souvent déduite de ce que les archéologues connaissent de l'état du milieu. Dans le cas des murs faisant office de digues, l'épaisseur exceptionnelle du bâti et éventuellement l'orientation particulière de la structure (parallèle au cours d'eau) suggèrent toutefois des indices de leur utilisation comme protection contre les inondations. C'est de cette manière qu'ont été interprétés, sur le site d'*Ambrussum* (Hérault), certains murs de clôture qui, à la fin du I<sup>er</sup> siècle av. J.-C., isolaient les parcelles urbanisées des flots du Vidourle (Fiches, 1996). Parallèles au cours d'eau et présentant une largeur inhabituelle (1,50 m), leur construction fut liée à un souci de protéger les installations des débordements du fleuve, particulièrement actif à cette époque (Berger *et al.*, 2004).

20L'identification des défenses prenant la forme de talus de terre est encore plus délicate car ceux-ci conservent rarement un relief suffisant pour être reconnus dans la topographie et une disposition particulière permettant d'affirmer qu'il s'agit bien d'aménagements artificiels. La construction de digues romaines de plusieurs kilomètres de long, constituées, comme les levées actuelles de la Loire, de talus de terre de 3 à 4 m de haut est attestée en milieu rural dans les vallées de l'Adige et de la Brenta, en Italie du Nord (Pesavento Mattioli et Bonetto, 2000 ; Rosada et Bonetto, 1995 ; Fozzati et Toniolo, 1998). La construction de ces structures s'étale de la fin I<sup>er</sup> siècle av. J.-C. au IV<sup>e</sup> siècle ap. J.-C. Les levées artificielles identifiées en Gaule sont beaucoup moins spectaculaires et se confondent souvent avec les levées naturelles des cours d'eau. À Lyon (site de la station de métro Bellecour), une collaboration fructueuse entre archéologues et géomorphologues a révélé l'existence d'un bras fossile du Rhône, sur la berge duquel un bourrelet alluvial de 1 m de haut, avait été surélevé à la fin du I<sup>er</sup> s. ap. J.-C. par l'ajout d'une épaisse couche de remblais successifs, constitués notamment de débris d'amphores (Colas, 2004). Cet aménagement a été interprété comme une digue ou comme un moyen de surélever une voie installée au sommet du remblai. Sur d'autres sites, en l'absence de connaissance sur l'état du milieu, des levées naturelles ont pu être confondues avec des talus construits. Ainsi à Arles (fouilles du cirque romain), l'important bourrelet de terre parallèle au fleuve qui fut découvert au niveau des fondations de l'édifice et qui avait été interprété comme « une sorte de digue de protection contre le Rhône » (Jacob, 1990), pourrait plus vraisemblablement n'être que la levée naturelle du fleuve. La construction d'une digue dans cette partie excentrée de la périphérie de la ville s'explique mal, en effet, car ce secteur était inoccupé avant l'édification du cirque. Ces arguments archéologiques devront toutefois être soumis à la critique des paléoenvironnementalistes.

21La construction sur remblai est le moyen de protection contre les inondations le plus employé sur l'ensemble des villes étudiées. La raison en est qu'il s'agit du système le plus facile à mettre en œuvre, tant par les pouvoirs publics que les particuliers et aussi le moins cher. À moindre coût, il assure l'assainissement des sols et des constructions, protégés à la fois des crues et des remontées de nappe phréatique. L'appréciation de la hauteur de remblai qu'il est nécessaire d'accumuler pour obtenir une isolation optimale est empirique et varie en fonction de l'évolution des conditions hydrologiques. Toutes les mises en œuvre de remblais ne se ressemblent pas ; les travaux engagés sont plus ou moins importants. On distingue ainsi clairement les initiatives privées appliquées à des maisons ou des édifices légers (Arles, site de la Commanderie Sainte-Luce *cf.* Jacob, 1988) et les grands programmes d'aménagements publics impliquant l'exhaussement systématique de tout un quartier préalablement à son lotissement. À Vienne, pour le secteur de Saint-Romain-en-Gal, selon Le Bot-Helly et Helly (1999), ce sont cinquante hectares environ qui ont été « exhausés de deux mètres en moyenne (1 million de m<sup>3</sup> !) en une quarantaine d'années ».

## **Procédés de gestion des terrains humides**

22Les terrains humides ne peuvent être lotis qu'au prix de travaux d'aménagement spécifiques car ils ne présentent pas toutes les conditions de densité, imperméabilité et résistance requises pour assurer la stabilité et l'isolation des bâtis. Deux solutions permettent de pallier ces inconvénients : assurer le drainage des terrains et/ou avoir recours à des fondations adaptées qui assureront la stabilité des bâtiments et l'étanchéité des sols construits et des murs.

23 Le pilotis tel qu'il est utilisé dans l'Antiquité a pour fonction de renforcer la résistance du sol par compression : en insérant de force dans le sédiment meuble et humide des matériaux stables et insensibles aux variations de la teneur en eau du terrain, les sédiments sont comprimés verticalement et latéralement. L'eau et l'air sont chassés sous l'effet de la pression et le sol offre une meilleure portance (Antico Gallina, 1998). Ce type de fondation est approprié aux cas où la profondeur du sol d'assise n'est pas connue ou est trop profonde. Il est très fréquemment employé dans l'Antiquité, où les moyens d'apprécier la qualité des terrains étaient assez limités. Le recours au pilotis implique toutefois de pouvoir estimer la nature du sédiment, sa teneur en eau et le poids du bâtiment, c'est-à-dire la poussée exercée par la construction sur le terrain humide et qu'il faut compenser. Des pieux trop courts ou mal répartis provoquent des dégâts importants sur l'édifice qui peuvent conduire à son effondrement et/ou son enfoncement progressif dans le sol. Des mouvements trop prononcés du terrain peuvent aussi désolidariser les pieux, les briser ou les incliner jusqu'à ce qu'ils glissent et n'assurent plus le soutènement du bâti. La dessiccation des sols peut aussi provoquer leur dégradation rapide. Les pieux se font alors écraser par le poids de l'édifice qu'ils soutenaient. Les bâtiments déséquilibrés se fissurent et s'effondrent alors progressivement. Les fondations sur pieux sont utilisées sur deux types de zones humides : les terrains marécageux d'une part, pour l'assise d'édifices monumentaux, comme le cirque d'Arles ou la digue de Vaison-la-Romaine, et de bâtiments légers (maisons) (fig. 10) ; les berges et fonds de chenaux d'autre part. Ce dernier cas concerne la construction de ponts, de quais ou de tout aménagement destiné à être en contact avec l'eau courante. Bien qu'il s'agisse d'une technique couramment employée, la qualité du pilotis varie beaucoup, surtout dans le cas de constructions privées, comme les maisons, où l'emploi de pieux est souvent limité à quelques pièces voire quelques structures lourdes (portes, seuils, portiques...). Dans un certain nombre de cas, les pieux sont ainsi de longueur médiocre (1 à 2 m en moyenne) et parfois répartis de manière très lâche. Ces observations peuvent indiquer que la saturation en eau du terrain n'était atteinte que très périodiquement et ne nécessitait pas l'emploi d'un pilotis profond et très dense. Elles peuvent aussi être interprétées comme la preuve que le principe n'était pas maîtrisé par tous les constructeurs. Les informations sur l'état des sols dans l'Antiquité manquent en fait trop souvent pour trancher entre les hypothèses.

Fig. 10 – Fondations sur pieux.

*Fig. 10 – Stake foundations.*



1 : édifice monumental, le cirque d'Arles (fin I<sup>er</sup>-II<sup>e</sup> siècles ap. J.-C.) ; 2 : bâtiment léger, la domus ouest de l'Espace du Palais à Rouen (début du III<sup>e</sup> siècle ap. J.-C.) (cliché Ourtilane, in Lequoy et Guilhot, 2004).

1 : *monumental building, the Roman circus of Arles (end of the 1st or 2nd century AD) ; 2 : a small structure, the west domus of the Espace du Palais in Rouen (beginning of the 3rd century AD) (photograph by Ourtilane, in Lequoy and Guilhot, 2004).*

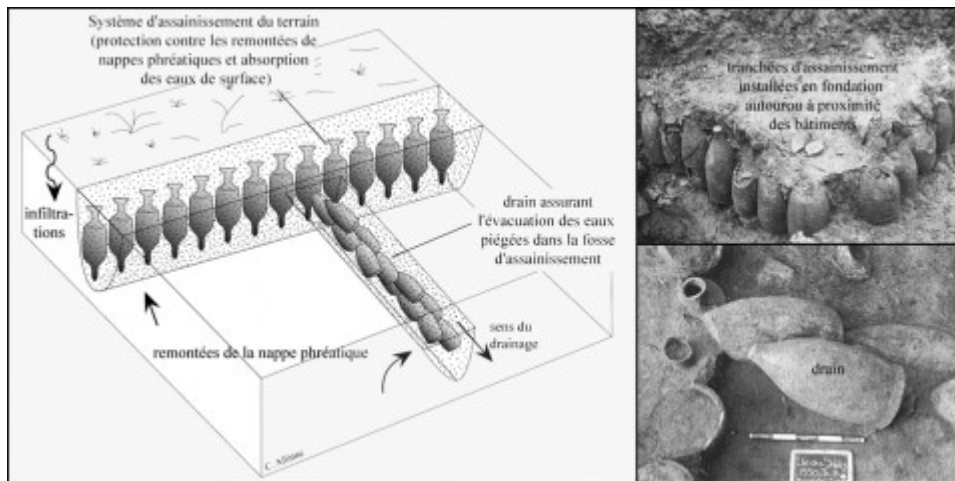
24 Dans certains cas, beaucoup plus rares que les fondations sur pieux, le sol est recouvert de fagots de branchages préalablement aux constructions. Les fascines, disposées en couches plus ou moins épaisses, ont fonction de renfort pour des terrains marécageux et permettent également à l'eau de s'écouler entre les petites branches. Cette méthode a été utilisée indifféremment sur de larges surfaces ou bien sur des espaces restreints. Elle a été notamment bien identifiée à Strasbourg : de vastes secteurs marécageux avaient été aménagés de la sorte pour permettre le lotissement des espaces jouxtant le camp romain d'*Argentorate*, dans les premières décennies du I<sup>er</sup> siècle ap. J.-C. (Baudoux *et al.*, 2002).

25 Les systèmes d'assainissement sont très fréquemment employés. Ces procédés visent non à évacuer l'eau mais à capter et concentrer les infiltrations hydriques dans un espace creux, le vide sanitaire, pour limiter les remontées de nappe phréatique. Cette technique a toutefois des limites : si les remontées d'eau sont trop abondantes, la contenance du vide sanitaire est dépassée et la surface inondée. Les drains peuvent, comme à Arles (fig. 11) accompagner les vides sanitaires : l'eau est piégée dans un vide sanitaire, puis évacuée par différents systèmes de canalisations. Parmi les matériaux utilisés dans l'Antiquité romaine pour aménager les vides sanitaires (bois, maçonnerie, céramique) l'emploi des amphores occupe une place privilégiée (Balista, 1998 ; Antico Gallina, 1998). De taille facile à manier, elles offrent un gros volume, un faible poids et une résistance à la charge très

élevée. Il s'agit en outre d'un matériau peu coûteux et disponible en abondance une fois que son contenu a été utilisé. L'avantage indéniable est que sa panse ménage, si elle n'est pas comblée, un vide important. Les amphores sont enfoncées en terre verticalement, pied en terre ou retournées col vers le bas. Elles sont entières ou tronquées au niveau du col ou de l'épaule. L'organisation la plus fréquente des amphores dans les vides sanitaires est une disposition « en tapis », c'est-à-dire remplissant en fondation la surface entière d'une pièce ou d'un bâtiment (fig. 12). Elles apparaissent aussi fréquemment empilées ou disposées côte à côte dans de longues tranchées situées sous ou au droit des murs (fig. 11).

Fig. 11 – Tranchées d'assainissement et drains du quartier de Trinquetaille à Arles, vers le milieu du 1er siècle av. J.-C.

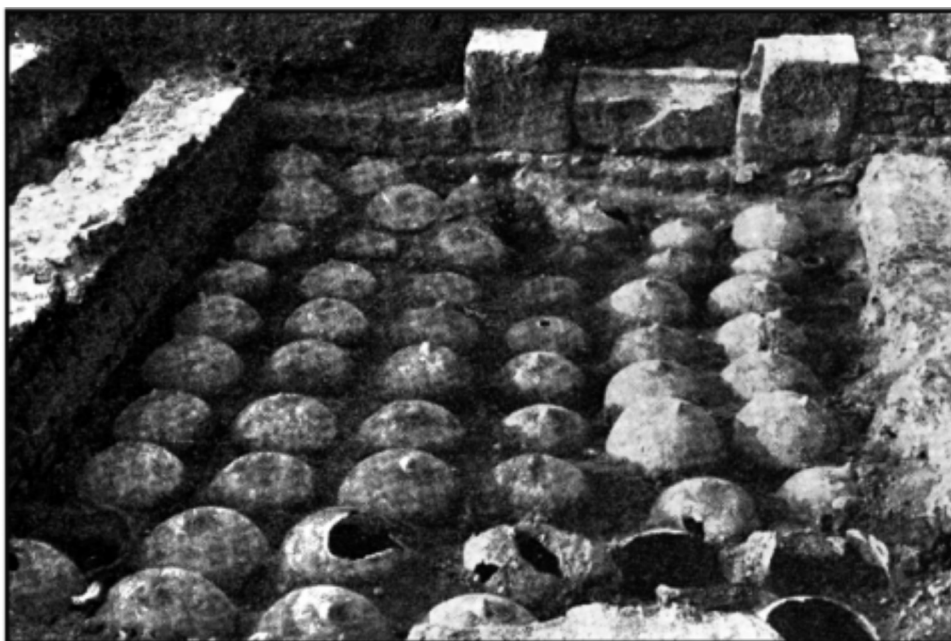
*Fig. 11 – Trench and drainage system in the Trinquetaille district, Arles (middle of the 1st century BC)*



clichés Vecchione, in Laubenheimer, 1998, p. 52  
*photograph by Vecchione, in Laubenheimer, 1998.*

Fig. 12 – Le vide sanitaire de la pièce 72 de la Maison des Dieux Océans à Saint-Romain-en-Gal (Isère), vers 160 ap. J.-C. (Le Glay, 1968).

*Fig. 12 – The crawl space of room 72 of the « Maison des Dieux Océans » in Saint-Romain-en-Gal (Isère), around 160 AD (Le Glay, 1968).*



26Les opérations de drainage proprement dit, c'est-à-dire l'évacuation de l'eau stagnant dans le terrain au moyen de canalisations, étaient également répandues. Elles pouvaient être très élaborées et concernaient aussi bien des secteurs restreints (la surface d'un habitat) que de vastes étendues naturelles (marais, lac). Pour réaliser les drains destinés aux espaces réduits, le matériel le plus utilisé est encore l'amphore. Entières, les amphores sont disposées dans le fond d'un fossé, à plat ou

légèrement inclinées (fig. 11). Lorsqu'elles sont fragmentées, les tessons sont installés à plat en plusieurs couches épaisses ou en couche unique. Dans tous les cas, le principe de fonctionnement est le même : l'eau s'écoule le long des amphores aussi loin que l'installation le permet. Certains systèmes élaborés sont constitués d'amphores dont le pied est coupé et qui sont disposés à plat et emboîtés les uns dans les autres, pour former un véritable conduit. Toutefois, les drains ne sont pas toujours des fossés comblés d'amphores. D'autres matériaux grossiers sont utilisés : sables, déchets de construction, fragments de blocs. Curieusement, les exemples d'utilisation de galets, matériau privilégié de nos jours, sont rares. Leur emploi se limite aux secteurs géographiques où les constructeurs pouvaient en trouver sur place (cas de Vérone en Italie, Cavalieri Manasse, 1998) ou à proximité de la ville (cas de Narbonne, site de Malard, Dellong, 2002). Le drainage des eaux de ruissellement ou des eaux souterraines est aussi assuré par des aménagements construits, maçonnés ou cuvelés de bois.

## **Des procédés techniques dans l'espace et dans le temps**

27La grande variété des réponses apportées au problème de l'inondation montre que les différentes formes de l'aléa étaient bien connues. Tous les moyens développés n'ont cependant pas été employés avec la même fréquence ni sur les mêmes espaces géographiques. Il y a eu des techniques privilégiées et des préférences régionales. La méthode de protection la plus répandue, pour des raisons déjà évoquées, est sans conteste la construction sur remblais, qui isole les sols d'occupation des crues et des remontées de nappes phréatiques. Les fondations sur pieux sont également appréciées. Cette technique était surtout employée pour assurer la stabilité de bâtiments monumentaux (enceinte, temples, digues). Elle est en effet la seule permettant de stabiliser des terrains qui n'auraient pas supporté le poids de telles constructions sans aménagement. La protection des rives est aussi presque systématique. La stabilité et la solidité des berges constituent en effet des conditions indispensables au développement des activités portuaires. La mise en œuvre est lourde (caissons, quais maçonnés) dans les secteurs portuaires permanents où la solidité des constructions est recherchée. Elle est plus légère (palissades) le long des autres tronçons urbains du cours d'eau, où les équipements témoignent d'ajustements plus ou moins temporaires aux modifications des chenaux fluviaux.

28Des particularités régionales se dégagent également. Ainsi le recours massif aux fondations sur amphores concerne essentiellement l'Italie du Nord (vallées du Pô et de l'Adige en particulier) et la Gaule du Sud (Ehmig, 2002). L'emploi du bois dans la construction prévaut nettement en Gaule du Nord. Ces choix spécifiques, qui ne dépendent pas de la disponibilité des matériaux, illustrent la conservation ou la prédominance d'influences culturelles différentes d'une région à l'autre de l'Empire. Les différences régionales dépendent aussi pour beaucoup des ressources disponibles localement. À Amiens, les remblais d'isolation utilisés durant tout le haut Empire sont uniformément constitués d'épaisses couches de craie compactée (Gemelh, 2004). Cet emploi inédit n'est possible que parce que la nature du substrat le permet sur ce site.

29L'ensemble des méthodes présentées est utilisé durant toute l'Antiquité romaine, sans que l'on distingue de préférences selon les périodes. On reconnaît par ailleurs que la conquête a favorisé la diffusion des techniques au sein des provinces, mais ce ne sont pas forcément des inventions romaines. Pour le sud de la Gaule, le début de l'emploi des amphores en fondation à Arles et Narbonne (vers 40 av. J.-C.) coïncide ainsi avec l'implantation des deux colonies romaines (46-45 av. J.-C. à Narbonne, 46 av. J.-C. à Arles). Cette corrélation témoigne de la diffusion par des colons récemment installés en Gaule d'un procédé dont l'emploi caractérise surtout l'Italie du Nord (Pesavento Mattioli, 1998). Pour autant ce n'est pas une innovation romaine : des systèmes d'assainissement sur amphores ont été datés du IV<sup>e</sup> siècle av. J.-C. dans la Marseille hellénistique (Bertucchi, 1992).

## **La gestion du risque fluvial par les sociétés romaines**

### **Impact de l'aléa sur le développement urbain**

30Les travaux menés dans les agglomérations de la vallée du Rhône et les grandes villes des provinces voisines montrent que la société romaine savait s'affranchir des contraintes du fleuve,

même si sa connaissance du fonctionnement fluvial se limitait à une approche empirique qui interdisait toute prévention sur le long terme. L'exemple d'Arles illustre le constat général : les phases du développement urbain, à partir du site du VI<sup>e</sup> siècle av. J.-C., n'ont aucune corrélation avec l'évolution des conditions environnementales. Il est par conséquent inexact de penser que le lotissement des zones basses impliquait des conditions hydrologiques favorables, c'est-à-dire un chenal stable et bien incisé, des nappes phréatiques abaissées et des inondations de faible magnitude. De même, on ne peut tirer argument du lotissement des espaces inondables pour en déduire l'absence de risque hydrologique au moment de l'édification des constructions. L'argument archéologique serait mal utilisé. Le risque d'inondation était donc perçu et globalement bien supporté. Au regard des deux mille dernières années, on peut considérer que les moyens mis en œuvre pour lutter contre l'inondation étaient efficaces puisqu'ils ont assuré la pérennité de l'occupation sur des sites très contraignants, comme Rome. Des différences s'observent cependant entre les sites en fonction de leur taille et de leur importance économique et politique.

## Une variable historique : l'importance des agglomérations

31 Dans un contexte de bonne maîtrise technique, l'impact de la contrainte sur le développement des sites urbains fluctue en fonction de l'importance de la ville au niveau régional. Pour les agglomérations florissantes et attractives, le bénéfice économique, politique ou militaire retiré de la proximité du fleuve prime très nettement le risque encouru. Le lotissement des zones dangereuses, occupées en dépit d'un risque mesuré, est la conséquence directe de la pression urbaine. Les difficultés liées au contexte environnemental ont été surmontées parce que ces villes ont su tirer parti de leur position géographique pour acquérir une importance sur le plan économique et/ou politique qui leur assurait une capacité de résilience élevée. La communauté urbaine possédait les moyens financiers et humains nécessaires pour faire face à l'aléa. Dans cette situation, pouvoirs publics et initiatives privées se conjuguèrent pour établir des moyens de protection. Les pouvoirs publics, dont le rôle est connu par les textes anciens, prenaient en charge le curage et l'endiguement du chenal ainsi que l'entretien des réseaux d'égouts et de voirie. Leur action portait aussi sur la réalisation de grands travaux comme le détournement de cours d'eau ou l'assèchement de lacs ou marais (Allinne et Leveau, 2002). La protection des propriétés privées (maisons, entrepôts) relevait évidemment de la responsabilité des particuliers ; celle des édifices publics (temples, portiques, monuments de spectacles...) était prise en charge par les pouvoirs publics et/ou des mécènes.

32 L'impact du risque sur les agglomérations modestes et les implantations isolées était beaucoup plus marqué. Dans ces cas, les exigences du développement économique ne justifiaient pas une prise de risque croissante. Toutefois la capacité de résilience de ces sites était plus faible face à l'inondation car ces sociétés bénéficiaient de ressources moins importantes. Les réponses à l'aléa diffèrent d'un site à l'autre et témoignent de la variabilité des seuils de tolérance à la contrainte. Le risque est supporté jusqu'à un certain point, après quoi l'abandon des espaces dangereux s'impose. C'est de cette façon qu'a été interprété le déplacement de l'agglomération de Vaugrenier (Arnaud, 2004). La bourgade a été implantée dans les dernières décennies du I<sup>er</sup> siècle av. J.-C. à proximité d'un étang, dans une zone basse marécageuse qui a fait l'objet pour l'occasion de travaux d'assainissement (Arnaud, 2001). À la fin du I<sup>er</sup> siècle ap. J.-C., l'occupation se déplace vers un proche plateau en abandonnant la zone basse. Cet événement a été lié à un épisode de remontée importante du niveau de l'étang et des nappes phréatiques, qui avait provoqué l'inondation des sols bonifiés à la fin de l'époque augustéenne. Dans les Pouilles, en Italie, Compatangelo-Soussignan (*à paraître*) s'est penchée sur les causes du déplacement de l'agglomération de *Salapia* depuis le bord d'une lagune, alimentée par trois fleuves, vers le littoral de l'Adriatique, au I<sup>er</sup> siècle av. J.-C. L'abandon de l'implantation initiale a été provoqué non par la récurrence des inondations mais par l'impossibilité de mettre en œuvre des moyens de contrôle du risque sanitaire lié au milieu humide.

33 L'appréhension des réponses sociales face à l'aléa est encore plus nuancée à l'échelle du site urbain, où l'on distingue des différences dans la gestion du risque d'un quartier à l'autre et d'une époque à l'autre. L'évolution du secteur du cirque romain d'Arles illustre ce constat. Le bâtiment a été implanté entre la fin du I<sup>er</sup> et le milieu du II<sup>e</sup> siècle ap. J.-C. dans une zone basse marécageuse très exposée aux crues du Rhône et jusqu'alors inoccupée (fig. 1). Monumental et construit sur pieux, il s'agit néanmoins d'un édifice peu vulnérable. Par ailleurs aucune population permanente n'était exposée à l'inondation car les alentours n'étaient pas habités. En dépit des inondations qui ont affecté le site

entre le II<sup>e</sup> et le IV<sup>e</sup> siècle ap. J.-C. (Bruneton *et al.*, 2001), le risque n'était pas élevé. En revanche, le quartier d'habitation implanté contre les flancs extérieurs sud-est du bâtiment, à la fin du IV<sup>e</sup> et au V<sup>e</sup> siècle, présenta une vulnérabilité accrue. Les maisons ne bénéficiaient d'aucune autre défense que le mur protecteur de l'édifice, dans un contexte hydrologique correspondant au début d'une crise majeure reconnue par Provansal *et al.* (1999). Le quartier a d'ailleurs été fortement endommagé par un débordement du Rhône dans la première moitié du V<sup>e</sup> siècle, ce qui n'a pas empêché sa reconstruction par la suite (Sintès, 1994). Pour autant, on ne peut conclure de cet exemple que le risque était moins bien évalué et géré à la fin de l'Antiquité. Le lotissement du secteur du cirque résulte de circonstances historiques indépendantes des conditions naturelles. Le tournant des IV<sup>e</sup>-V<sup>e</sup> siècle se caractérise à Arles par un apport massif de population, auquel le pouvoir central a fait face en livrant progressivement à la construction la quasi-totalité des terrains et édifices publics (Sintès, 1994). Pour ces nouveaux habitants, le risque est supporté par nécessité. L'afflux démographique vers Arles est la conséquence des troubles que connaît la vallée du Rhône dans le contexte des mutations sociales, militaires et politique de la fin de l'Empire. Pour ces populations réfugiées, le profit sécuritaire et économique retiré de la proximité de la ville, l'une des plus importante de Gaule au V<sup>e</sup> siècle, déterminait un seuil de tolérance élevé face à la contrainte fluviale : en dépit des inondations, le quartier du cirque n'a été abandonné qu'au VI<sup>e</sup> siècle, lors des grandes transformations du paysage urbain.

## Une variable environnementale : l'évolution de l'aléa

34 L'indépendance de l'évolution urbaine face au risque fluvial qui est observée pour les villes du haut Empire, résulte d'un équilibre acquis entre l'aléa et l'état des connaissances techniques des sociétés en matière de défense contre les inondations. Lorsque les conditions hydrologiques évoluent vers un état de crise prolongée et que les systèmes de protection ne progressent pas, la stabilité du système est rompue. La question de l'impact d'une phase de péjoration des conditions hydrologiques sur le développement des villes fluviales se pose pour la fin de l'Antiquité (IV<sup>e</sup>-VI<sup>e</sup> siècles). Cette époque est caractérisée sur le plan historique par des bouleversements profonds des structures politiques, économiques et religieuses. À l'échelle de l'histoire des villes, ces changements se traduisent par une refonte complète de l'organisation urbaine. On constate de manière générale une rétraction prononcée des espaces occupés. Ce processus de repli s'accompagne d'un souci de protection du noyau urbain d'un point de vue militaire. Les nouvelles villes sont entourées de remparts. Leur centre est déplacé vers un site offrant des atouts défensifs, souvent des points hauts. Cette époque correspond également sur le plan environnemental à une évolution vers une période de crise hydrologique majeure, au moins pour la façade méditerranéenne (Leveau *et al.*, 2002 ; Provansal *et al.*, 1999). La mise en parallèle des observations effectuées sur l'évolution des structures urbaines d'une part et des conditions hydrologiques d'autre part peut conduire les archéologues et les paléoenvironmentalistes à lier l'abandon des sites inondables à l'accroissement des contraintes liées à la proximité des cours d'eau. La corrélation des deux phénomènes est parfois surprenante, particulièrement dans le cas des agglomérations secondaires, moins résilientes. À Riez, l'occupation urbaine abandonne le fond de vallée au profit des hauteurs de la colline Saint-Maxime entre le IV<sup>e</sup> et le V<sup>e</sup> siècle. L'étude des épaisses couches de galets alluviaux qui recouvrent les niveaux abandonnés de la ville romaine (site du collège Maxime Javelly, observations inédites effectuées avec le concours de M. Jorda) montre que ce repli s'est effectivement produit au moment où les conditions de l'écoulement se sont fortement détériorées. L'augmentation des risques a conduit les sociétés à rechercher de nouveaux moyens de gestion. Aux IV<sup>e</sup>-VI<sup>e</sup> siècles, le délaissement progressif des modes de vie et des techniques romaines du haut Empire a conduit à adopter la solution la plus simple : l'abandon des zones inondables. On ne peut expliquer systématiquement l'évolution des structures urbaines occupant des sites fluviaux par l'augmentation du risque fluvial à la fin de l'Antiquité, mais il est certain que la crise hydrologique a favorisé le repli de l'occupation vers les points hauts (Leveau *et al.*, 2002).

## L'impact des aménagements urbains sur l'aggravation du risque

35 L'impact des travaux de protection contre l'aléa varie en fonction des techniques employées. La



plupart des procédés utilisés par les Romains interviennent peu sur le fonctionnement fluvial lui-même. Remblais d'exhaussement, fondations sur pieux et constructions sur vides sanitaires sont des solutions d'adaptation à la lutte contre l'humidité. La construction de ponts fixes et les aménagements destinés à stabiliser les berges, en revanche, constituent des obstacles qui contrarient les formes naturelles d'écoulement. En favorisant la formation d'embâcles, de seuils et de bas-fonds, ces constructions perturbent les dynamiques fluviales et peuvent accentuer les risques d'inondation à proximité. Il est toutefois difficile à l'échelle du site archéologique de déterminer dans quelle mesure la présence des ponts et des aménagements de berge a pu aggraver les inondations dont témoignent les laisses de crue.

36Le drainage des marais et les travaux de dérivation des cours d'eau modifient également les écoulements. Ce type d'entreprise protège efficacement le site pour lequel il a été mis en place. Le risque est en revanche accru dans les secteurs vers lesquels l'eau a été détournée. L'élargissement des études aux secteurs amont et aval des sites étudiés permettra d'aborder cette question des transferts de risque. Dans l'état actuel des recherches toutefois, le cas de l'enceinte d'Orange est la seule observation directe d'un aménagement qui a accentué l'effet des inondations. L'augmentation du risque résulte également de choix urbanistiques ou de comportements sociaux. À Bordeaux au IV<sup>e</sup> siècle, la densification de l'occupation entraîne la réduction du cours de la Devèze dans le quartier romain de Saint-Christoly, sans qu'un exutoire complémentaire soit réservé au cours d'eau (Barraud et Maurin, 1996). La pression urbaine a exposé ces quartiers à un risque aggravé par la réduction de la capacité d'écoulement du lit en période de crue. À Arles, l'abandon de l'entretien des égouts des cryptoportiques du forum entraîne leur comblement à partir de la fin du III<sup>e</sup> siècle. L'étude du remplissage sédimentaire a montré que le Rhône avait reflué plusieurs fois à l'intérieur de l'exutoire (Lopez Saez *et al.*, 2000). Le mauvais entretien des conduits, associé à l'augmentation de la fréquence et de la hauteur des crues, à partir de cette époque, ont favorisé l'engorgement du réseau, réduisant ces capacités d'évacuation et augmentant le risque de voir l'eau refluer par les bouches d'égout.

## Éléments pour une approche de la perception du risque à l'époque romaine

37Les vestiges archéologiques révèlent des situations de prise de risque qui amènent à réfléchir sur la perception du danger à l'époque romaine et la définition d'une culture du risque spécifique à cette époque. C'est notamment le cas lorsque aucun moyen de protection n'est mis en évidence en des lieux où le risque est avéré. À Arles, la question se pose à propos de l'implantation des nécropoles entourant la colline de l'Hauture et les faubourgs sud, non loin du cirque romain. Les nécropoles romaines sont traditionnellement installées le long des voies d'accès. Pour se conformer à l'usage, celles d'Arles ont dû s'étendre, à partir du I<sup>er</sup> siècle ap. J.-C., au sud de la colline dans des zones basses, sujettes à des inondations récurrentes. Aucun système de défense contre les crues n'a toutefois été observé, alors même que le choix des structures funéraires (tombe à incinération, inhumations en cercueil ou en amphore) n'assurait pas la conservation des sépultures en cas d'inondation. Le thème des mentalités et de la perception des inondations est toutefois mal documenté par l'archéologie.

38Les textes antiques offrent une source d'information complémentaire pour approcher l'interprétation des catastrophes, celle de la perception religieuse du fleuve (Le Gall, 1953), ou encore celle de l'investissement des pouvoirs publics dans les mesures de protection contre les inondations et les politiques de gestion des crises environnementales et des crises sociales qui en découlent. Cette dernière question a fait l'objet d'une étude récente appliquée au cas de Rome. En 15 de notre ère, les conclusions d'une commission sénatoriale rapportées par Tacite (*Annales*, I, LXXIX) attestent ainsi que l'administration romaine a été capable de concevoir un plan de protection contre les inondations affectant la capitale qui supposait des interventions lourdes sur le bassin supérieur du Tibre. Le Gall (1952) avait observé que l'efficacité des mesures proposées était douteuse et mettait en cause les connaissances des Anciens en hydrographie ; une partie importante du bassin du Tibre se trouve en effet dans une zone karstique qui régularise naturellement le débit du fleuve. La réalisation des travaux projetés n'aurait eu que peu d'effet sur l'écroulement des crues. Leveau (*à paraître*) propose de relire le texte dans une autre perspective ; sans doute la commission sénatoriale de l'an 15 était-elle moins incompétente en matière d'hydrologie que soucieuse de répondre à une demande de l'opinion publique qui attribuait des inondations catastrophiques à des aménagements effectués sur des lacs de

l'Apennin. L'enjeu du débat était donc politique. Le souci des empereurs de contenter l'opinion publique a prévalu sur l'efficacité réelle du plan de protection. Cet exemple montre l'ancienneté des liens entre mesures politiques et opinion publique dans les choix de gestion des crises.

## **Conclusion**

39 Cette présentation donne un aperçu du potentiel d'information des données archéologiques pour documenter la question du risque fluvial à l'époque romaine. Ce travail issu des sciences historiques offre des pistes de collaboration intéressantes avec les géomorphologues et géographes intéressés par l'étude du risque, qui peuvent utiliser ces informations pour aider à déterminer la part de l'agent humain et de l'urbanisation dans l'évolution des milieux et l'aggravation des risques fluviaux, à l'échelle du site comme à celle du bassin versant (Bravard, 2004). L'élargissement des zones d'étude à l'ensemble des territoires exploités par les villes romaines au sein d'un bassin versant pourra mettre en évidence la nature des interactions entre facteurs humains et naturels dans la formation des risques. Des ouvrages complémentaires, comme les barrages, seront pris en compte. Ces derniers n'ont pas été évoqués ici parce que ces édifices, à l'époque romaine, avaient avant tout pour fonction de faciliter l'approvisionnement en eau des villes et villas et non d'écarter les crues (Arenillas et Castillo, 2003 ; Corvo, 1995). L'impact de ce type d'ouvrage sur les écoulements est toutefois majeur et devra être pris en compte dans la perspective d'une étude sur les transferts de risques de l'amont vers l'aval des espaces étudiés. La prise en compte des témoignages archéologiques permettra aussi d'affiner les réflexions menées par les historiens et géographes en matière de gestion des risques naturels en milieu urbain pour les périodes historiques (Favier et Granet-Abisset, 2000 ; November, 1994).