

9. BM Arles, Ms-273, t. VII, n° 44.
10. Creissen (C.-L.), « Une entreprise urbaine du XIX^e s. : le percement de la rue Gambetta », dans *Espace et urbanisme d'Arles des origines à nos jours*, Arles, Groupe archéologique arlésien, 2000, p. 93-109.
11. *Les religieuses hospitalières de Saint-Augustin à l'Hôtel-Dieu Saint-Esprit d'Arles 1661-1727*, Arles, Archives communales, 1992, p. 282.
- 12 et 13. Cérésola (H.), « Augustines d'Arles... adieux », dans *Bulletin des Amis du Vieil Arles*, n° 86, juin 1994, p. II.
14. N° d'inventaire : 2003.0.3340.
http://www.culture.gouv.fr/public/mistral/joconde_fr?ACTION=RETROUVER&FIELD_98=DENO&VALUE_98=robe&NUMBER=61&GRP=0&REQ=%28%28robe%29%20%3aDENO%20%29&USRNAME=nobody&USRPWD=4%24%2534P&SPEC=3&SYN=1&IMLY=&MAX1=1&MAX2=1&MAX3=100&DOM=All
15. Auzillon (C.), *Les donatifs des anciens hospices arlésiens : aspects sociaux, culturels et artistiques XVI^e-XIX^e siècles*, Mémoire de maîtrise d'histoire sous la direction d'Hélène Deronne, Université d'Avignon, 2003, t. II, p. 330.
16. BM Arles, Ms-2406, f° 55-71.
17. BM Arles, Ms-2340/5, p. 89.
18. Selon les sources et les époques, on rencontre les orthographes Pazzi, Pazy, Pazi et Pazy.
19. Chevalier (J.), Gheerbrant (A.), *Dictionnaire des symboles*, Paris, Robert Laffont, 1982, p. 838.

L'AQUEDUC ROMAIN D'ARLES EN CRAU : LES DERNIÈRES DÉCOUVERTES

En février dernier, était présentée officiellement à Moulès une découverte archéologique exceptionnelle, à savoir le tracé avéré d'un tronçon important de la partie enfouie de l'aqueduc de la Crau, aménagé 2000 ans avant pour conduire l'eau des Alpilles à Arles. C'était l'aboutissement de plusieurs années de travail d'un groupe de personnes, citées à la fin de cet article, au nombre desquelles on se doit de distinguer Otello BADAN, archéologue déjà célèbre pour ses travaux sur les bergeries de la Crau, qui, par une lecture intuitive du terrain, avait auparavant repéré et dégagé plusieurs regards de l'ouvrage permettant d'accéder au canal proprement dit.

Nous remercions Philippe LEVEAU et Jean PITON qui ont rédigé le texte suivant tiré, ainsi que les illustrations, du rapport de leur groupe de travail.

Les recherches sur l'aqueduc en Crau

Depuis 2008, les aqueducs des Alpilles font l'objet d'un programme collectif de recherches dont l'objectif est de reprendre les travaux qui avaient été développés à partir de fouilles qui avaient eu lieu sur les sites du Vallon des Arcs et de Barbegal entre 1989 et 1993. Cette fois l'attention porte principalement sur l'aqueduc d'Arles. Ces recherches s'intègrent aux programmes du Centre Camille Jullian et font appel à la collaboration du Parc régional naturel des Alpilles, des associations de défense du patrimoine culturel du massif et d'archéologues non professionnels. C'est ainsi qu'elles ont bénéficié de la parfaite connaissance de la Crau qui avait permis à Otello BADAN d'identifier en prospection les bergeries romaines de la Crau.

Dans les années 1990, le tracé de l'aqueduc en Crau avait fait l'objet des recherches de Jean SERVONAT et d'Étienne BLANCHET. Ce dernier lui avait consacré un supplément à son étude de la topographie des aqueducs des Alpilles. S'appuyant sur l'inventaire réalisé par Jean-Maurice ROUQUETTE, il avait identifié neuf points entre le pilier du château de Barbegal et le point d'arrivée de l'aqueduc dans Arles dont quatre, numérotés de 60 à 63, correspondaient à des vestiges effectivement aperçus. Selon eux, pour franchir la Crau, les ingénieurs romains avaient construit l'ouvrage dans une galerie creusée à partir de cheminées sous la couche dure du taparas¹. Il n'était visible que dans des points bas de la plaine, dans le secteur du Petit Barbegal et dans la partie amont de la dépression dite du Mas de Sainte-Marthe. Le point 60 correspond au pignon est du Mas du Petit Barbegal ; le point 61 est situé au sud-ouest de Mas Milette. Le



Trace de la tranchée identifiée par O. Badan dans un fossé



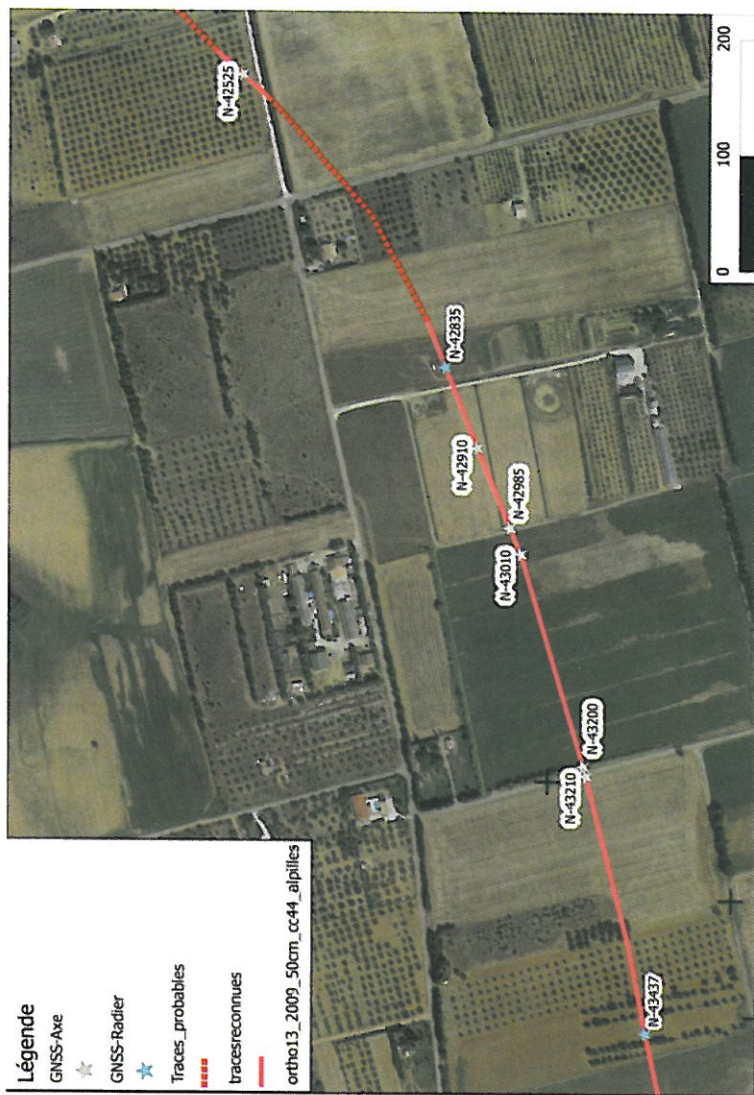
Éléments de concrétion et débris de maçonnerie rassemblés au pied d'un olivier indiquant la proximité d'une cheminée

point 62 se trouve au sud-est du Mas de l'Agnel où l'aqueduc est recoupé par le chemin vicinal 46 de Tarlivas. Enfin, le point 63 correspondait à l'éolienne vers Saint-Roman.

Étienne BLANCHET a confronté des traces visibles sur des photos aériennes à la topographie de la Crau dont il a cartographié les irrégularités. En fonction de leur altitude et de celle de l'aqueduc, il a distingué trois zones, une zone rouge (au-dessus de 30 m), une zone blanche (entre 27,50 et 30 m) et une zone bleue (en dessous de 27,50 m NGF²). Cela lui a permis de situer le haut de la voûte de l'aqueduc à une profondeur atteignant 7 m par endroits. Il évaluait à 90 m la distance entre les puits d'accès. Les prospections qu'il a conduites avec Jean SERVONAT les ont amenés à identifier la trace archéologique de l'aqueduc sur un point au sud-ouest du Mas des Millettes, dans un champ, à l'est du chemin rural de Millettes à Ganteaume.

Otello BADAN a montré que, contrairement à l'hypothèse de Jean SERVONAT acceptée par Étienne BLANCHET, l'aqueduc n'avait pas été construit dans une galerie souterraine à partir de puits de creusement, mais au fond d'une tranchée. La tranchée avait été rebouchée et des cheminées de visite aménagées tous les 75 m pour donner accès au conduit et en assurer l'entretien. Les charrues avaient étalé les déblais de creusement sur une largeur de plusieurs dizaines de mètres. La trace de cette tranchée était bien visible sur les photos aériennes et elle était connue des agriculteurs qui avaient observé qu'à cet endroit les blés étaient plus hauts. Il en a reconnu le tracé d'abord le long des chemins, là où la tranchée était recoupée par les fossés qui les bordaient, puis dans les champs à l'emplacement de cheminées-regards qui y donnaient accès. Cet emplacement était révélé par la présence de déblais de maçonnerie (mortiers et débris de moellons calcaires) provenant de la destruction de la partie supérieure des regards et par celle de fragments de concrétions issus du curage du canal souterrain durant sa période de fonctionnement.

L'emplacement des regards identifiés par Otello BADAN a été géolocalisé par Vincent DUMAS à l'aide d'un GPS différentiel. Ce matériel est une solution de positionnement GNSS (*global navigation satellite system*), de précision centimétrique, utilisant les constellations satellitaires GPS et GLONASS, soit 55 satellites. Le rattachement altimétrique est effectué à l'aide d'une grille de conversion altimétrique délivrée par l'IGN³ (RAF09) et intégrée au logiciel de l'instrument. Dans ce cas, une première antenne, la station de base (a), est positionnée sur un point géoréférencé (une borne géodésique de l'IGN). Elle mesure l'écart entre les positions indiquées par les satellites et leurs positions réelles connues. Les corrections sont envoyées par radio à la seconde antenne (b) qui est positionnée sur le



Positionnement des cheminées identifiées sur le terrain par O. Badan

point dont on veut connaître les coordonnées. La portée maximale de ce type d'équipement est de 5 km. Dans le cas de sous-bois occultant l'accessibilité aux constellations satellitaires ou coupant la liaison radio avec la base, la mesure altimétrique est effectuée à proximité et reportée au tachéomètre. Cette méthode est également utilisée lors des relevés des parties en tranchée profonde, ce qui est le cas en Crau. Ces points ont été utilisés par Robert FABRE, de Saint-Étienne-du-Grès, pour un relevé au théodolite dont il a reporté les résultats sur une orthophotographie de la Crau. Les possibilités de calcul des distances qu'elle offre lui ont permis de reprendre la numération des points établie par Étienne BLANCHET qui lui-même avait repris celle de Jean-Maurice ROUQUETTE. La multiplication des découvertes à la suite de nouvelles prospections rendait nécessaire une telle opération. Sans préjuger de la solution à apporter à la difficile question des sources de l'aqueduc, le point de départ de cette succession kilométrique, le « point zéro », a été placé au Mas Créma (« Blanchet 9 ») qui est traditionnellement considéré comme celui à partir duquel l'aqueduc peut être observé.

Au total, les prospections d'Otello BADAN et l'utilisation de moyens techniques dont ne disposaient pas nos prédécesseurs (géolocalisation, utilisation de logiciel de calcul de l'écoulement hydraulique) permettent de décrire désormais avec une grande précision le parcours de l'aqueduc en Crau et de formuler des propositions sur son fonctionnement.

Les données nouvelles

Au sud du château de Barbegal, le grand pont qui assurait le franchissement de la vallée des Baux remontait sur le flanc nord du « Pendant de Crau ». Des blocs de grand appareil correspondant aux piles ont été vus dans l'olivette. Le canal de l'aqueduc est visible dans sa limite supérieure en dessous du talus de la propriété du Mas de Figuérole. Entre les points 59_{1c} et 59₂ reconnus par Étienne BLANCHET, où l'aqueduc entre en souterrain dans le substrat de la Crau, le canal suit sur la courbe des 25 m. De récents travaux agricoles en ont partiellement dégagé la partie supérieure de l'extrados. Le sommet de l'extrados a été coté par Vincent DUMAS aux environs de 25,70 m et le radier à l'altitude de 23,54 m. Le canal souterrain de l'aqueduc fonctionne comme un drain et les eaux collectées qui sortent à cet endroit pouvaient être captées pour l'irrigation des terres en contrebas.

À partir du point Blanchet 59₂, l'aqueduc prend d'abord une direction nord-sud pour contourner par le sud la vaste dépression du Mas de Sainte-Marthe dont la traversée aurait nécessité la construction d'un ouvrage de grande ampleur. Il infléchit ensuite son tracé pour prendre



Au-dessus, la couche meuble ; dessous, le poudingue entaillé pour l'ouverture de la tranchée.

« REGARD GROUGNARD »



Vue zénithale du regard



Paroi nord-ouest du regard



Paroi sud-ouest du regard

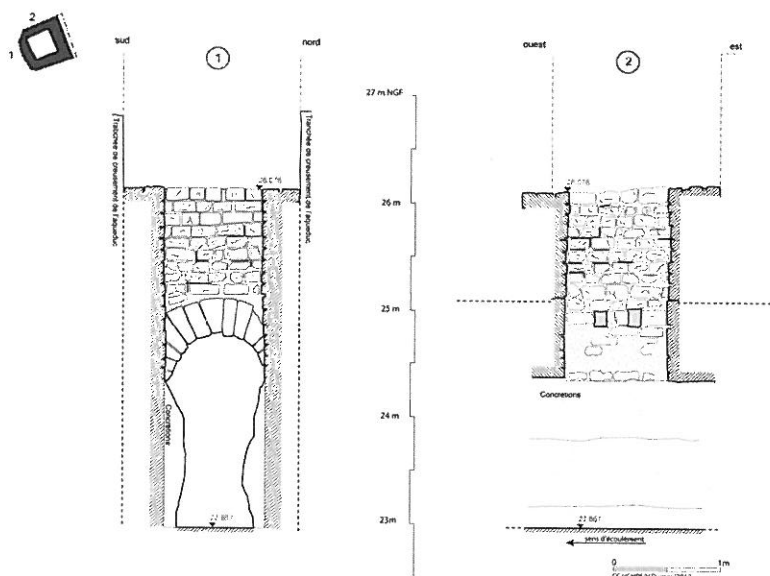
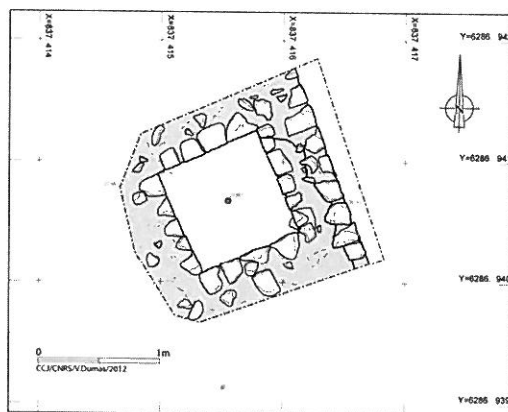
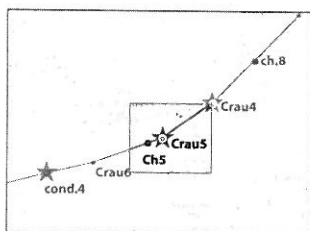
une direction grossièrement est-ouest jusqu'à Pont-de-Crau. Quatre regards ont été localisés par Otello BADAN, grâce à la présence de débris de concrétions et de molasse, et reconnus en sondage :

- le premier dans une olivette au nord du chemin des Mourques (appartenant à M. André Rey) au PK 42525. Il se trouvait 0,60 m en dessous de la surface ;
- le second dans la propriété de M. Étienne Grougnard (PK 42835), 310 m à l'aval du premier ;
- le troisième dans la propriété Bales (PK 42910), 75 m plus loin ;
- le quatrième à 527 m du précédent dans la propriété de M. Jean-Luc Espigues, au n° 6 de la Baisse de Malle (PK 43437).

Selon la topographie, la profondeur des puits varie entre 5,50 m (regard Grougnard) et 5,10 m (regard Espigues). Les vérifications dont ces regards ont fait l'objet ainsi que la présence de concrétions issues du nettoyage des conduits permettent d'établir un échelonnement de 80 regards espacés de 75 m. Converti en mesures romaines, ce chiffre correspond à 50 pas de 1,48 m ou 250 pieds de 29,6 cm. Il diffère sensiblement de l'espacement d'un *actus* (35 m) ou de deux *actus* (70 m) conseillés le premier par Vitruve (*De l'architecture*, livre VIII, VII.3), le second par Plin l'Ancien [*Histoire naturelle*, livre XXXI, XXXI.(VI).1].

Le relevé que Vincent DUMAS a réalisé du regard situé dans la propriété de M. Grougnard donne une image de la structure de l'aqueduc de la Crau. La tranchée de construction est large de 2 m. Le regard lui-même est un carré dont les parois épaisses d'environ 0,50 m délimitent une ouverture de 0,90 m. Sa couronne a disparu mais des débris provenant de son démantèlement montrent qu'elle était en calcaire burdigalien (molasse) à la différence du parement interne en *opus vittatum* du puits. Celui-ci était constitué de moellons taillés dans le calcaire froid (hauterivien). Seules les faces externes ont été dressées et les moellons sont disposés en assises à peu près régulières dont les joints sont repassés au fer. Des trous de boulin témoignent des échafaudages utilisés. La cheminée ouvre sur un canal large de 0,90 m et d'une hauteur sous voûte de 1,80 m. Les concrétions qui montent jusqu'à une hauteur de 1,30 m à la base de la voûte, en réduisent la largeur à un minimum de 50 cm. La voûte est construite sur coffrage de planche et clavée à l'emplacement des regards.

En dehors de la partie située à l'aplomb des regards, le canal est vide de sédiments. Au niveau de la cheminée, une couche de 20 cm de sable jaune carbonaté contenait des galets et de nombreux débris d'amphores qui donnent des renseignements sur la phase ultime de son utilisation, quand l'aqueduc ne fonctionnait probablement plus. Jean



Relevé du regard « Grougnard » effectué par V. Dumas

PITON a réalisé une étude préliminaire du mobilier provenant du regard (voir annexe ci-après). Il ressort de l'examen que son comblement est postérieur au VI^e siècle (présence de céramiques orientales) mais que son utilisation pour le puisage de l'eau correspond plus probablement au IV^e siècle. Par la suite le regard est comblé d'un mélange de cailloux de Crau, débris de mortier et de gravas auxquels se mêlent quelques fragments d'amphores ainsi que des ossements d'animaux.

Conclusions sur la topographie de l'aqueduc d'Arles en Crau

Le nivellement de l'aqueduc entre le vallon des Arcs et la Crau apporte des données capitales pour éclairer le fonctionnement de l'aqueduc d'Arles dans sa partie aval, entre la sortie du bassin de convergence et l'ultime point coté à proximité du champ de tir, soit sur un parcours de 11 734 m. Sur les 200 m qui séparent le coude de l'aqueduc à l'aval du pont du vallon des Arcs et l'extrémité du chaînon de la Pène, la pente se réduit à 8 cm au km. Dans la traversée de la vallée des Baux et jusqu'à l'entrée en Crau, elle est de 47 cm/km sur 2,085 km et encore de 21 à 22 cm/km en Crau sur 3,421 km jusqu'au regard Espigues. Au-delà, elle se réduit à 3 cm/km pour les 2,880 km suivants. Pour calculer la quantité d'eau qui pouvait transiter par le canal entre le Vallon des Arcs et l'extrémité de la Crau, Marcel BASSO a utilisé un logiciel élaboré pour le calcul d'écoulements permanents, graduellement variés dans des canaux de formes diverses et présentant éventuellement des singularités (vanne, déversoir, etc.). Le logiciel utilisé, « Canal 21 », permet d'évaluer en première approximation la quantité qui pouvait transiter par un canal sans que l'élévation du tirant d'eau n'excède le niveau prévu à cet effet. Ses calculs montrent que, sur la section décrite, un canal de 0,90 m de large et 1 m de haut ne peut pas faire transiter plus de 300 l/s sans excéder la capacité de la partie étanche dans la traversée de la Crau. Ce chiffre est un maximum. Car le calcul ne prend pas en compte deux causes de ralentissement qui limitent le débit : les coudes du canal et son rétrécissement par les dépôts carbonatés. Il est difficile de répondre avec certitude à la question que pose cette forte réduction de la pente.

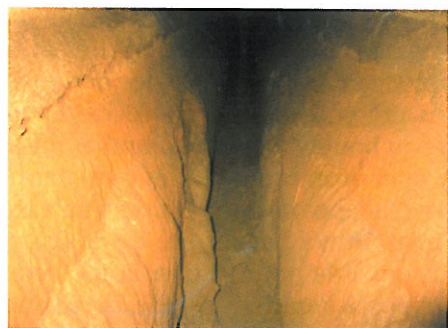
S'agissant du tracé final à Arles et en l'absence de vestige assuré entre Raphèle et Arles, la seule donnée à partir de laquelle une hypothèse peut être présentée est l'arrivée de l'aqueduc au pied du rocher de l'Hauture au boulevard Émile Combes où le radier est coté à 16,56 m. Un dénivelé d'environ 6 m pour les trois derniers kilomètres, soit une pente de 2 m/km lui apparaissant à juste titre excessif, Jean SERVONAT expliquait l'altitude atteinte à l'extrémité de la Crau par la volonté de parvenir le plus haut possible pour assurer la meilleure distribution de l'eau dans la ville. Il supposait l'existence d'une canalisation parvenant plusieurs mètres



Fond du canal au droit du regard « Grougnard »



Le conduit fait un coude à l'aval du regard « Grougnard » quelques mètres avant le regard suivant



Vue du conduit dans une partie où les concrétions sont importantes

au-dessus. La proposition de Jean SERVONAT se heurtant à l'absence totale de preuve archéologique de l'existence d'une canalisation haute, une autre hypothèse peut être proposée, celle d'une chute suivie d'un canal dont la pente se serait située entre 60 cm/km, valeur moyenne de la pente générale, et un minimum de 20 cm/km. Un tel dispositif, qui aurait réduit la hauteur de la partie sur arches construite dans la traversée de la plaine alluviale, prend en compte le coût élevé de l'ouvrage sur arches : il était plus économique d'abaisser la hauteur du pont tout en maintenant une pente correcte jusqu'à l'entrée dans la ville. Selon la pente choisie, la chute pouvait avoir 4 ou 5 m de hauteur. Lors de la construction du canal de Craponne, les lointains successeurs des ingénieurs romains ont fait un choix analogue.

Reste à rendre compte de la faiblesse de la pente entre le regard Espigues et l'extrémité de la Crau. Le coût de la construction de cette section a pu conduire les entrepreneurs l'ayant en charge à renoncer à approfondir la tranchée au-delà du minimum nécessaire. Il s'agirait donc d'une adaptation aux contraintes du terrain qu'une étude précise de la topographie de cette partie de la Crau et de nouvelles observations permettront peut-être d'appréhender.

Otello BADAN, Marcel BASSO,
Vincent DUMAS, Robert FABRE,
Philippe LEVEAU, Jean PITON

NOTES :

1. Taparas : appellation provençale du *poudingue*, couche imperméable formée de galets inclus dans une matrice calcaire.
2. NGF : pour nivellement général de la France. Réseau de repères altimétriques disséminés sur le territoire. C'est le réseau officiel de nivellement ; son niveau zéro est déterminé par le marégraphe de Marseille pour la France métropolitaine.
3. IGN : anciennement Institut géographique national, dénommé sous le même sigle Institut national de l'information géographique et forestière depuis le 1^{er} janvier 2012.