

La gestion des ressources en eau dans la ville antique de Délos (Cyclades, Grèce) (The water resources management in the ancient town of Delos (Cyclades, Greece))

In: Bulletin de l'Association de géographes français, 84e année, 2007-2 (juin). Géoarchéologie / Villes et environnement montagnard. pp. 161-172.

Citer ce document / Cite this document :

Desruelles Stéphane. La gestion des ressources en eau dans la ville antique de Délos (Cyclades, Grèce) (The water resources management in the ancient town of Delos (Cyclades, Greece)). In: Bulletin de l'Association de géographes français, 84e année, 2007-2 (juin). Géoarchéologie / Villes et environnement montagnard. pp. 161-172.

doi : 10.3406/bagf.2007.2552

http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/bagf_0004-5322_2007_num_84_2_2552

Abstract

The hellenistic city of Delos, located at the centre of the Cyclades archipelago (Greece) was only supplied using water resources available on the small island (3,6 km²). The aquifers, which the volume was limited by the small size of watersheds and by the crystalline structure, were refilled by rains as weak and irregular as today. At the end of the 2nd century and the beginning of the 1st century BC, thousands of inhabitants (more than 10.000 according to Bruneau et Ducat, 2005) lived in Delos. This city was supplied with an optimized management of rain and underground water, using wells, cisterns and "reservoirs" functioning like "infiltration wells".

The study of the climatic, morphostructural and hydrologie components of the physical environment and their evolution was crossed with the archaeological and historical data. This work, notably carried out in collaboration with archaeologists of the French School of Athens, made it possible to propose assumptions on the water management in the ancient city of Delos.

Résumé

À l'époque hellénistique, les ressources en eau alimentées par les précipitations locales devaient permettre l'approvisionnement des habitants (plus de 10 000 au début du fr siècle av. J.-C. - Bruneau et Ducat, 2005) de la petite île cristalline de Délos (3,6 km²), au centre des Cyclades (Grèce). Les apports pluviaux, aussi faibles et irréguliers qu'ils le sont aujourd'hui, rechargeaient des nappes dont le volume était limité par la faible taille des bassins versants et par la structure cristalline. L'alimentation en eau de Délos a été réalisée grâce à la mise en place d'un système de gestion optimisée des eaux pluviales et phréatiques, constitué de puits, de citernes et de «réservoirs à alimentation mixte » fonctionnant comme des «puits de recharge ».

L'étude des composantes climatiques, morphostructurales et hydrologiques du milieu physique et de leur évolution a été croisée avec les données archéologiques et historiques. Ce travail, réalisé notamment en collaboration avec des archéologues de l'École française d'Athènes, a permis de proposer des hypothèses sur la gestion de l'eau à Délos dans l'Antiquité.

La gestion des ressources en eau dans la ville antique de Délos (Cyclades, Grèce)

(THE WATER RESOURCES MANAGEMENT
IN THE ANCIENT TOWN OF DELOS
(CYCLADES, GREECE))

*Stéphane DESRUELLES**

RÉSUMÉ - À l'époque hellénistique, les ressources en eau alimentées par les précipitations locales devaient permettre l'approvisionnement des habitants (plus de 10 000 au début du I^{er} siècle av. J.-C. – Bruneau et Ducat, 2005) de la petite île cristalline de Délos (3,6 km²), au centre des Cyclades (Grèce). Les apports pluviaux, aussi faibles et irréguliers qu'ils le sont aujourd'hui, rechargeaient des nappes dont le volume était limité par la faible taille des bassins versants et par la structure cristalline. L'alimentation en eau de Délos a été réalisée grâce à la mise en place d'un système de gestion optimisée des eaux pluviales et phréatiques, constitué de puits, de citernes et de « réservoirs à alimentation mixte » fonctionnant comme des « puits de recharge ».

L'étude des composantes climatiques, morphostructurales et hydrologiques du milieu physique et de leur évolution a été croisée avec les données archéologiques et historiques. Ce travail, réalisé notamment en collaboration avec des archéologues de l'École française d'Athènes, a permis de proposer des hypothèses sur la gestion de l'eau à Délos dans l'Antiquité.

Mots clés : Ressources en eau, granite, puits, citerne, réservoir, Antiquité, Délos, Cyclades, Grèce, Géoarchéologie

* EA 435 Géonat, Université Paris XII- & UMR 8591 LGP, Meudon, France. E-mail : sdesruelles@free.fr

ABSTRACT - The hellenistic city of Delos, located at the centre of the Cyclades archipelago (Greece) was only supplied using water resources available on the small island (3,6 km²). The aquifers, which the volume was limited by the small size of watersheds and by the crystalline structure, were refilled by rains as weak and irregular as today. At the end of the 2nd century and the beginning of the 1st century BC, thousands of inhabitants (more than 10.000 according to Bruneau et Ducat, 2005) lived in Delos. This city was supplied with an optimized management of rain and underground water, using wells, cisterns and "reservoirs" functioning like "infiltration wells".

The study of the climatic, morphostructural and hydrologic components of the physical environment and their evolution was crossed with the archaeological and historical data. This work, notably carried out in collaboration with archaeologists of the French School of Athens, made it possible to propose assumptions on the water management in the ancient city of Delos.

Key words: Water resource, Granite, Well, Cisterns, Antiquity, Delos, Cyclades, Greece, Geoarchaeology

Bien qu'elle se caractérise par un environnement peu propice à la constitution de réserves abondantes en eau douce, l'île de Délos, située au centre des Cyclades (Grèce), a accueilli plusieurs milliers d'habitants dans l'Antiquité. Elle a, en effet, connu un essor économique, démographique et urbain au IV^e siècle av. J.-C. puis en 166 av. J.-C. À la charnière des II^e et I^{er} siècles av. J.-C., on estime que plus de 10 000 personnes vivaient à Délos (Bruneau et Ducat, 2005). L'approvisionnement en eau était alors assuré exclusivement avec les ressources existant *in situ*, au moyen d'aménagements hydrauliques édifiés au cours des phases successives d'extension urbaine. Ces ouvrages sont généralement bien conservés dans leur état d'aménagement hellénistique, et notamment du I^{er} siècle av. J.-C. Le site archéologique et ses paysages « fossiles » constituent donc un espace privilégié pour l'étude de la gestion de l'eau dans un territoire où cette ressource est limitée.

Le travail mené de 1998 à 2003, essentiellement dans le cadre du programme *l'Eau à Délos* de l'École française d'Athènes coordonné par M. Brunet, porte sur les interrelations entre les aménagements hydrauliques antiques et le milieu physique. Il vise notamment à comprendre comment les risques de pénuries en eau ont été gérés par les Déliens, notamment à la charnière des II^e et I^{er} siècles av. J.-C. Pour y parvenir, l'étude du milieu physique délien actuel et de son évolution depuis l'Antiquité a été mise en relation avec celle des aménagements hydrauliques et de la gestion de l'eau.

1 - Les contraintes de l'environnement physique

Située dans la région la plus sèche de Grèce, Délos reçoit environ 350 mm/an (moyennes de données enregistrées à Naxos, Mykonos et Délos de 1955 à 2003 - Desruelles, 2004), essentiellement d'octobre à avril. Durant les six mois les plus chauds de l'année, l'évaporation, favorisée par des vents forts et des températures élevées, reprend presque tous les apports pluviaux. Cet « été hydrologique » est plus long lors des années sèches. L'irrégularité pluviométrique interannuelle est importante : de 1955 à 1997, la pluviosité a varié de 139 mm en 1989-1990 à 683 mm en 1981-1982 sur l'île voisine de Naxos.

Bien que Délos soit une petite île (3,6 km²) ne culminant qu'à 114 m (fig.1), le relief est accidenté. Délos est dominée par une ligne de crête nord-sud, dont les courts versants (1 km au plus) sont interrompus par quelques surfaces planes peu étendues. Ce relief est en grande partie issu de l'altération physico-chimique plio-quadernaire du bâti cristallin (gneiss et surtout granite - Lucas, 1999 ; fig. 1) diaclasé du dôme métamorphique Mykonos-Délos-Rhénée. Les formes de dégradation lente (*tors* et *pseudo-tors*, boules, alvéoles d'érosion différentielle) ont une disposition étagée. Les couvertures meubles, généralement minces (1 m d'épaisseur moyenne) et discontinues, sont interrompues par des fragments rocheux en haut de versant et s'épaississent en bas de versant ; elles sont alors constituées de colluvions, voire de sables d'origine marine cimentés (calcarénites ; Desruelles, 2004). Des barrages structuraux, situés à différentes altitudes, maintiennent un manteau arénacé grossier relativement épais (1,50 m en moyenne) dans les alvéoles et dans certains talwegs.

L'agencement du relief délien se traduit par une faible taille des bassins versants et par des risques d'écoulements vers la mer. En outre, compte tenu de ses dimensions modestes, des vents forts et de l'environnement marin, Délos subit l'influence des embruns générant des dépôts salins et ses aquifères littoraux sont susceptibles d'être affectés par des intrusions salines.

2 - Méthode

Une démarche systémique, qui intègre les paramètres physiques et anthropiques influant sur les ressources en eau et leur gestion, a été mise en œuvre dans cette étude. Réalisée en coopération avec des spécialistes de différentes disciplines en Sciences Humaines et en Géosciences, cette recherche a pris en considération des contraintes matérielles et réglementaires, Délos étant un site protégé. Elle comporte trois principaux axes :

- La répartition et la variabilité temporelle des ressources en eau actuelles ont été estimées, à partir des données climatiques et géomorphologiques, ainsi que des propriétés

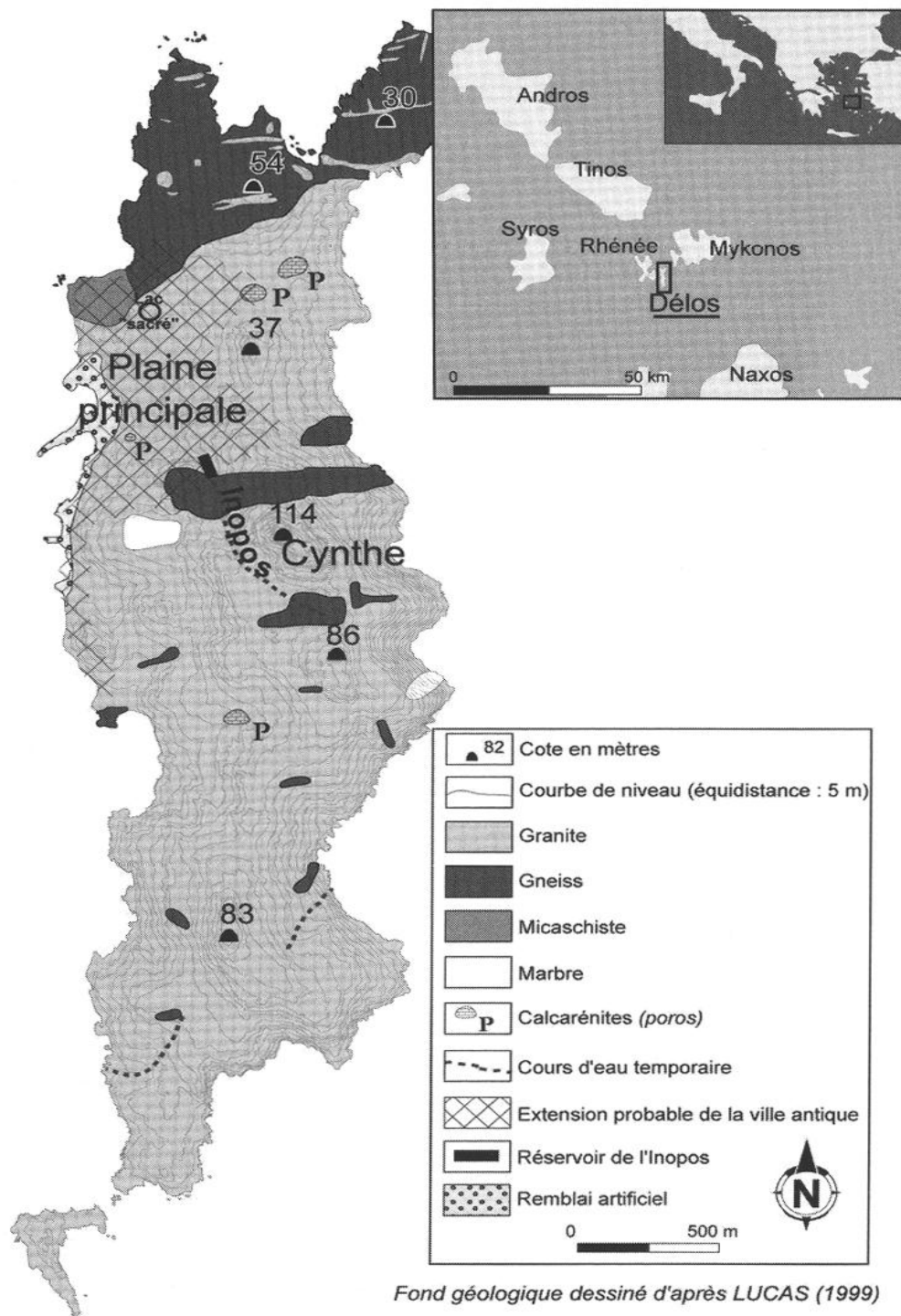


Fig.1 - Géologie, hydrographie et localisation d'aménagements antiques de Délos

physiques des formations superficielles. La recharge des nappes a été simulée à l'échelon journalier pour trois années-type, sélectionnées pour évaluer les effets de l'irrégularité pluviométrique interannuelle. Les modelés des bassins versants qui alimentaient la ville de Délos ont été classés en trois grandes catégories en fonction de l'influence de leurs caractéristiques sur l'infiltration et le transfert des apports pluviaux. Des sondages à la tarière et des analyses granulométriques ont été accomplis pour étudier ces caractéristiques. Enfin, les bilans hydrologiques ont été croisés avec des relevés piézométriques et des mesures de salinité réalisés en différentes saisons de 1998 à 2003 dans les puits de Délos.

- L'évolution de l'environnement physique et ses conséquences éventuelles sur les ressources en eau depuis l'Antiquité ont été étudiées à partir de données bibliographiques et d'observations de terrain. Un travail spécifique, portant sur les variations relatives du niveau marin (Desruelles *et al.*, 2004 ; Fouache *et al.*, 2005), a été utilisé pour reconstituer l'hydrologie et les paysages littoraux de la ville hellénistique (Desruelles *et al.*, à paraître en 2007).

- L'étude environnementale a été mise en relation avec celle des aménagements hydrauliques antiques et de leur utilisation. Ces recherches reposent sur des études archéologiques et sur des observations *in situ*. Des sondages archéologiques ont été réalisés dans le cadre du programme *L'eau à Délos* pour comprendre le fonctionnement antique de certains ouvrages.

3 - Résultats

Les nappes se rechargent tous les ans grâce à des précipitations hivernales abondantes, relativement intenses et peu reprises par l'évaporation. Les prélèvements par la végétation (généralement de la *phrygane*, un faciès très dégradé de garrigue) sont peu importants et l'infiltration de l'eau est favorisée par la couverture meuble, généralement mince, qui recouvre le substrat sur environ 72 % du territoire. Des ruissellements se créent essentiellement en haut de versant, en période humide lorsque les sols sont saturés en eau. Cependant, une part de l'eau pluviale est retenue dans le manteau meuble pour l'alimentation de la réserve hydrique, avant la recharge de la réserve hydrologique (Cosandey et Robinson, 2000). Cette rétention tend à accentuer les effets de l'irrégularité pluviométrique saisonnière et interannuelle.

Parmi les trois grands types de modelés définis lors de l'analyse géomorphologique, les surfaces rocheuses (à *tors* et *pseudo-tors*), qui occupent 28 % de l'espace insulaire, sont les plus « efficaces » pour la recharge des nappes. Elles permettent une infiltration « directe » et quasiment sans perte de l'eau dans le réseau de diaclases et de failles. Les versants à couverture meuble discontinue et mince (0,50 m en moyenne) et les dépressions à couverture meuble plus épaisse (1,50 m à 2 m en moyenne) sont moins « efficaces ». En période sèche et au début de l'« hiver hydrologique », compte tenu de la rétention de l'eau dans les formations superficielles (estimée à environ 50 mm

– Desruelles, 2004), les précipitations non reprises par l'évaporation suffisent à peine à réhumecter les sols ; la recharge des nappes est presque nulle.

Les précipitations rechargent généralement des nappes de versant, localisées dans les fissures et le manteau meuble, qui s'écoulent vers la mer et, le plus souvent, alimentent des nappes de fond d'alvéole. La disposition des modelés cristallins dans le relief délien favorise la concentration de l'eau dans ces dépressions. La faible perméabilité des horizons argileux, en contact avec le socle cristallin, et des seuils rocheux à l'exutoire des alvéoles provoque une rétention de l'eau dans ces derniers. Par conséquent, même si le manteau meuble relativement épais génère des pertes lors de la recharge des nappes, les alvéoles sont, à Délos, les modelés au plus fort potentiel aquifère.

Après avoir franchi le seuil rocheux, les réserves hydrologiques des alvéoles nourrissent des écoulements de talwegs. Généralement sub-superficiels, ces derniers alimentent souvent des marais littoraux temporaires. Seules des précipitations hivernales abondantes permettent la genèse d'écoulements superficiels. L'exemple de l'Inopos, ruisseau le plus long de l'île de Délos (fig. 1), témoigne de la modestie des débits maximums de ces écoulements. Des simulations ont permis d'estimer que le cours d'eau, doté d'un bassin versant de 0,21 km², avait des débits de crue d'environ 150 l/s à son embouchure, avant son aménagement à l'époque hellénistique (Desruelles, 2004).

La présence d'alvéoles à différentes altitudes favorise le stockage naturel de l'eau dans de petits aquifères étagés et freine les écoulements souterrains vers la mer. Cependant, les nappes de versant et de fond d'alvéole sont généralement peu puissantes à cause de la faible taille de leurs bassins d'alimentation, du fractionnement par les barrages structuraux et de la minceur du manteau d'altérites. Par conséquent, leur rythme d'épuisement et de recharge est quasi-annuel, d'autant plus que l'été est long. Les réserves en eau stockées d'une année sur l'autre dans ces aquifères sont très limitées ; elles ne permettent pas d'atténuer les effets d'une année sèche sur le niveau des nappes. Les mesures de piézométrie dans les puits antiques ont permis de confirmer cette variabilité du niveau des nappes et leur grande sensibilité aux variations pluviométriques (Desruelles, 2004).

Les taux de salinité de l'eau des puits sont limités malgré la présence de la mer, y compris en période de sécheresse. À Délos, les réserves hydrologiques semblent relativement protégées des intrusions salines souterraines par le socle cristallin peu perméable. Les coins salés tendent à pénétrer par les exutoires des alvéoles, comme cela est le cas dans l'alvéole du Lac sacré (fig. 1), où les taux de salinité étaient de 7 ‰ à 8 ‰ en juin 2002 après une année hydrologique « moyenne » (Desruelles, 2004). Ailleurs, la charge hydraulique et la faible perméabilité du socle limitent les intrusions. Les embruns et les sels

présents dans les formations superficielles et sur le socle cristallin participent aussi à la salinisation des nappes.

Au I^{er} siècle av. J.-C., le climat délien était probablement comparable au climat actuel. Cette hypothèse, généralement admise au moins pour l'ensemble des Cyclades (voir notamment Mariolopoulos, 1925 ; Maheras, 1979), est corroborée par l'observation de la morphologie des bassins versants et par les études portant sur les pratiques agraires.

Le relief des bassins versants était acquis dans ces grands traits depuis la fin du Pléistocène. La disposition et la géométrie des couvertures de calcarénites indiquent que la morphologie a peu évolué depuis cette époque (Desruelles, 2004). Le relief délien a surtout été retouché par l'anthropisation. De nombreux versants ont été aménagés dans l'Antiquité en terrasses de cultures (Brunet, 1999) ou terrassés pour la construction de quartiers d'habitation (Bruneau *et al.*, 1996). Cependant, les principales retouches du relief, notamment celui de la Plaine principale, sont liées aux « Grandes fouilles » de la fin du XIX^e siècle et du début du XX^e siècle (Bruneau *et al.*, 1996).

Les littoraux ont subi une hausse relative du niveau marin d'environ 2,50 m depuis le début de l'époque hellénistique (Desruelles *et al.*, 2004 ; Fouache *et al.*, 2005). Le rivage occidental de la Plaine principale a reculé de 5 m à 10 m sur les secteurs à falaises et de plusieurs dizaines de mètres dans les baies, comme celle du Port sacré à l'embouchure naturelle de l'Inopos (Desruelles *et al.*, à paraître en 2007). Cependant, l'influence de cette évolution sur le niveau et la salinité des nappes a probablement été faible.

Lors de l'apogée de la ville de Délos, au début du I^{er} siècle av. J.-C., les risques d'épuisement des nappes devaient être, en années « moyenne » et sèche, élevés dès la fin du printemps car les prélèvements humains étaient plus importants qu'aujourd'hui alors que les ressources hydriques étaient probablement aussi limitées. Ils ont été gérés grâce à un système d'approvisionnement en eau associant notamment trois types d'ouvrages : les puits, les « réservoirs à alimentation mixte » et les citernes. Ces aménagements permettaient une gestion optimisée des ressources en eau pluviales et phréatiques (Brunet *et al.*, à paraître).

Les puits, dont l'architecture et la profondeur étaient adaptées aux caractéristiques des aquifères (Desruelles *et al.*, 2003), servaient aux

prélèvements d'eau souterraine (fig. 2.1). Ces derniers limitaient les pertes par écoulements souterrains vers la mer, notamment en hiver. Ce mode d'approvisionnement en eau était toutefois aléatoire en fin d'été, à cause de la baisse de niveau des nappes et de la dégradation de leur qualité (contamination par le sel et par les déchets).

Alimentés par les eaux souterraines et superficielles, les « réservoirs à alimentation mixte » fonctionnaient le plus souvent comme des « puits de recharge » à Délos. Ils permettaient l'infiltration de l'eau qui ruisselait sur les toits et les terrasses des maisons, ainsi que sur les gradins du théâtre. Cette recharge artificielle était généralement plus efficace que l'alimentation naturelle des réserves hydrologiques exploitées par des puits. Par exemple, l'eau provenant du théâtre s'infiltrait dans la nappe grâce à un réservoir de 1150 m³ (la « Citerne du théâtre » - Bruneau et Ducat, 2005). Cela protégeait le Quartier du théâtre, situé en contrebas, de ruissellements abondants et bénéficiait à son approvisionnement, notamment au début de l'« hiver hydrologique » lorsque les pluies ne permettent qu'une réhumectation des sols (Desruelles *et al.*, 2003 ; Brunet *et al.*, à paraître).

À partir de la fin du IV^e siècle av. J.-C. (Bruneau et Ducat, 2005), la quasi-totalité des écoulements de l'Inopos était collectée dans le « Réservoir de l'Inopos » (Brunet *et al.*, à paraître – fig. 2.3), avant leur arrivée dans la Plaine principale. Des canalisations partant de cet aménagement apportaient à un sanctuaire des dieux égyptiens une alimentation (pérenne ?) en eau d'un ruisseau considéré comme une dérivation du Nil (Bruneau, 1990). L'eau du réservoir servait aussi à l'approvisionnement du quartier d'habitations situé dans le vallon amont.

L'eau tombant sur les toits et les terrasses était aussi collectée et stockée à l'abri de l'évaporation dans des citernes étanches, présentes dans la plupart des maisons (Brunet *et al.*, à paraître - fig. 2.2). L'alimentation des citernes était directement proportionnelle aux apports pluviaux. Ainsi, un certain remplissage des citernes était assuré même en année sèche.

Le volume de certaines citernes était supérieur à la quantité d'eau collectée en année « moyenne » (Desruelles *et al.*, 2003). Cette « sur-calibration » donne à penser que des prélèvements dans les nappes pouvaient être effectués à partir des puits pour remplir les citernes, lorsque des volumes d'eau souterraine risquaient de se perdre dans la mer. Des systèmes de trop-plein permettaient, au contraire, d'évacuer vers les nappes l'excès d'eau de citernes sous-dimensionnées pour stocker la totalité des apports pluviaux. L'eau des citernes, ne se perdant pas par écoulements vers la mer, pouvait être gérée. Une gestion optimale consisterait à maintenir pleines le plus longtemps possible les citernes, pour palier à d'éventuels problèmes d'assèchement des puits. Toutefois, ce raisonnement ne prend pas en compte, par exemple, le nécessaire

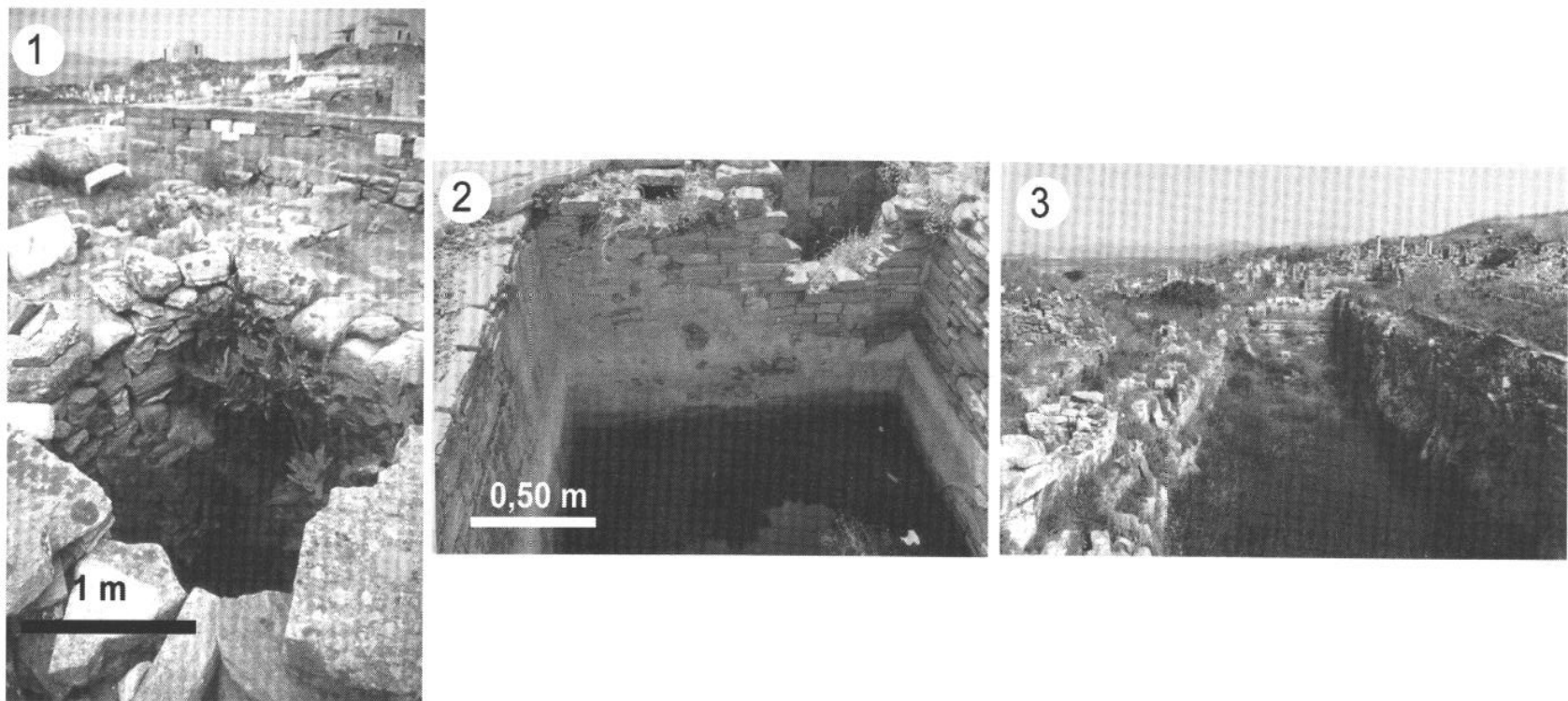


Fig.2 - Puits, citerne et « réservoir à alimentation mixte » de Délos

1- Puits de l'Artemision dans la Plaine principale ; 2- Citerne dans le Quartier de Skardhana (la couverture a disparu et les parois se sont dégradées) ;

3- Réservoir de l'Inopos vu du sud

curage des citernes, ni le rôle de réglementations et de préférences éventuelles concernant chacun de ces types de réserves en eau (Brunet *et al.*, à paraître). Si une telle gestion était appliquée, les simulations indiquent que les habitants de chaque maison avaient une ration minimale de 10 litres/personne/jour pendant une année de sécheresse (Desruelles, 2004).

Les eaux (eaux usées et eaux non récupérées pour l'alimentation des citernes et des « réservoirs ») étaient évacuées au moyen d'un dense réseau de canalisations conforme au tracé des rues (voir, par exemple, Chamonard 1922-1924 pour le Quartier du théâtre). Cette évacuation était nécessaire dans la Plaine principale, une zone basse où se situait notamment le sanctuaire d'Apollon. Ce secteur bénéficiait des apports hydriques des versants non récupérés pour l'alimentation des quartiers d'habitations. À l'époque hellénistique, un réseau de drains conduisait l'eau fréquemment en excès vers la mer (Desruelles, 2004). Au Nord de la Plaine principale, une nappe de fond d'alvéole alimentait une mare : le Lac « sacré » (fig. 1). Jusqu'au début du I^{er} siècle av. J.-C., un dispositif de trop-plein évacuait les excès d'eau de cette mare, utilisée notamment comme bassin à poissons, vers la mer. Au cours du I^{er} siècle av. J.-C., ce bassin a progressivement été abandonné, en raison probablement de la baisse des apports hydriques liée à l'aménagement des versants alentour, et les eaux usées y étaient déversées (Brunet *et al.*, à paraître).

Conclusion

Comme dans de nombreuses villes hellénistiques du pourtour méditerranéen, l'approvisionnement en eau était assuré au moyen de puits et de citernes (Bonnin, 1984). Cependant, le système mis en place à Délos, associant les possibilités offertes par ces deux types d'aménagements et les « réservoirs à alimentation mixte », est particulièrement intéressant à étudier.

Les prélèvements d'eau souterraine au moyen de puits assuraient la fourniture d'eau durant une partie de l'année (l'« hiver hydrologique » essentiellement). Ces réserves hydrologiques, généralement localisées à faible profondeur (15 m à 20 m au maximum sous la surface du sol, en haut de versant), étaient facilement accessibles. En revanche, comme leurs volumes étaient très variables et négligeables au moins en été, la collecte et le stockage, dans des citernes, des eaux pluviales ruisselant sur les habitations étaient nécessaires. Ces citernes, adaptées aux surfaces des toits et des terrasses, et par conséquent au nombre de personnes habitant la maison, pérennisaient l'approvisionnement en eau lorsque les puits se tarissaient. Chaque habitant, en ayant une surface de toiture collectant les pluies hivernales, devait disposer d'une ration en eau minimale en période de sécheresse. Ainsi, l'augmentation des surfaces de toiture et du nombre de citernes à l'époque hellénistique, a

engendré un accroissement du volume des réserves « artificielles », utilisées en complément de celles des petits aquifères déliens.

La complémentarité et l'adaptation des aménagements hydrauliques ont ainsi permis l'approvisionnement en eau de plusieurs milliers d'habitants sur le territoire insulaire délien, dont les paysages témoignent d'une aridité durant une grande partie de l'année.

BIBLIOGRAPHIE

- BONNIN J., 1984 .- *L'eau dans l'Antiquité. L'hydraulique avant notre ère*, Eyrolles, 450 p.
- BRUNEAU P., 1990 .- « Deliacia VIII », *Bulletin de Correspondance Hellénique*, N°114-1, pp. 553-591.
- BRUNEAU P., DUCAT J., 2005 .- *Guide de Délos : sites et monuments I*, École française d'Athènes, 350 p.
- BRUNEAU P., BRUNET M., FARNOUX A., MORETTI J.-C., 1996 - *Délos : île sacrée et ville cosmopolite*, Ed. CNRS et Paris-Méditerranée, 124 p.
- BRUNET M., 1999 .- « Le paysage agraire de Délos dans l'Antiquité », *Journal des Savants*, Janvier-Juin, pp. 1-50.
- BRUNET M. *et al.*, à paraître .- *L'eau à Délos*. Ouvrage à paraître dans la collection Exploration Archéologique de Délos, École française d'Athènes.
- CHAMONARD J., 1922-1924 .- *Le Quartier du théâtre*, École française d'Athènes, Exploration Archéologique de Délos, n°8, 638 p.
- COSANDEY C., ROBINSON M., 2000 .- *Hydrologie continentale*, Armand Colin, 360 p.
- DESRUELLES S., 2004. - *L'eau dans l'ensemble insulaire cristallin méditerranéen Mykonos-Délos-Rhénée (Cyclades, Grèce) et sa gestion dans la ville antique de Délos*, Thèse de Géographie, Université Paris-Sorbonne, 457 p.
- DESRUELLES S., CHEVALIER L., COSANDEY C., KARVONIS P., MORETTI J.-C., 2003 .- « The mastery of drainage and water management at Delos's "Theater Quarter" (Cyclades, Greece) », *In Fouache E. (Ed.), The Mediterranean world environment and history*, Elsevier, pp. 253-262.
- DESRUELLES S., FOUACHE E., PAVLOPOULOS K., DALONGEVILLE R., PEULVAST J.-P., COQUINOT Y., POTDEVIN J.-L., 2004 .- « Variations récentes de la ligne de rivage en Mer Égée et beachrocks dans l'ensemble insulaire Mykonos-Délos-Rhénée (Cyclades, Grèce) », *Géomorphologie*, n°1, pp. 5-17.
- DESRUELLES S., FOUACHE E., DALONGEVILLE R., PAVLOPOULOS K., PEULVAST J.-P., COQUINOT Y., POTDEVIN J.-L., HASENOHR C., BRUNET M., MATHIEU R., NICOT E., à paraître en 2007 .- « Sea-level changes and shoreline reconstruction in the ancient city of Delos (Cyclades, Greece) », *Geodinamica Acta*
- FOUACHE E., DESRUELLES S., PAVLOPOULOS K., DALONGEVILLE R., COQUINOT Y., PEULVAST J.-P., POTDEVIN J.-L., 2005 .- « Beachrocks as indicators of Late Holocene sea-level rise in Mykonos, Delos and Rhenia Islands (Cyclades, Greece) », *Zeitschrift für Geomorphologie Supplementary volume*, n°137, pp. 37-43.
- LUCAS I., 1999. - *Le pluton de Mykonos-Délos-Rhénée (Cyclades, Grèce) : un exemple de mise en place synchrone de l'extension crustale*, Thèse doct., Université d'Orléans, 491 p.
- MAHERAS P., 1979 .- *Climatologie de la mer égée et de ses marges continentales*, Thèse de doctorat, Université de Dijon, 784 p.

MARIOLOPOULOS E. G., 1925 .- *Étude sur le climat de la Grèce : précipitation, stabilité du climat depuis les temps historiques*, Thèse, Université de Paris, Presses Universitaires de France, 66 p.

Discussion

- **A. El Gharbaoui** : Votre modèle peut-il mettre en évidence des corrélations avec les aspects juridiques de la gestion de l'eau dans la ville de Délos ?

Réponse : Les aspects juridiques n'ont pas été précisément étudiés au cours de cette étude géoarchéologique des ressources en eau. En revanche, les archéologues et les philologues participant au programme *L'eau à Délos* ont entrepris des recherches sur les textes abordant ce sujet. Leurs conclusions seront intégrées à l'ouvrage qui paraîtra dans la collection *Exploration archéologique de Délos* de l'École française d'Athènes.

- **M. Fort** : Le cas de l'alimentation en eau à Délos est-il exceptionnel ? Avez-vous des éléments de comparaison avec d'autres villes de cette période ?

Réponse : -L'approvisionnement en eau par l'intermédiaire de puits et de citernes était courant dans les villes grecques et romaines, mais les « réservoirs à alimentation mixte » et surtout leur utilisation comme « puits de recharge » semblent plus originaux. La comparaison avec d'autres villes antiques a été réalisée uniquement à partir de la littérature scientifique. Il s'agit essentiellement de descriptions typologiques des différents ouvrages hydrauliques existant dans un site. L'agencement de ces aménagements et les interrelations du « système hydraulique » qu'ils constituent avec l'environnement physique sont rarement étudiés. Il est fortement souhaitable que des études comparables au travail pluridisciplinaire sur *L'eau à Délos* soient menées dans d'autres sites archéologiques, notamment ceux qui sont installés dans des environnements contraignants et dont les vestiges hydrauliques sont nombreux et bien conservés.