



BULLETIN DE L'INSTITUT FRANÇAIS D'ARCHÉOLOGIE ORIENTALE

en ligne en ligne

BIFAO 98 (1998), p. 367-462

Michel Wuttmann, Hala Barakat, Bernard Bousquet, Michel Chauveau,
Thierry Gonon, Sylvie Marchand, Marc Robin, Annie Schweitzer

'Ayn Manawir (oasis de Kharga). Deuxième rapport préliminaire.

Conditions d'utilisation

L'utilisation du contenu de ce site est limitée à un usage personnel et non commercial. Toute autre utilisation du site et de son contenu est soumise à une autorisation préalable de l'éditeur (contact AT ifao.egnet.net). Le copyright est conservé par l'éditeur (Ifao).

Conditions of Use

You may use content in this website only for your personal, noncommercial use. Any further use of this website and its content is forbidden, unless you have obtained prior permission from the publisher (contact AT ifao.egnet.net). The copyright is retained by the publisher (Ifao).

Dernières publications

9782724711523	<i>Bulletin de liaison de la céramique égyptienne 34</i>	Sylvie Marchand (éd.)
9782724711400	<i>Islam and Fraternity: Impact and Prospects of the Abu Dhabi Declaration</i>	Emmanuel Pisani (éd.), Michel Younès (éd.), Alessandro Ferrari (éd.)
9782724710922	<i>Athribis X</i>	Sandra Lippert
9782724710939	<i>Bagawat</i>	Gérard Roquet, Victor Ghica
9782724710960	<i>Le décret de Saïs</i>	Anne-Sophie von Bomhard
9782724711547	<i>Le décret de Saïs</i>	Anne-Sophie von Bomhard
9782724710915	<i>Tébtynis VII</i>	Nikos Litinas
9782724711257	<i>Médecine et environnement dans l'Alexandrie médiévale</i>	Jean-Charles Ducène

'Ayn Manāwīr (oasis de Kharga)

Deuxième rapport préliminaire

**Michel WUTTMANN, Hala BARAKAT, Bernard BOUSQUET, Michel CHAUVEAU,
Thierry GONON, Sylvie MARCHAND, Marc ROBIN, Annie SCHWEITZER**

APRÈS AVOIR étudié pendant trois campagnes (1994 à 1996¹) le temple et l'agglomération qui l'entoure, fondés et abandonnés en l'intervalle d'un siècle, celui qui correspond à peu près à la première domination perse, nous avons choisi d'évaluer plus globalement la durée et la continuité de l'occupation sur l'ensemble du site. Pour ce faire, nous avons retenu une politique de sondages limités, sur chacune des agglomérations repérées, sur les dépotoirs et certaines zones de parcellaires. Pendant l'automne 1997, nous avons pu mener à bien ce programme en 8 points de fouille, en progressant vers l'ouest à partir de l'extrémité est du flanc nord de la colline. Ce sont les résultats de ces sondages qui sont présentés ci-dessous (§ 1).

L'étude du réseau des *qanât* a connu un développement très important. Le tunnel de la *qanât* 4 est maintenant dégagé sur une longueur d'environ 100 m, entre les regards 17 et 11. La prospection, accompagnée de dégagements exploratoires de surface, des deux flancs est et ouest de Tell 'Ayn Manāwīr a permis d'en commencer le levé topographique. À l'ouest, trois *qanât* (Q-3, Q-4, Q-5) sont constituées chacune de plusieurs branches, modifications de parcours au cours de leur fonctionnement. Des vestiges d'occupation, datés tant de la première domination perse que du Haut-Empire romain ont été identifiés. Un atelier de potiers, des parcellaires et une nécropole ont été reconnus et inclus dans le levé topographique. À l'est, cinq *qanât* (Q6, Q7, Q8, Q9, Q10) sont partiellement recouvertes par une énorme dune de sable. Les déblais de creusement de Q10 contiennent d'importantes minéralisations de cuivre. Plusieurs zones d'habitat ont été identifiées.

L'étude de la mobilité des sables a bénéficié des informations livrées par les sondages stratigraphiques. Une première synthèse en est donnée dans ce rapport.

Outre les auteurs de cet article, ont participé aux travaux de la campagne 1997 : Emad 'Abd el Hamid, inspecteur CSA ; Damien Laisney, topographe ; Jean-François Gout, photographe ; Peter Dils, égyptologue ; Ayman Hussein et Khaled Zaza, dessinateurs ;

Monique Drieux, Hassân el-Amir, Hassân Mohammed, Younis Ahmed et Abeid Mahmoud restaurateurs.

1 Un rapport préliminaire présentant les travaux des deux premières campagnes à 'Ayn Manāwīr (WUTTMANN *et al.*, 1996) ainsi que les résultats de la

troisième campagne (GRIMAL, 1997) ont déjà été présentés ici même. Ces publications ont été recensées par le Bulletin d'histoire achéménide (BRIANT, 1997).

L'étude du matériel archéologique s'est poursuivie : céramique, mobilier métallique, évaluation des données paléobotaniques pour un travail ultérieur. L'étude de la documentation démotique a porté sur les ostraca découverts en 1995 et 1996 dans l'agglomération qui entoure le temple de la 27^e dynastie.

1. Les sondages stratigraphiques

Les sondages sont identifiés par les noms que nous avons donnés aux zones dans lesquelles ils ont été menés (voir fig. 64) :

- MMC : agglomération la plus orientale du flanc nord de la colline, à l'est de l'axe de la *qanât* Q5 ;
- MQ5d : bassin de régulation des eaux, en aval de la *qanât* Q5, en amont des parcellaires ; jouxte MMC ;
- MMD : agglomération du flanc nord de la colline, entre les axes des *qanât* Q5 et Q4 ;
- MDA : dépotoir sur l'épaulement est de la partie terminale de la *qanât* Q4. Immédiatement à l'est de l'agglomération qui entoure le temple (MMA) ;
- MME et MME100 : deux sondages, l'un au centre (MME100) et l'autre sur la frange ouest (MME) de l'agglomération immédiatement à l'ouest du temple et entre les parcours des *qanât* Q3 et Q2 ;
- MMF : agglomération sur la pente du piémont, délimitée à l'est par la partie terminale de la *qanât* Q1 ;
- MMR : construction isolée, située à l'est de la branche 10' de la *qanât* Q10, dans la partie sud du flanc est de la colline.

Dans la plupart des cas, les sondages ont été précédés de balayages de surface pour mettre en évidence l'arase des murs des constructions, celle-ci n'étant couverte que d'une mince couche de sable éolien. Leurs plans ont été levés et tracés de manière à pouvoir être intégrés par transfert dans les documents topographiques généraux du site. L'ensemble des plans et minutes existe en fichiers de dessin vectoriel. L'objectif de la politique de sondages menée cette saison n'était pas le relevé intégral des arases des constructions des ensembles explorés. Néanmoins, cela a pu être réalisé dans les petits ensembles (MMC, MMD, MDA). Des relevés partiels ont été menés en MME et MMF.

À la fin du paragraphe concernant chaque sondage, on trouvera un bref résumé de toutes les informations liées au matériel céramique.

■ 1.1. MMC

L'« agglomération » MMC est vraisemblablement un seul grand bâtiment construit en étapes successives, selon un processus d'agglutination. Les constructions (en particulier au centre) sont préservées souvent au-delà du rein des voûtes, nous empêchant de situer un certain nombre de communication entre les pièces. Néanmoins la situation des passages identifiés indique bien le fonctionnement intégré de l'ensemble (fig. 24).

Un sondage a été mené dans « l'agglomération » MMC pour en connaître la chronologie d'occupation. Il a été implanté à peu près au centre de cet ensemble, plus ou moins au point culminant (fig. 2), dans une pièce conservant encore le départ des voûtes (fig. 4). Ce sondage nous a révélé deux occupations successives (fig. 1) :

– la plus récente correspond aux murs que nous avons relevés en topographie. Sous une épaisse couche de sable éolien (environ 2 m, couche MMC001), nous avons trouvé un éboulis MMC002 lacunaire, incrusté dans l'occupation MMC003. Ce niveau d'occupation (ou sol évolutif) est pauvre en céramique et repose sur le sol MMC004. Ce sol est lacunaire. Il est relativement peu soigné. Cette pièce n'avait sans doute pas de fonction résidentielle, comme le montre également l'épaisse couche d'occupation (7 à 8 cm). Sous ces couches, se trouvent les niveaux de construction : couche MMC005 et trous de poteau MMC006, 007, 008. Ces trois trous de poteau sont à peu près alignés au milieu du grand axe de la pièce et peuvent correspondre à l'emplacement d'un échafaudage.

– l'occupation plus ancienne correspond à un bâtiment antérieur de plan quasi identique au bâtiment postérieur : les murs longitudinaux (MMC010 et 012) du bâtiment récent s'appuient sur les fondations des murs longitudinaux du bâtiment ancien (MMC014 et 015), le mur transversal MMC009 étant décalé d'environ 1,5 m au nord du mur ancien MMC016. Cette occupation est arasée jusqu'aux fondations du bâtiment, fondations qui ont servi d'assises au bâtiment le plus récent. Il ne semble pas y avoir eu d'interruption entre les deux occupations, du fait de l'absence de niveau de sable intercalaire. Sous une couche d'éboulis MMC017, on trouve l'occupation MMC022, ainsi que deux trous d'ancrage (de mobilier?), MMC025 et 026, qui reposent sur le sol lacunaire MMC024. Cette occupation comprend également dans l'angle sud-ouest du sondage un silo enterré bâti en argile, MMC018, profond de près d'un mètre. Ce silo est complet, ou presque (fig. 3). Cette structure ainsi que le sol peu soigné nous incitent à penser que la pièce n'avait pas de fonction résidentielle.

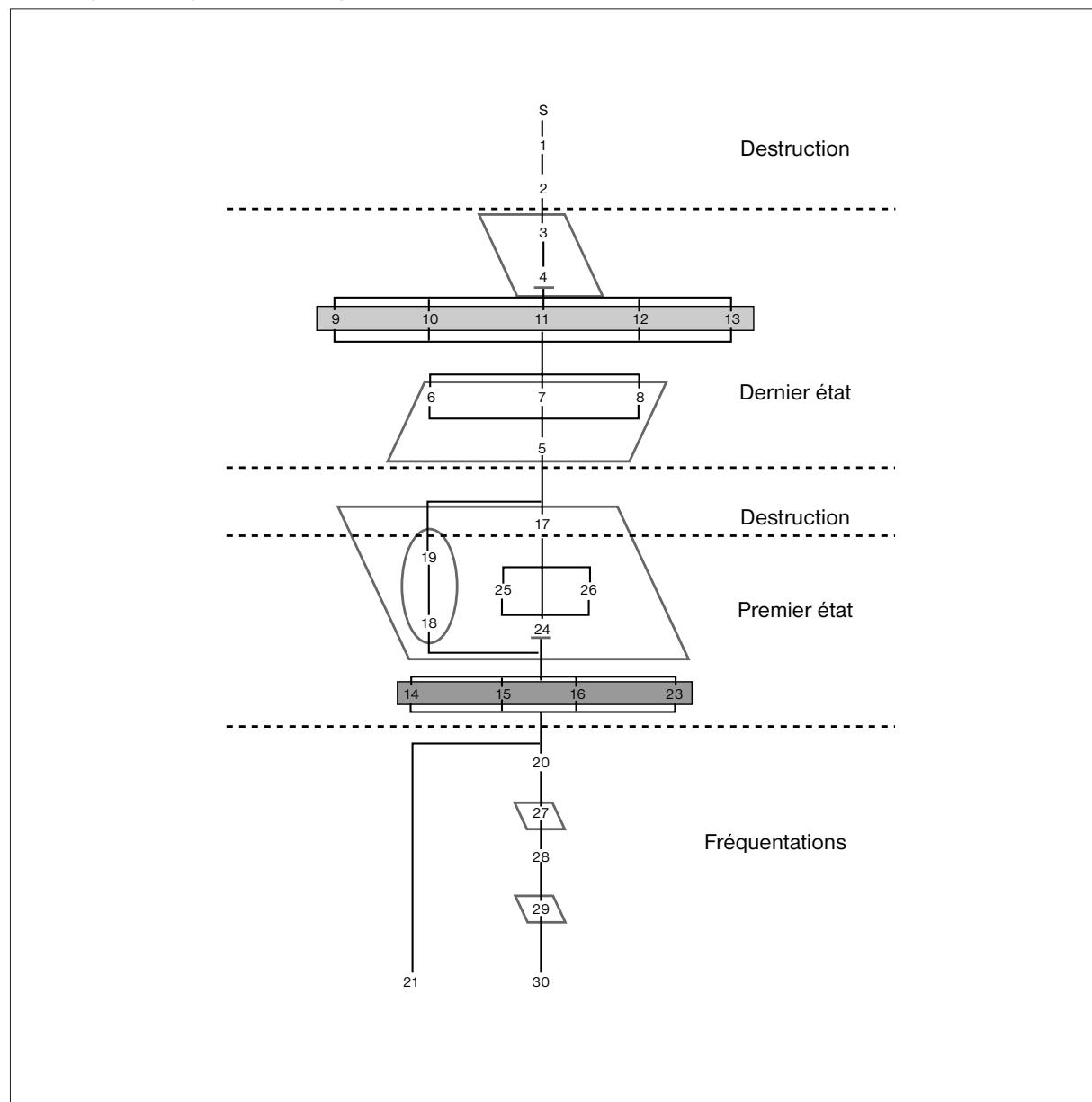
Sous cette occupation, nous trouvons des couches de sable (MMC020, 028, 030) qui alternent avec des épandages de cendres (MMC027 et 029). Ces niveaux ténus (1 à 2 cm d'épaisseur) sont plus des niveaux de fréquentation que d'occupation. L'absence de matériel céramique dans ces couches en rend la datation difficile.

Un matériel céramique peu abondant a été découvert dans ce bâtiment. Il se caractérise par une vaisselle de cuisine qui se répartit pour l'essentiel comme suit : les petits bols à boire à parois fines, les marmites qui sont fréquemment à lèvre droite munie d'un ressaut interne marqué, les petits plats de cuisson à parois légèrement inclinées avec parfois une lèvre

rehaussée de blanc agrémentée d'un décor peint en noir composé de guilloches en taches, quelques jattes à marli plat de faible diamètre, et enfin des fragments de *dokka* à parois hautes qui ont été recueillis dans les niveaux de destruction.

Entre les deux états d'occupation du bâtiment aucune différence chronologique n'est appréciable. Le matériel se situe dans la fourchette chronologique du Haut-Empire romain.

Fig. 1. Diagramme stratigraphique du sondage mené en MMC.



Note : les conventions communes à tous les diagrammes stratigraphiques (figures 1, 5, 7, 10, 11, 14, 17 et 22) sont les suivants : structures dans des champs gris : murs et bâti ; structures soulignées : sols.

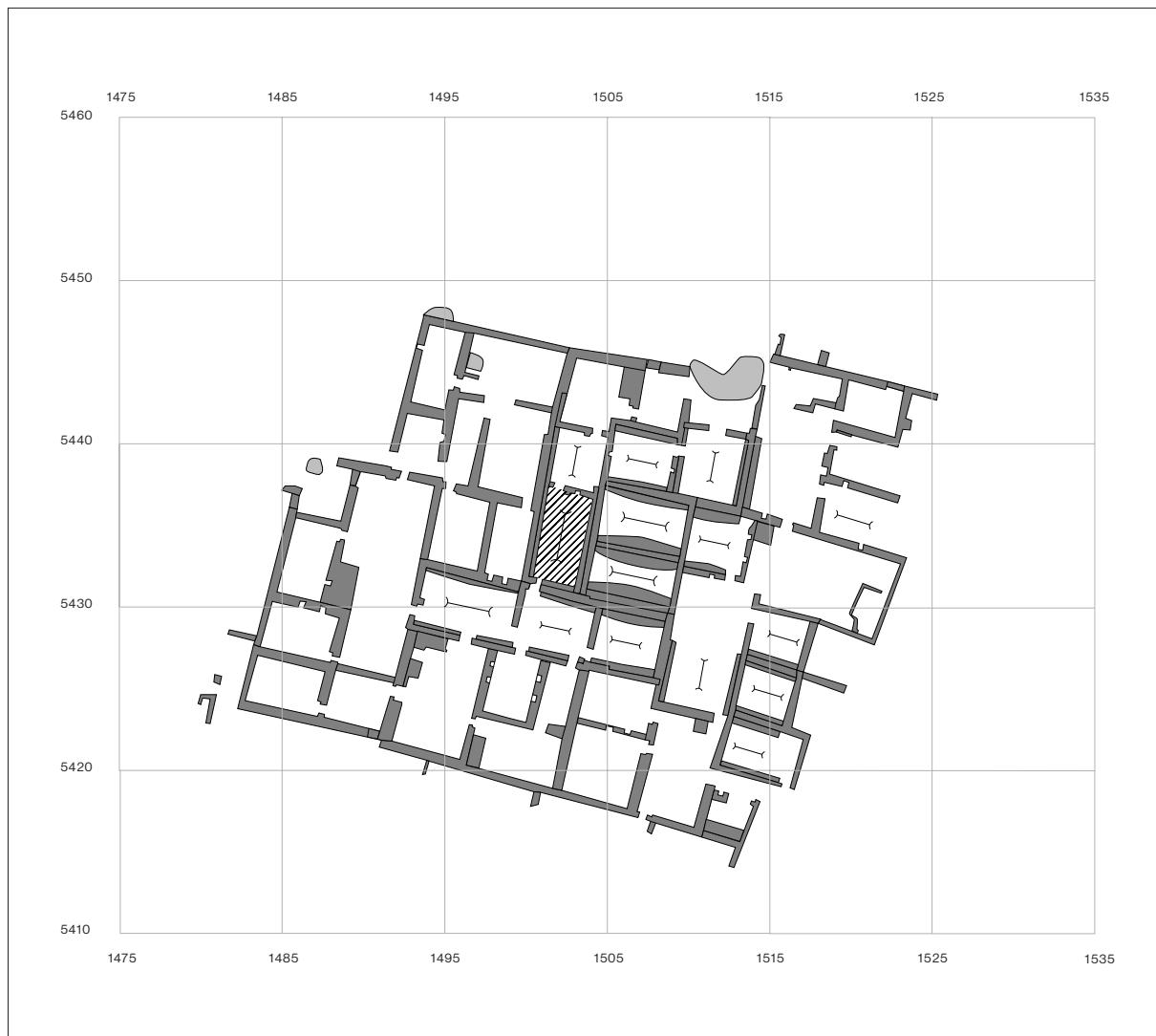


Fig. 2. Plan des structures arasées de « l'agglomération MMC ». Le quadrillage est en mètres, nord en haut. La zone hachurée indique la pièce sondée.

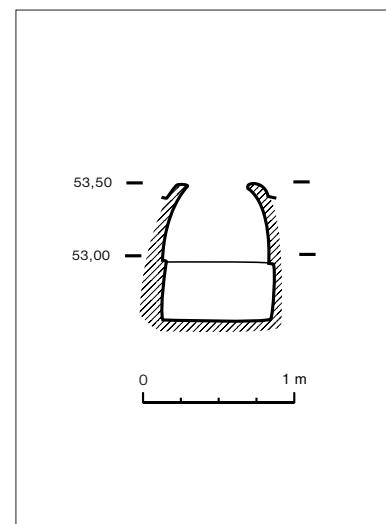
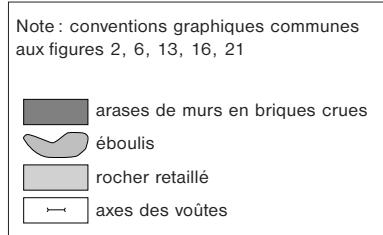


Fig. 3.
Coupe du silo MMC018.

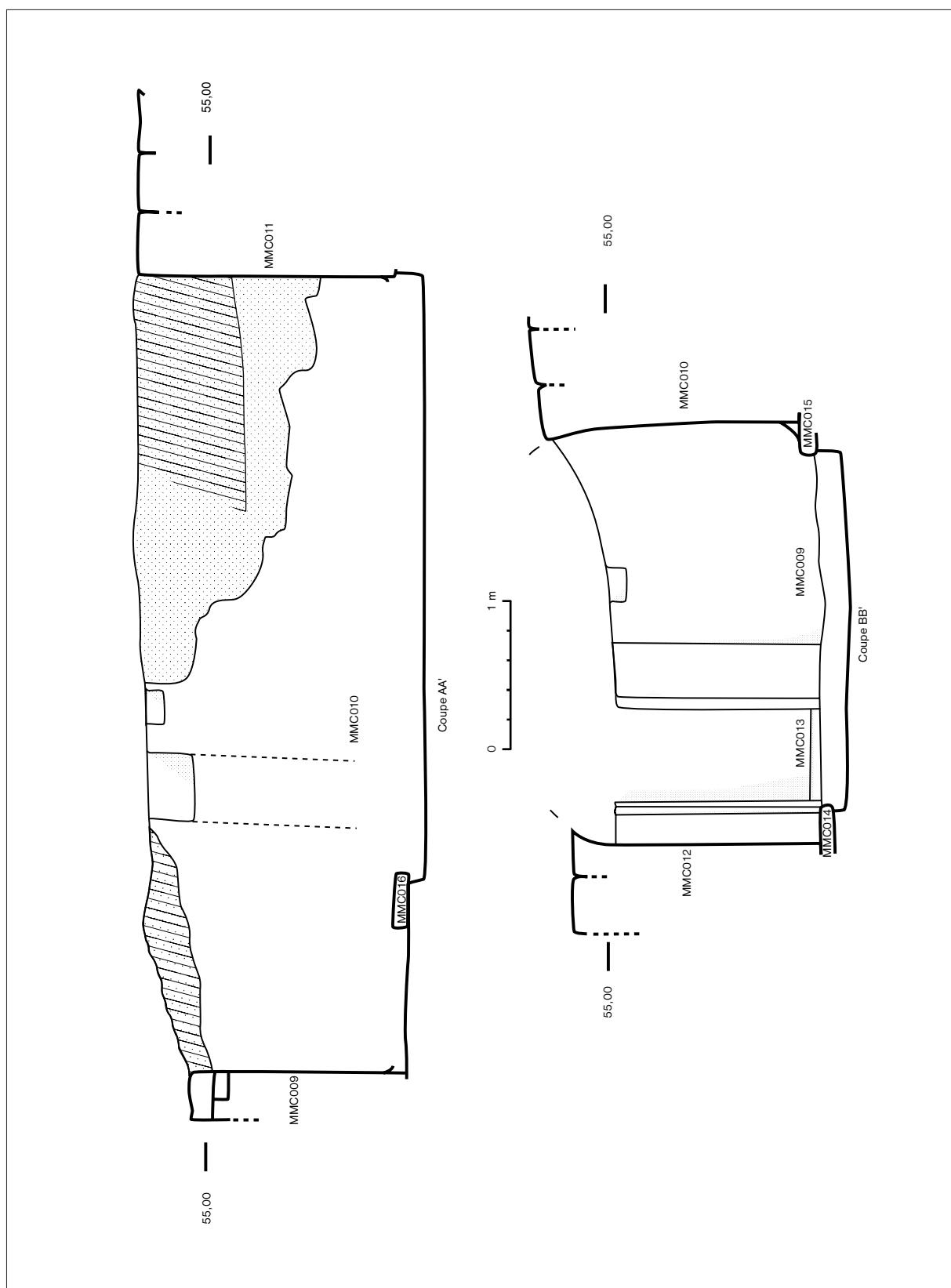


Fig. 4. Sondage en MMC. Coupes longitudinale (AA') et transversale (BB) de la pièce fouillée.

■ 1.2. MQ5d

L'extension des balayages de surface aux abords de l'habitat MMC a fait apparaître les contours d'un bassin situé dans l'alignement des derniers regards de la *qanât* Q5 (fig. 24). Ce secteur a fait l'objet de deux types de travaux :

- un désensablement extensif d'un bassin au débouché de MQ5 et de deux de ses chenaux d'évacuation, l'un partant vers le nord, l'autre vers l'est puis le nord ;
- une fouille limitée en superficie et en profondeur, au contact de l'extrémité ouest de MMC et du chenal est (fig. 5).

Le désensablement a mis au jour une dépression tapissée d'alluvions argileuses entourée de sols agricoles conservant la trace des nombreux arbres qui poussaient autour du bassin. Près du bord ouest, des traces du piétinement d'animaux venus boire dans le bassin sont parfaitement conservées. Des moulages de ces empreintes ont été réalisés (inv. 4794 à 4797). Ce bassin semble avoir été curé régulièrement, comme le montrent des épandages des dépôts du bassin sur la terre arable (fig. 65). En aval, une dalle de grès dressée, percée d'un trou circulaire dans sa partie supérieure, commande le débit d'eau dans le chenal nord (fig. 25).

Le sondage nous a montré, sous l'éboulis MQ5d5, que le chenal MQ5d20 avait été utilisé en même temps que MMC, et même conjointement, certaines pièces étant donc humides : les sols MQ5d17 et MQ5d16 sont continus avec MQ5d20 dont le fond est garni de la même argile. Contre le mur MQ5d10, le plus exposé au courant du chenal, le sol MQ5d16 présente un épais bourrelet de protection. En base des deux murs est-ouest (MQ5d13 et un autre plus au nord non numéroté), des passages ont été ménagés pour la circulation et l'évacuation de l'eau. Sous ces niveaux, nous avons repéré dans l'angle nord-ouest du sondage un sol antérieur MQ5d18, dont on ne peut dire s'il fonctionnait avec le chenal.

Après l'abandon et l'effondrement du bâtiment, la circulation d'eau se poursuit dans le chenal MQ5d6, qui coupe l'éboulis. Elle prend la même direction et le même emplacement que MQ5d20 : l'abandon du bâtiment n'est pas ici lié à l'épuisement de l'eau.

La plus grosse part du matériel céramique étudié provient des couches de remplissage de sable éolien (d1 à d4) et de l'abandon (d5). Ces couches se sont révélées très riches en céramiques mais également en d'autres catégories d'objets, citons principalement les lampes moulées de terre cuite, la faïence égyptienne et le verre.

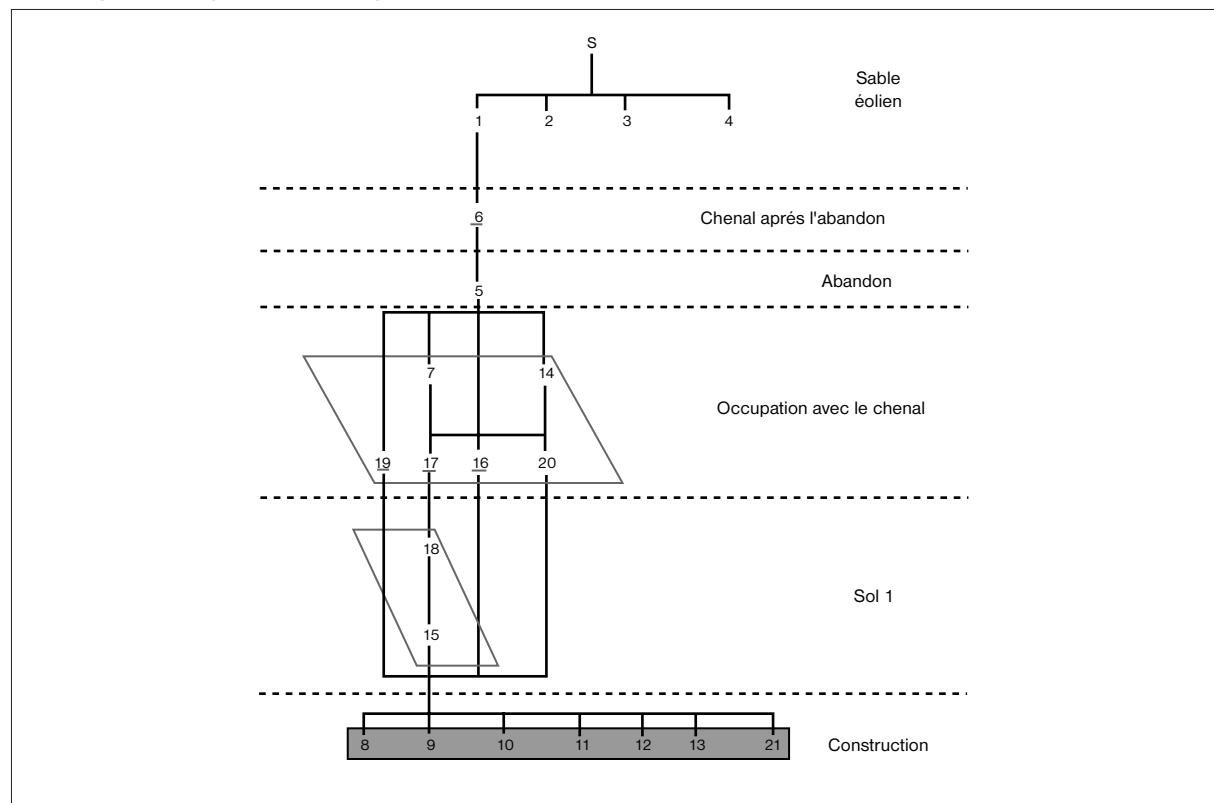
On retrouve, comme pour le sondage précédent, un ensemble de céramiques à vocation culinaire. Les marmites sont donc naturellement nombreuses associées aux petits plats de cuisson à parois légèrement inclinées. Une remarque générale s'impose à leur égard : ce sont les seules céramiques qui portent assez systématiquement un décor, quoique frustre et répétitif. Il s'agit de guilloches en tache, peints en noir sous un rehaut blanc disposé sur la lèvre. La catégorie des petits bols à boire à parois fines est en nombre constant. Les jattes sont à bord muni d'un marli plat qui porte parfois un décor peint de guilloches ou encore de croisillons de couleur noire, et les nombreux couvercles-assiettes noircis par le feu. Enfin, quelques cruches à col munies d'un filtre recouvertes d'un engobe blanc et les *siga* à col court à bourrelet, sont les dernières familles représentatives de cet ensemble.

Cependant, quelques objets plus rares sont à signaler : un pichet pansu à base annulaire à ouverture trilobée (MQ5 d5 /n° inv. 4871) (fig. 68 d) et une petite bouteille à col ronde et trapue (MQ5 d5/n° inv. 4869) (fig. 68 c).

Mais un marqueur chronologique important a été découvert dans ce sondage. Il s'agit d'un tesson de barbotine (MQ5 d2-/n° inv. 4805). C'est un type de vaisselle bien connu pendant les deux premiers siècles de notre ère. La forme n'a malheureusement pas pu être reconstituée, car il ne s'agit que de quelques picots blancs disposés horizontalement sur une surface beige-rosé, la pâte rouge clair zonée est extrêmement fine. Ce fragment reste l'unique exemple de barbotine connu à ce jour pour le site de 'Ayn Manāwir, il nous incite à confirmer la datation que l'on a pu établir pour l'ensemble du matériel recueilli dans ce secteur : le Haut-Empire romain.

De plus, les petits bols de faïence bleue à double collarette, viennent corroborer ces conclusions. Seule une lampe en pâte calcaire, importée de la vallée, de type « arms », pourrait rajeunir quelque peu la documentation vers le III^e siècle apr. J.-C.

Fig. 5. Diagramme stratigraphique du sondage mené en MQ5d.



■ 1.3. MMD

L'agglomération MMD

C'est une grande maison de briques crues, de 35 m (est-ouest) sur 45 m (nord-sud) environ qui est située à l'est de l'extrémité nord de la qanat 4 (fig. 6).

Dans la partie centrale, cet ensemble présente de nombreuses pièces avec des murs épais ayant soutenu des voûtes dont les rouleaux sont calés avec des pierres plates. L'une de celle-ci a été fouillée. À l'ouest, on trouve surtout des emplacements de travail avec foyers, sans doute situés dans une cour à ciel ouvert.

Au nord, nous avons un ensemble d'espaces aux murs moins épais. Trois pièces cependant ont des murs plus larges et sans doute l'espace le plus à l'ouest a été recouvert d'une voûte. Ces trois pièces jouxtent le mur nord redoublé qui donne l'impression d'une fermeture de l'ensemble sur l'extérieur.

Au sud, un grand espace de 12 m sur 15 m peut être interprété comme une cour accolée à l'habitation.

L'ensemble est érodé, les murs sont arasés en dôme; des espaces périphériques il ne reste parfois que les fondations des murs.

La pièce fouillée est centrale et mesure dans la longueur est-ouest, au nord, 5,79 m, au sud, 5,91 m et dans la largeur nord-sud, 3,97 m à l'ouest et 4,03 m à l'est. Elle était couverte d'une voûte d'axe est-ouest (fig. 8-9).

Premier état: le chantier

1. Une surface de travail (MMD26) occupe les deux tiers ouest de la pièce. Un enduit grossier fragmentaire recouvrant les trois assises supérieures du mur sud (MMD7) semble avoir été le plus ancien. La porte sud n'a pas de fermeture.

2. Une surface de sable compacté (MMD24) fragmentaire occupe la partie ouest de la pièce, il n'y a pas de crapaudine en place. Un ostracon démotique (n° inv. 4664) (fig. 70/b) ainsi qu'un grand nombre de pesons de terre crue ont été trouvés sur cette surface. Un escalier (MMD12) est bâti (fig. 9): les deux surfaces MMD 26 et 24 sont creusées par une fosse remplie de sable (MMD25), soubassement de l'escalier.

3. Une surface de sable compacté recouvre toute la pièce (MMD22), les briques (MMD23) semblent former une surface de travail (?).

La première occupation

Le sol est en argile blanche épaisse et lissée (MMD16). Lacunaire, il remonte sur les murs, et recouvre soigneusement le pourtour de la crapaudine MMD27 de la porte MMD8. L'escalier MMD12 fonctionne avec ce sol. Un seuil bien construit équipe la porte MMD9.

Un muret (MMD18) est construit sur la surface MMD22; il bute contre la fondation MMD21 de l'escalier et contre la dernière marche de celui-ci. L'espace constitué par les murets MMD18 a circonscrit un emplacement destiné à faire du feu; des traces de rubéfaction se remarquent sur les briques de l'escalier.

La deuxième occupation

Une surface de sable durci MMD14 recouvre la pièce dans son entier. Dans l'angle sud-est on trouve une surface plus compacte qui recouvre la première marche de l'escalier. Un petit muret sommaire MMD13 est construit à cheval sur le muret MMD15 de l'escalier MMD12.

C'est à ce niveau probablement qu'il y a menaces d'éboulement de l'étage et que le bouchage (MMD20) de l'escalier s'impose.

Le rétrécissement et le rehaussement de la porte MMD8 [ou sa transformation en placard (?)] sont accompagnés de la mise en place de la crapaudine MMD28, installée sur un empilement de briques. Il n'y a pas d'enduits de murs en rapport avec cet état.

Une accumulation compacte noirâtre MMD2 couvre progressivement le sol MMD14; la crapaudine MMD28 est encore en service. L'escalier MMD12 est inutilisé, les premières marches sont recouvertes entièrement par cette couche.

L'abandon

Immédiatement après l'abandon, un écoulement d'eaux de ravinement a lieu dans l'angle sud-ouest de la pièce.

L'ensemble se remplit progressivement de sable éolien et de céramique interpénétrant l'éboulis de la voûte (fig. 27).

Le mobilier

Le matériel céramique est peu abondant. La couche de surface a livré un tesson décoré de guirlandes guillochées de couleur noire sur un engobe blanc. Cet élément doit vraisemblablement appartenir au Bas-Empire romain. En effet, ce fait est inhabituel pour la céramique datée du Haut-Empire romain à 'Ayn Manāwīr. On constate que la poterie de cette époque privilégie les décors moins sophistiqués, au répertoire décoratif simple (guilloches noir sur rehaut blanc, croisillons et tortillons de couleur noire...). Qui plus est, ils sont réservés à un nombre limité de familles (plats de cuisson, jattes et parfois *siga*).

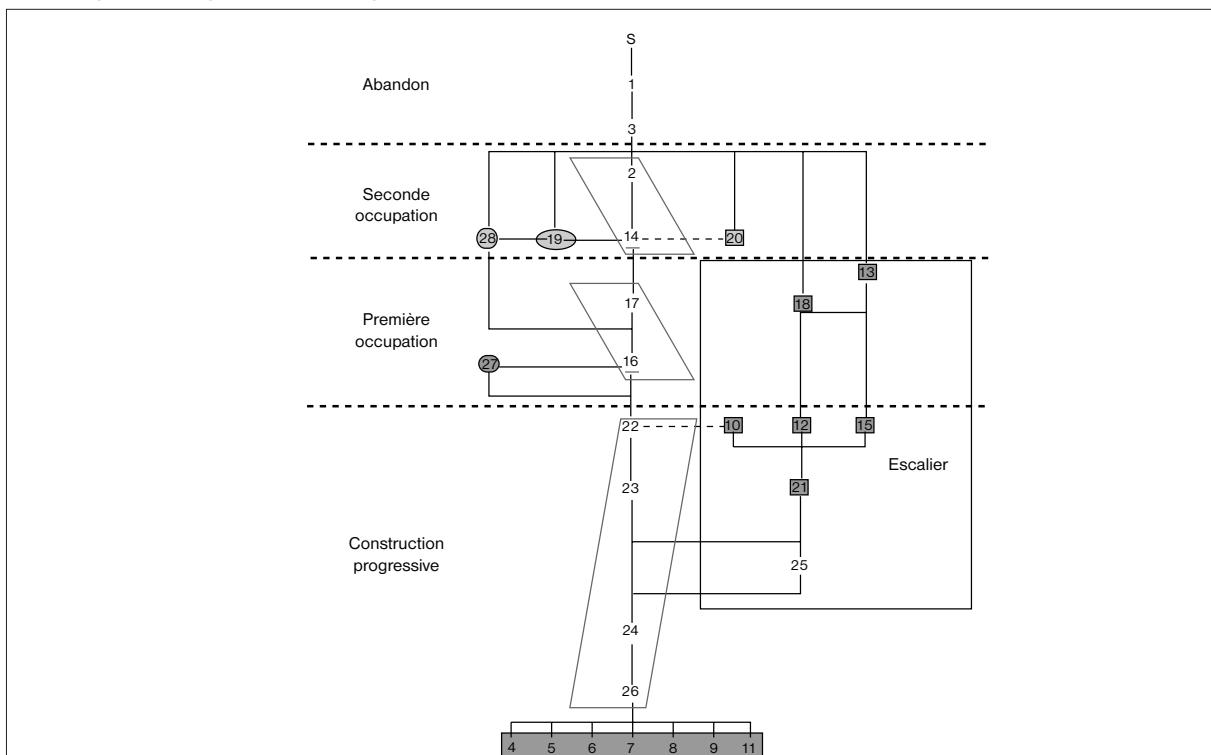
Les couches d'occupation sont quant à elles sans surprise, les petits bols à boire à parois fines, les marmites, les petits plats de cuisson, les couvercles et les jattes nous donnent un faible échantillonnage des formes qui s'inscrit dans le Haut-Empire.

De nombreux fragments de petits bols à double collerette en faïence bleu turquoise également découverts dans ces couches confirment cette datation (MMDS, np1482 ; MMD14, np1483 ; MMD22, np1484) (fig. 69/a-d). Il est important de signaler que tous ces niveaux nous ont livré en nombre significatif des *dokka*, à parois hautes à bord rond ou biseauté, ou encore basse à bord rond évasé. Un ostracon (MMD24 n° inv. 4664) (fig. 70/c) fournira sans doute des informations complémentaires.



Fig. 6. Plan des structures arasées de « l'agglomération » MMD. Le quadrillage est en mètres, nord en haut. La zone hachurée indique la pièce sondée.

Fig. 7. Diagramme stratigraphique du sondage en MMD.



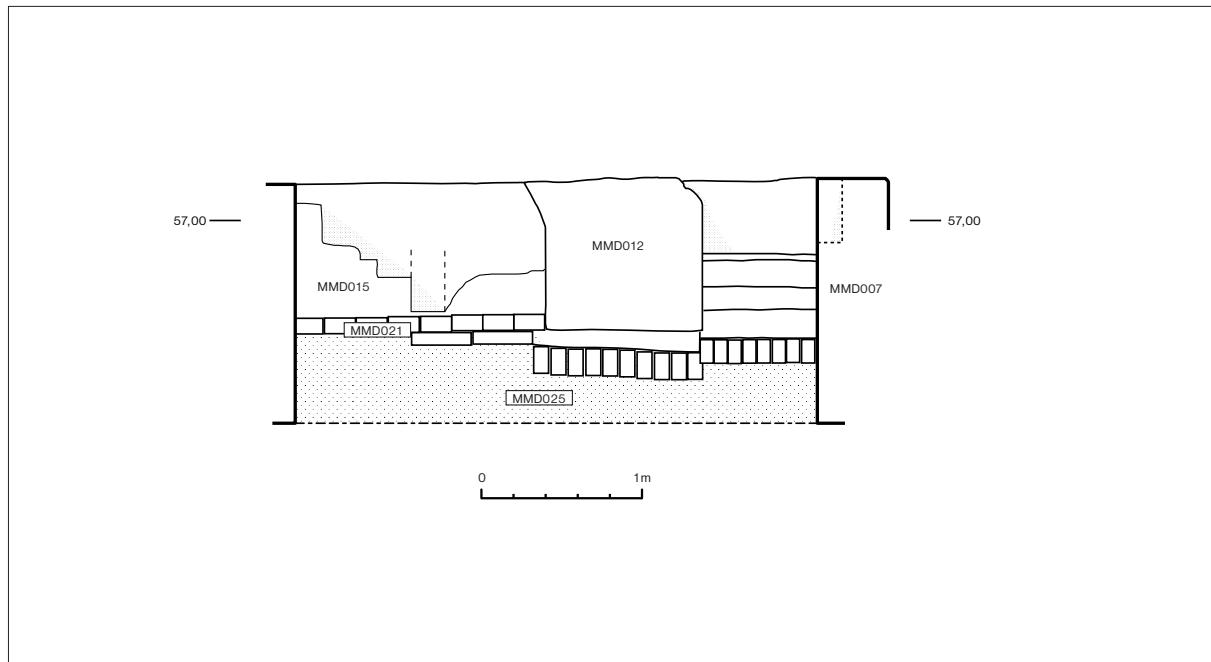


Fig. 8. Coupe nord-sud, face à l'escalier MMD012.

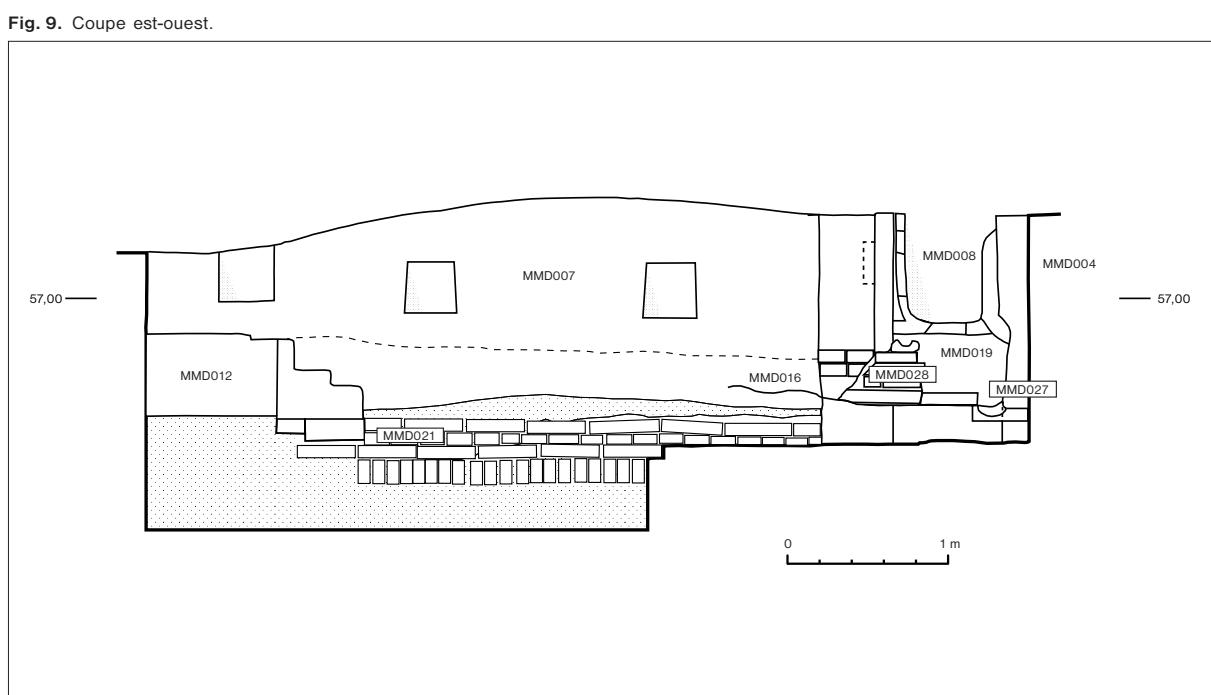


Fig. 9. Coupe est-ouest.

■ 1.4. MDA

Situé en contrebas de l'épaulement est du vallon emprunté par la *qanât* Q4 dans son parcours terminal, ce dépotoir se manifeste par un épandage de céramiques (datées de la première domination perse) mêlé de scories métallurgiques. Ce dépotoir est associé au temple et aux maisons qui l'entourent (MT, MMA et MMB).

En 1996, un sondage de 3×4 m avait révélé que le dépotoir était pelliculaire et reposait sur un fort ensablement éolien vierge de matériel archéologique. Un nouveau sondage au nord de cette zone, sur une surface d'environ 150 m^2 , (14 m N-S et 11 m E-O) (fig. 66) nous a livré :

1. Quatre foyers construits dont trois contenant des cendres et du charbon de bois, deux fonds de foyers et deux zones d'épandage de cendres situées l'une à l'ouest, 1,80 m / 1,40 m et l'autre, à l'est du sondage, d'un diamètre d'environ 1 m. Ce secteur était sans doute situé dans un espace à ciel ouvert (fig. 26).

2. Un angle de pièce construite en briques crues se situe à l'angle nord-est du sondage ; elle est constituée de deux murs est-ouest/nord-sud qui forment un angle externe S/O ; un éboulis en occupait le centre et comprenait des briques de voûte (module : $30*9*7$ à 10 cm) avec calage de pierres plates encore en place dans des assemblages de briques ; le module des briques crues des murs est de $32*17*8$ cm.

3. De nombreux trous de racines et plantations ou/et de terriers parsèment les alentours sud et ouest de la construction. La céramique découverte semble confirmer la datation établie en 1996.

L'ensemble est très érodé et lacunaire, il repose sur une surface de sable durcie ne dépassant pas une quinzaine de centimètres au sud du sondage et n'existant plus au nord, cela à la suite de la forte érosion éolienne (fig. 10).

Si la couche de surface nous a livré du matériel mixte, d'époque romaine et perse, avec cependant un matériel perse très largement majoritaire, le dépotoir lui-même (MDA1) n'était constitué que de céramiques datées de la période perse. La répartition des familles de céramiques ne possède aucun caractère particulier, on trouve pêle-mêle des tessons de production locale à caractère utilitaire, les jarres-marmites, les *sigae*, les jattes, mais également un petit nombre de panse de jarres à stries plates en pâte calcaire qui sont clairement importées de la vallée.

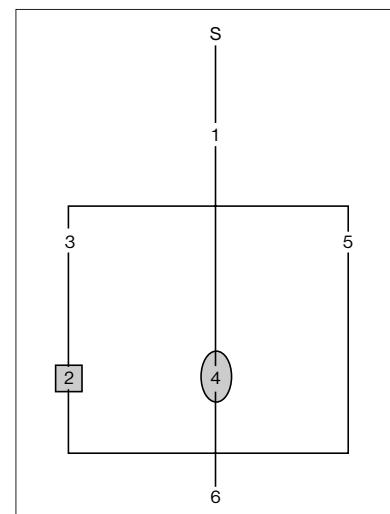


Fig. 10. Diagramme stratigraphique du sondage mené en MDA.

■ 1.5. MME

La zone d'habitat MME couvre l'ensemble du terre qui s'étend entre le temple en briques crues et le tracé du fossé à ciel ouvert, tronçon terminal de la *qanât* Q2. Ce qui en est visible en surface est un réseau de murs arasé, partiellement couvert d'épandages de tessons mêlés au sable éolien pelliculaire. Sur sa frange nord, deux constructions sont remarquablement bien conservées (elles conservent une élévation de 3 à 4 mètres). Comme nous l'ont révélé les deux sondages décrits ci-dessous, cette agglomération d'époque romaine a été bâtie sur une dune de sable fixée par des apports de terre. En bordure de la *qanât* Q2 (voir ci-dessous § 1.5.1) cette dune recouvre un habitat plus ancien, d'une autre nature, qui aurait fonctionné entre la fin de la première domination perse et l'époque ptolémaïque. Au centre (voir ci-dessous § 1.5.2) des sols argileux peuvent être attribués à cette même époque. Parcellaire, ou espaces non bâtis entre des constructions hors des limites du sondage, il est trop tôt pour conclure.

1.5.1. Sondage en bordure de la *qanât* Q2

Différents sondages ont déjà été menés sur le parcours terminal de la *qanât* Q2 en 1994 et 1995 (fouille des dépotoirs d'abandon dans les regards 25 et 26; dégagement du débouché du tunnel dans le fossé à ciel ouvert). Le présent sondage est situé sur la frange ouest de la zone d'habitat MME et recoupe le fossé de la *qanât* Q2. Le profil d'érosion éolienne et le sondage ont révélé les structures suivantes (fig. 11 et 67) :

1. À l'est, la bordure d'une maison « haute »;
2. Une dune fossilisée;
3. En bordure de la *qanât* Q2, les restes d'une maison « basse » déjà repérés en prospection les années précédentes, situés environ 2 mètres sous les fondations de la maison haute;
4. Un tronçon du fossé aval de la *qanât* Q2.

Le sondage mesure 22,50 m (E-O) × 12,50 m (N-S).

LA MAISON « HAUTE »

Des murs de briques crues d'époque romaine MME5, 8, 9, 10 ont été mis au jour, ils sont très arasés. Contre eux vient buter un remblai argileux compact MME12 qui s'étend vers l'ouest sur toute la largeur du sondage. Érodé, il est conservé sur une longueur de 6,50 m dans la direction est-ouest. La fondation de MM5 était construite sur une surface plane MME35 composée d'argile et de sable compactés. Une fine couche de sable MME43 est incluse entre MME12 et MME35. La presque totalité de la céramique est à dater du Haut-Empire, un petit bol à double collerette à panse arrondie en faïence bleue a d'ailleurs été découvert sur cette surface.

LA DUNE FOSSILISÉE

Une couche importante de sable compact MME33 fait suite aux précédentes. Des inclusions d'argile se rencontrent ça et là. Ce sable durci repose sur une surface MME16 sur laquelle quelques fragments de céramique non exploitables ont été découverts. L'ensemble se trouve sur une épaisse couche de sable éolien MME2 qui s'avère être une dune fossilisée qui pourrait être l'extrémité ouest de celle qui s'est accumulée contre le temple (cf. Wuttmann *et al.*, 1996, p. 439-440) (fig. 12).

Si la couche MME1 contenait encore trois marmites d'époque romaine intrusives, la couche MME2 nous a livré le premier ensemble significatif de céramiques que l'on peut dater avec vraisemblance de l'époque ptolémaïque. Il s'agit en tout et pour tout de 29 formes.

Elles se répartissent dans 4 familles principales : les marmites à ressaut interne (fig. 59/b) marqué munies d'anses-boudin disposées à l'horizontale et les plats de cuisson carénés (fig. 59/a). La famille des jattes est celle la plus fréquemment retrouvée sur tout le site pour cette époque. Deux types coexistent dans ce secteur. L'un possède une lèvre en bourrelet retourné (pour comparaison, voir fig. 60/b), tandis que l'autre est à bord mouluré (pour comparaison, voir fig. 60/c). On remarque que ce dernier type est un héritage direct d'une forme que l'on rencontre dès l'époque perse. Enfin, on recense les jarres à haut col à bourrelet carré (fig. 59/c) qui portent un décor de bandes brunes horizontales sur engobe blanc, là encore il s'agit d'une survivance d'un type que l'on connaît également à l'époque perse. Quelques tessons datés de l'époque perse sont répertoriés dans ces couches.

LA MAISON BASSE

En bordure est de la *qanât* Q2, après le balayage de surface ayant livré tessons de céramique, calages de voûte en pierre et petits fragments de verre d'époque romaine, un sondage de 10,20 m E-O sur 6,10 m N-S a mis à jour une maison avec des murs peu épais (une largeur de brique) fondée sur le dessus d'une couche d'argile grise (MME6). Une tranchée menée contre le mur MME15 a permis de constater, qu'à cet endroit, le terrain est composé d'alternances d'argiles grises et de sables très compacts sur une épaisseur d'au moins 70 cm (Wuttmann *et al.*, 1996, p. 390-391). Un ostracon démotique (n° inv. 4665) (fig. 70/a) a été découvert sur la surface MME6.

Cette maison se poursuit au sud au-delà de la zone sondée et à l'est, est recouverte par la dune. Une surface d'environ 91m² en a été fouillée.

Deux pièces ont été étudiées :

Dans la pièce A, 2 états successifs ont été observés, marqués par les sols MME34 puis MME26. Un foyer MME40 et une banquette MME24 sont construits sur le sol MME34. Au centre de MME26, se trouve un foyer MME32, et dans l'angle sud-est subsiste la banquette MME24.

Dans la pièce B, un foyer en briques est construit contre le mur MME21. Des cendres abondantes MME23 et 36 recouvrant une grande partie de l'espace. L'état observé de la pièce B est à rapprocher du deuxième état de la pièce A.

On ne peut que déplorer la pauvreté de ces couches en mobilier céramique. Des deux états successifs reconnus, seul le second (principalement les couches MME023 et MME036) nous offre des tessons indiscutablement datés de l'époque ptolémaïque. Quant au premier état, la céramique est rare, fragmentaire et très peu représentative. Le répertoire des formes est essentiellement constitué de *dokka*. Cependant, une datation de l'époque perse pour le matériel recueilli reste la solution la plus probable.

LA QANÂT Q2

Le fossé de cette dernière est entièrement comblé de sable éolien qui ne contient que quelques fragments de céramique sur le bord est; par contre dans la fouille du chenal, une seule coupelle a été trouvée et date de l'époque romaine.

Le chenal MME 30 a été entièrement dégagé des gros paquets d'argile MME29 et du sable qui l'encombraient pour en connaître le profil (fig. 12). Ces paquets d'argile sont probablement des rejets de curage du chenal. Le flanc est de la *qanât* est plus incliné que celui de l'ouest qui est pratiquement droit et sur lequel est aménagé un escalier MME31 de 7 marches; les paquets d'argile sont entassés de façon à laisser un étroit passage entre le bord de la *qanât* et l'escalier.

Le fond est constitué d'une rigole encadrée de deux replats larges d'environ 20 à 30cm.

À l'ouest de la *qanât*, on trouve un terrain vierge de toute occupation et partiellement érodé au nord (MME27).

Si l'on exclut un petit col de bouteille à marli plat que l'on peut attribuer avec prudence à l'époque ptolémaïque, la seule céramique identifiée qui provient de MME29 est bien plus récente puisqu'elle appartient au Haut-Empire romain, il s'agit d'un petit bol à boire (MME29, n° inv. 4882) (fig. 68/e).

L'étude du matériel céramique atteste une occupation à l'époque ptolémaïque (la « maison basse », deuxième état). À une époque indéterminée, la maison va être tronquée à l'ouest par le fossé de la *qanât* Q2. Des ensablements éoliens vont alterner ensuite avec des écoulements et des stagnations d'eau qui amènent pour une certaine période l'abandon de cette zone. À l'époque romaine, la maison « haute » sera construite sur le sommet surélevé et stabilisé de la dune.

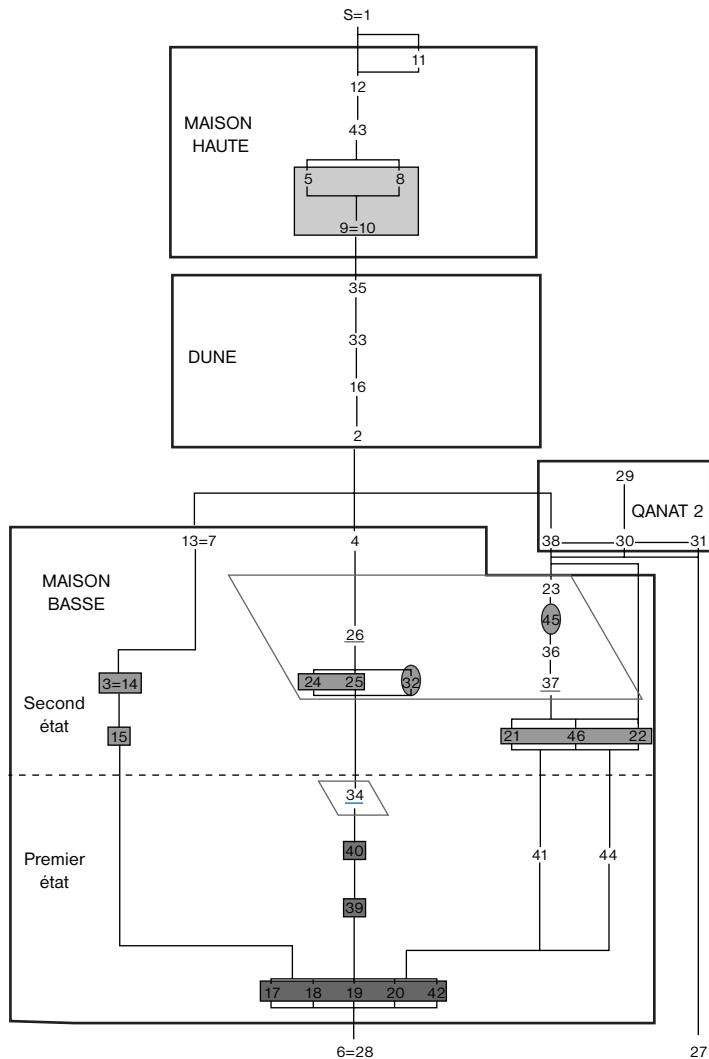


Fig. 11. Diagramme stratigraphique du sondage mené dans la zone d'habitat MME, au bord de la *qanât* Q2.

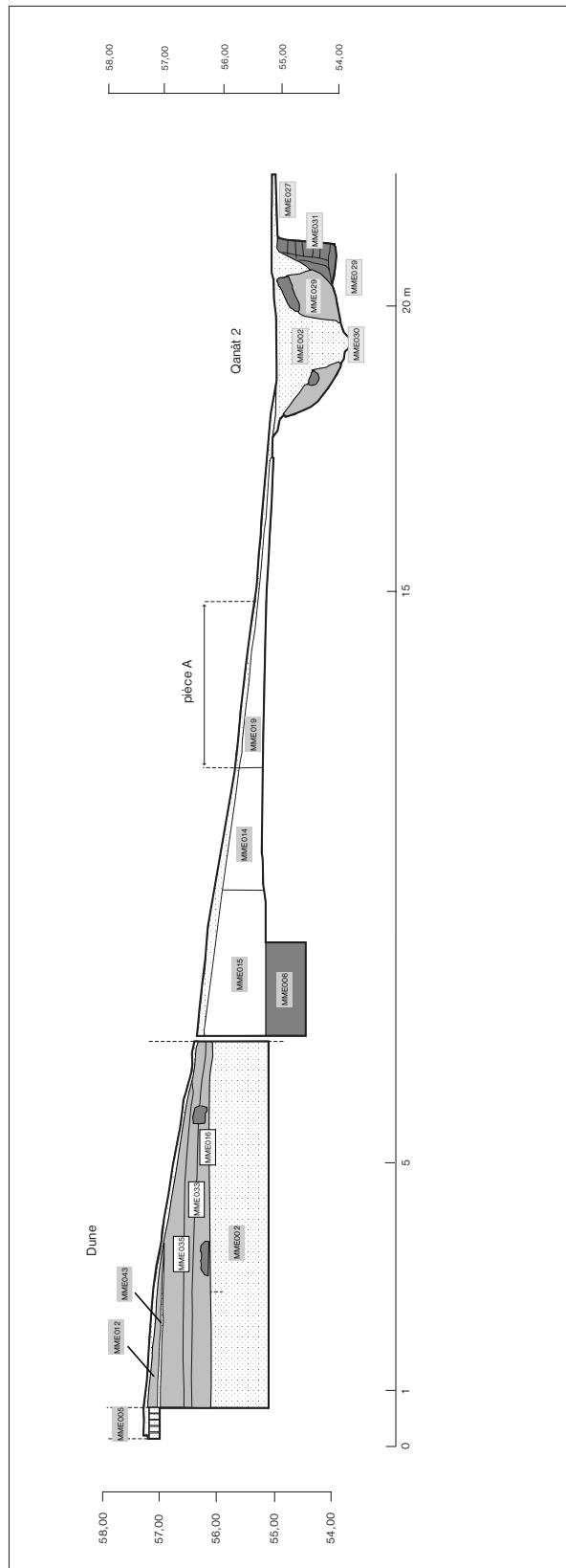


Fig. 12. Coupe est-ouest à travers la dune, la maison basse et le fossé de la qanât MQ2.

1.5.2. Sondage au centre de l'agglomération : sondage MME100

Un sondage a été mené dans l'agglomération MME, à peu près en son centre (fig. 13). Compte tenu de la stratification supposée (endunement), nous avons choisi un espace de grande taille, pour descendre profondément et en sécurité. Nous avons ménagé des marches contre les parois nord et ouest pour permettre la circulation et l'évacuation des déblais.

LES NIVEAUX SUPÉRIEURS : LA CUISINE ROMAINE

La pièce que nous avons fouillée s'est avérée être une cuisine, sans doute en plein air. En effet, les dimensions semblent interdire la possibilité d'une couverture voûtée (absence de pierre de calage à la surface) ou plafond à poutraison.

Deux états ont pu être distingués (fig. 14). Dans un premier état, la cour est beaucoup plus étendue, vers l'est et le nord. Seuls les murs sud (MME105) et ouest (MME106, 108 = 131) sont construits. Nous avons trouvé un sol d'occupation (MME130) couvert par une couche d'éboulis (MME129), qui constitue sans doute plutôt un nivellement de préparation à la construction du second état. Le sol d'occupation est riche en cendres et en noyaux de dattes, nous laissant penser que cette pièce était déjà dévolue à la cuisine.

Le second état correspond à une cour de petite taille (environ 10 mètres sur 6, fig. 15) qui a livré six fours culinaires : quatre (MME116 à 119) en batterie les uns contre les autres contre le mur sud et les deux derniers (MME120 et 122) contre le mur nord. Le matériel céramique, daté du Haut-Empire romain ne présente pas d'évolution nette par rapport à la première occupation de ce bâtiment. Le sol MME128 était couvert par le niveau d'occupation MME104 et les poches de cendres MME126 et MME127. Sur cette occupation, nous avons trouvé un éboulis MME115 perforé par une fosse MME103 pour une raison indéterminée (récupération de cendres?).

Il s'agit du secteur qui nous a livré le matériel céramique d'époque romaine le plus abondant et le mieux épaulé stratigraphiquement.

Les petits bols à double collerette de faïence bleue (MME101, np1459, bol complet en MME 130, np1455) et le verre sont très bien représentés. Conjointement, on exhume d'humbles vestiges de la vie quotidienne à la fonction encore imprécise. Il s'agit par exemple des « pesons » de terre crue de forme oblongue percés d'un trou dans le sens de la largeur (fig. 72). Ces objets se retrouvent périodiquement dans les « cuisines » de 'Ayn Manāwīr en nombre conséquent. Signalons enfin la découverte d'un ostracon dans les éboulis supérieurs (MME115, np1461).

Le dernier état de la cuisine (MME104), couche de surface comprise (MME101), nous a fourni la part la plus importante du matériel céramique recueilli dans ce sondage.

Il serait fastidieux d'énumérer la totalité des formes représentées. Voici en substance les familles les plus fréquentes : les marmites sont le plus souvent à col muni d'une lèvre en biseau marquée, les plats de cuisson décorés ou non (à lèvre ronde, à marli plat, ou encore à lèvre décrochée, ce type trouvé en nombre est peu représenté dans les autres secteurs),

les petits bols à boire à parois fines, les pichets et barellets engobés de blanc à col haut munis d'une anse et à filtre, les *sigā*, les couvercles-assiettes, les bouchons.

On soulignera encore une fois la rareté des céramiques décorées, qui recouvrent toujours les mêmes familles comme nous l'avons vu précédemment pour d'autres secteurs (petits plats de cuisson, jattes à marli, et corps de *sigā*), de même que la pauvreté du répertoire décoratif peint utilisé (lèvre rehaussée de blanc et guillochis noir, croisillons et tortillons noir pour les panses de *sigā*).

Le premier état de la cuisine (MME130) nous offre un échantillonnage de céramiques beaucoup moins riche que pour le dernier état. On note cependant une différence de faciès, par la disparition des marmites à col à lèvre biseautée et des plats de cuisson à lèvre décrochée.

Le matériel du premier état s'apparente à celui que l'on date du Haut-Empire romain. Dans le matériel du dernier état de cette cuisine, on remarque des changements morphologiques sensibles. Cependant, il n'est pas encore possible de l'isoler au sein d'une chronologie «absolue». La période d'abandon se situerait entre le I^{er} et le III^e siècle apr. J.-C.?

LES NIVEAUX INFÉRIEURS

Sous la dune, nous avons trouvé 21 «sols» ou niveaux anthropisés. Nous nous sommes arrêtés sur le niveau MME159, car il nous semblait que nous avions recueilli suffisamment d'informations dans le cadre d'un sondage localisé. Ces niveaux ne sont liés à aucune structure, si ce n'est, pour les couches MME146 à 148, des pierres disposées plus ou moins à plat (cf. MME100/2 à MME100/4) qui pourraient être des lambeaux de chenaux d'irrigation (?). Les sols sont également percés par des racines qui ont complètement disparu (MME135 et 136 par exemple). Deux niveaux (MME140 et 142) sont recoupés par des fosses (respectivement MME141 et 143), peu profondes et assez grandes (au nord du sondage).

Les niveaux inférieurs (MME158 en particulier) ont livré de la céramique datée de la première domination perse, permettant de penser qu'il y a quasi-continuité entre la zone du temple et le sondage MME, situé 70 mètres environ à l'ouest de MME100.

Il est utile de préciser que le nombre des céramiques découvertes dans chacune des nombreuses couches excède rarement un individu «identifiable».

On remarque que la couche MME144 située sous la dune contient encore deux tessons datés d'époque romaine. Il faut patienter jusqu'à la couche MME149 pour obtenir un unique fragment de bord de jatte d'époque ptolémaïque, et la couche MME154 pour un bord de *sigā* daté de l'époque perse.

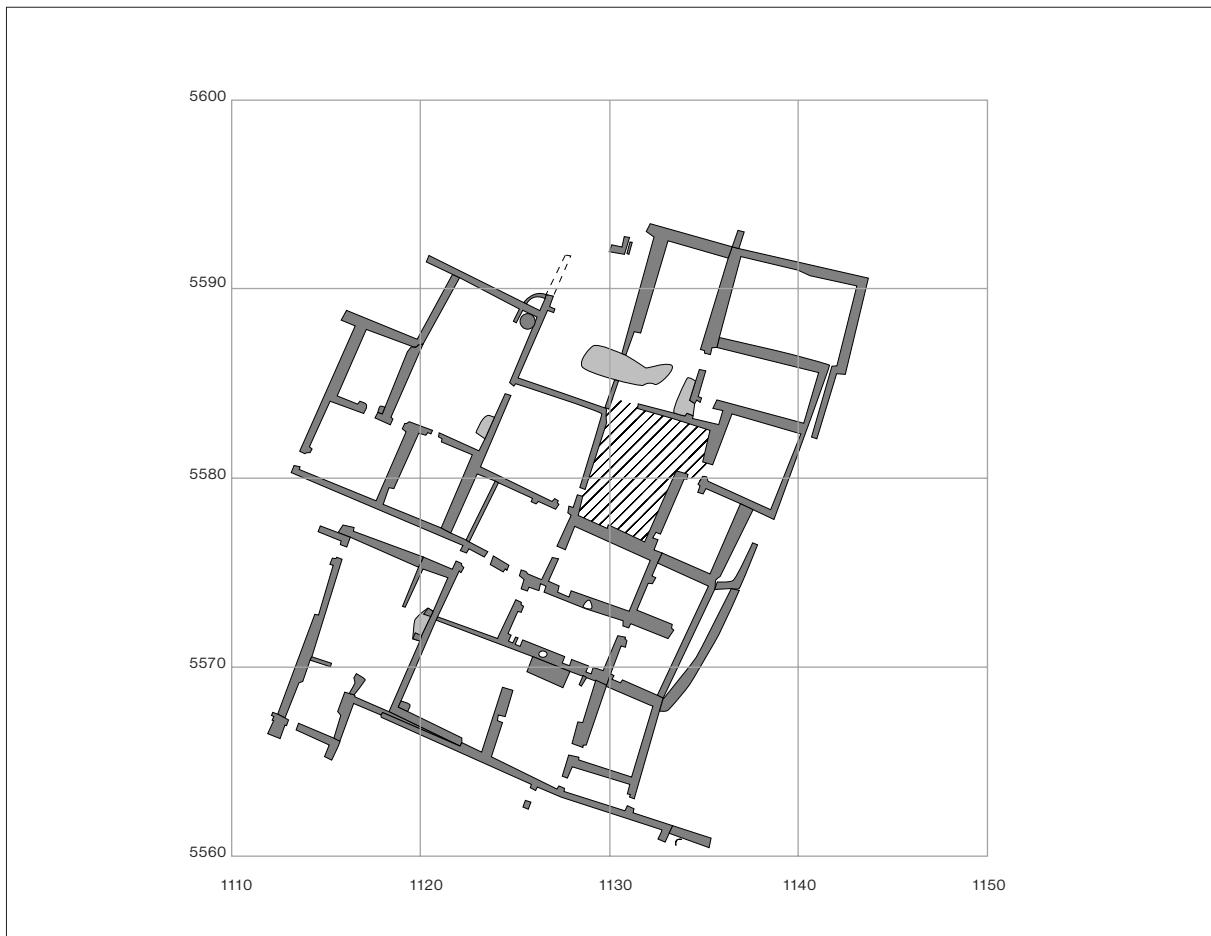
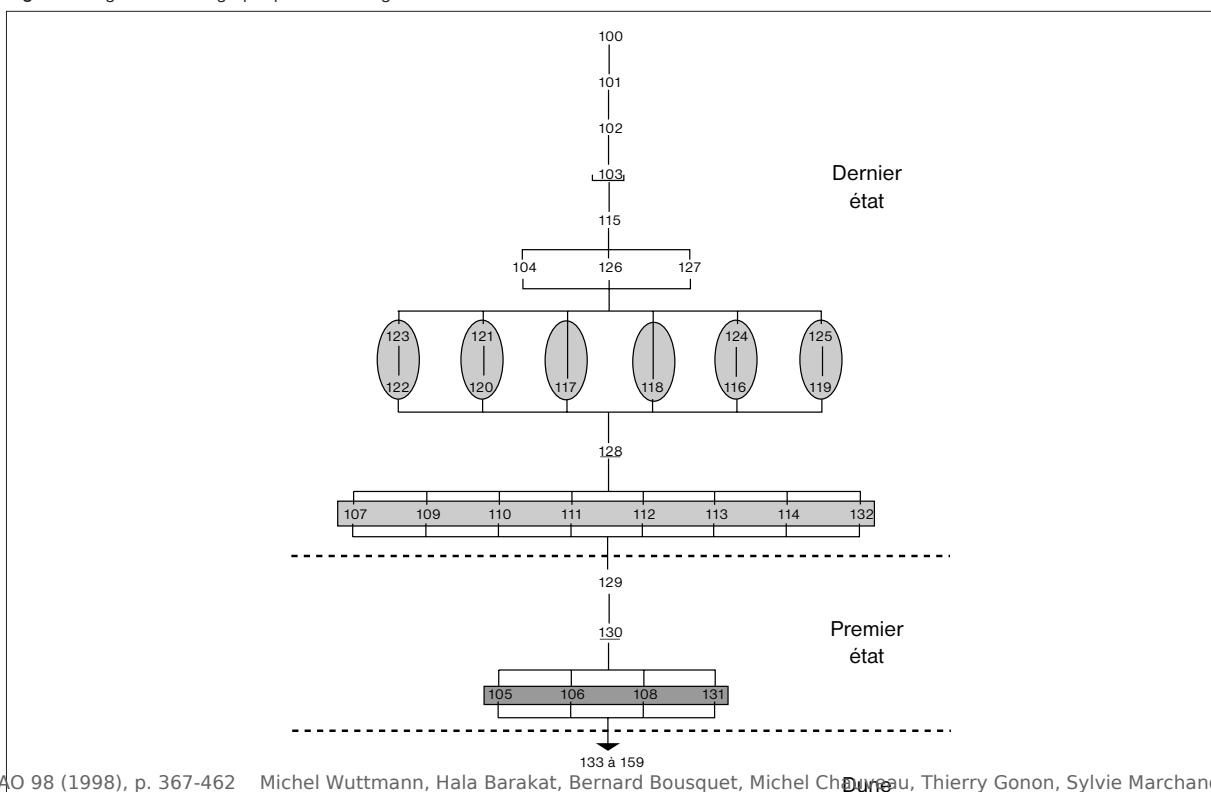


Fig. 13. Plan des structures arasées au centre de l'agglomération MME. La zone sondée (MME100) est hachurée.

Fig. 14. Diagramme stratigraphique du sondage mené au centre de MME.



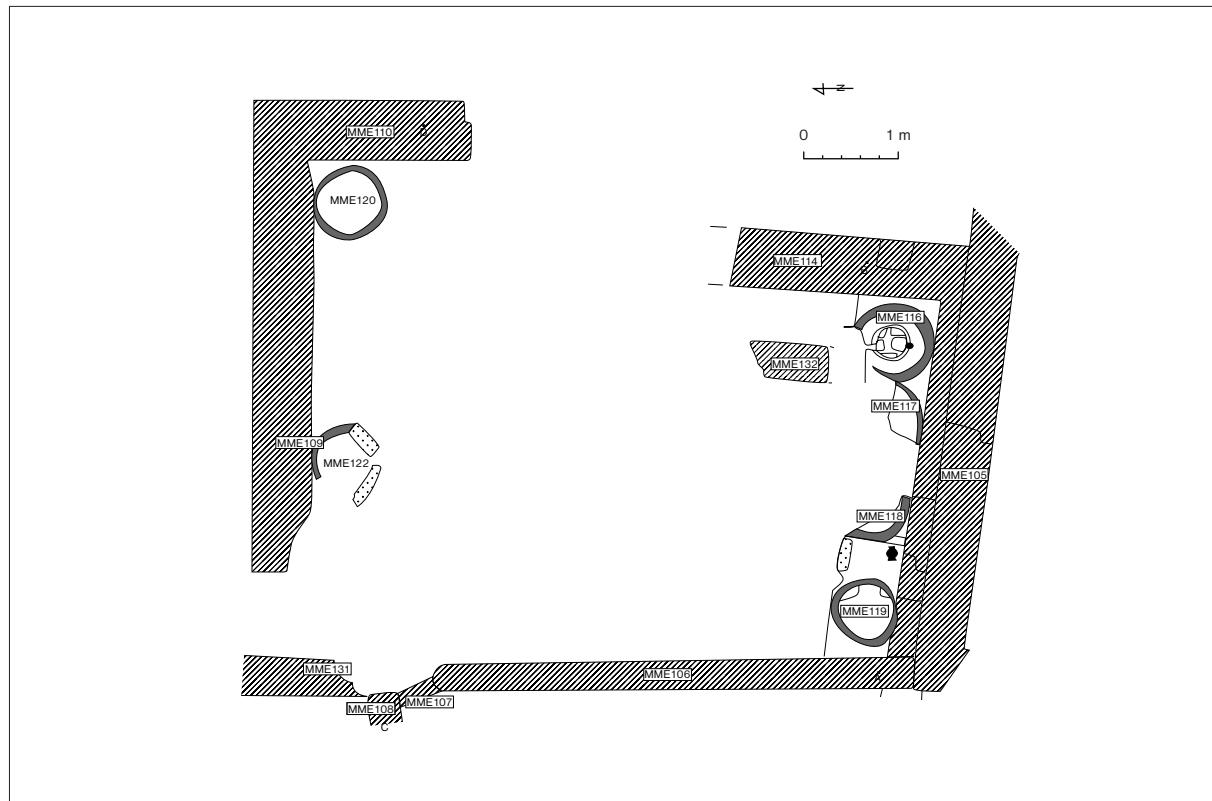


Fig. 15. Plan du niveau supérieur (cuisine romaine).

■ 1.6. MMF

L'agglomération MMF s'étage sur le piémont de colline immédiatement à l'est de la *qanât* Q1, de la cote 68 m jusqu'au bout de la *qanât*, soit sur une dénivellation de près de 14 m, pour une extension d'environ 10 000 m². Un dépotoir la prolonge au nord, à son extrémité inférieure.

Nous avons choisi de sonder la partie haute de l'agglomération (au sud), où l'on pouvait distinguer des murs taillés dans la roche (ici le grès). Il a paru intéressant de fouiller sur une surface assez étendue ce type de construction originale, d'autant plus que la stratification paraissait peu développée. Les arases des murs ont été nettoyées sur une superficie de 1 200 m² (fig. 16).

Le sondage peut être divisé en deux parties : à l'ouest, un vaste espace subdivisé par la fouille en quatre (A, B, C, D), et à l'est un couloir voûté (E) et une cave (F), pour partie taillée dans la roche (fig. 28).

Le bâtiment a été construit en une seule phase, pour la partie que nous avons explorée (fig. 17). Dans la partie ouest (fig. 18), nous avons trouvé un seul lambeau de sol (MMF027), à l'altitude de 67,51 m, adossé contre le mur MMF005. Ce sol repose directement sur

le rocher. Tout le reste a été érodé par le vent. Par contre, au nord (espaces A et D), la roche plonge et nous avons donc fouillé un remblai composé de plusieurs niveaux (MMF017, 018, 019 en D, MMF021, 024, 025, 030 en A). Ces remblais s'appuient au nord contre les murs MMF020, 012, 011 qui sont fondés directement sur le rocher. Un certain nombre de murs (MMF029, 031, 016, 014, 015, 010) sont sans doute des murs destinés à armer le remblai, le rendre plus compact. L'espace A est peut-être une pièce à part entière, les autres sont, dans l'état de conservation actuel, un seul et même espace de grande taille.

La cave F et le couloir E ont été bouchés l'un après l'autre ou en même temps. La stratigraphie ne permet pas de trancher. La cave a été bouchée par le muret MMF039, le couloir par le muret MMF023. L'accès au couloir se faisait par un petit puits délimité par le mur MMF022. À l'intérieur des deux bouchages, nous avons trouvé un petit éboulis (MMF037 dans le couloir, MMF038 dans la cave). L'accès du couloir à la cave se fait par deux marches descendantes. La supérieure est taillée dans le rocher, l'inférieure est construite en briques crues. Les deux pièces E et F sont peu hautes (environ 1,5 m). Dans la cave, le rocher est entaillé, formant une banquette d'environ 1,1 m. de haut (fig. 19-20). La cave et le couloir étaient remplis de sable éolien et ne présentaient pas de niveau d'utilisation. Le sol est le rocher lui-même (fig. 29).

Deux couches de déblais riches en matériel ont retenu notre attention. Il s'agit de MMF019 qui a livré de nombreuses formes complètes (marmites et plats de cuisson), et de MMF025. On peut signaler deux ostraca exhumés de la couche MMF025 (n° inv. 4667 et n° inv. 4668).

Le point commun entre ces deux couches, est qu'elles contiennent des fragments d'amphores à pâte brune égyptienne importées de la vallée. Ce fait est rarissime pour le secteur de 'Ayn Manāwīr, malheureusement seuls des petits fragments de panse et une demi-anse à section ronde ont subsisté. Les seuls secteurs concernés par ces productions étaient concentrés à Douch, et plus particulièrement pour des périodes tardives à partir du IV^e siècle apr. J.-C. La datation est donc rendue très hasardeuse. Le reste de la documentation, à l'examen des nombreuses marmites, plats de cuisson et bols à boire, reste assez homogène et circonscrite dans le Haut-Empire romain.



Fig. 16. Agglomération MMF: plan des arases de murs apparaissant dans la zone entourant le sondage.

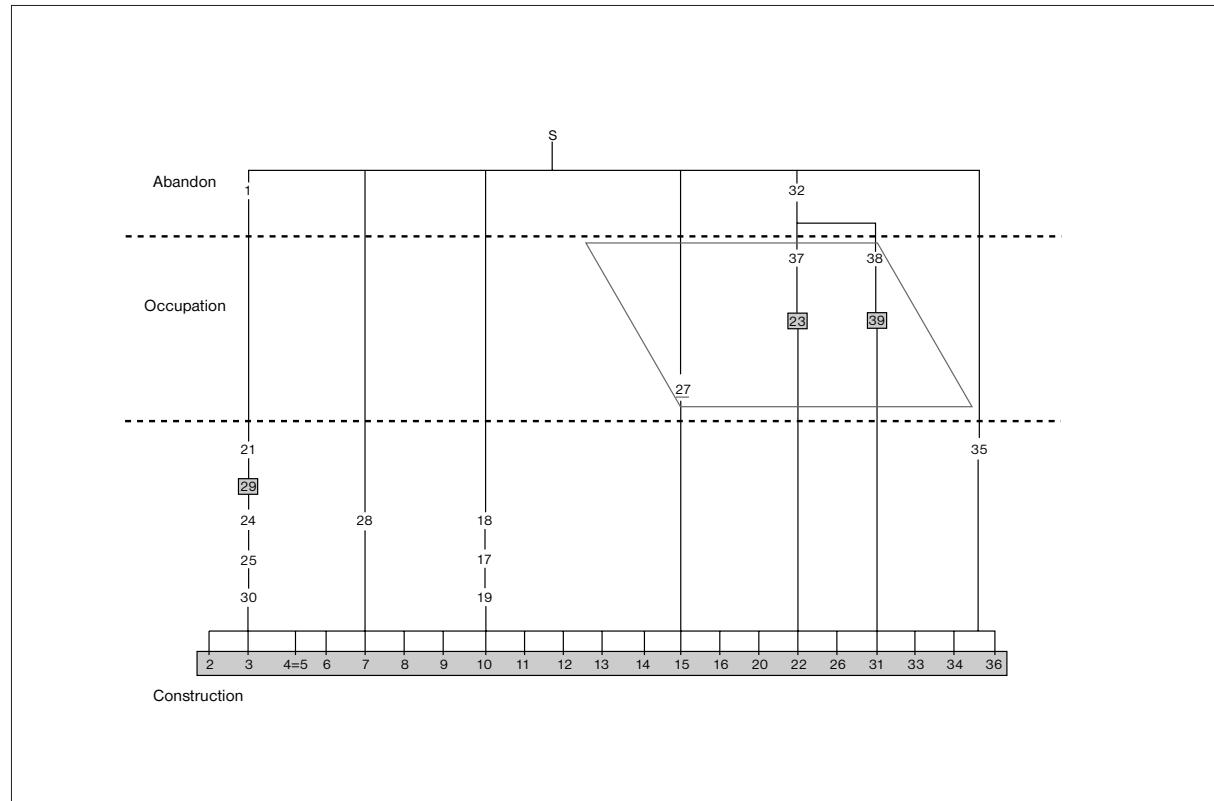


Fig. 17. Diagramme stratigraphique du sondage mené en MMF.

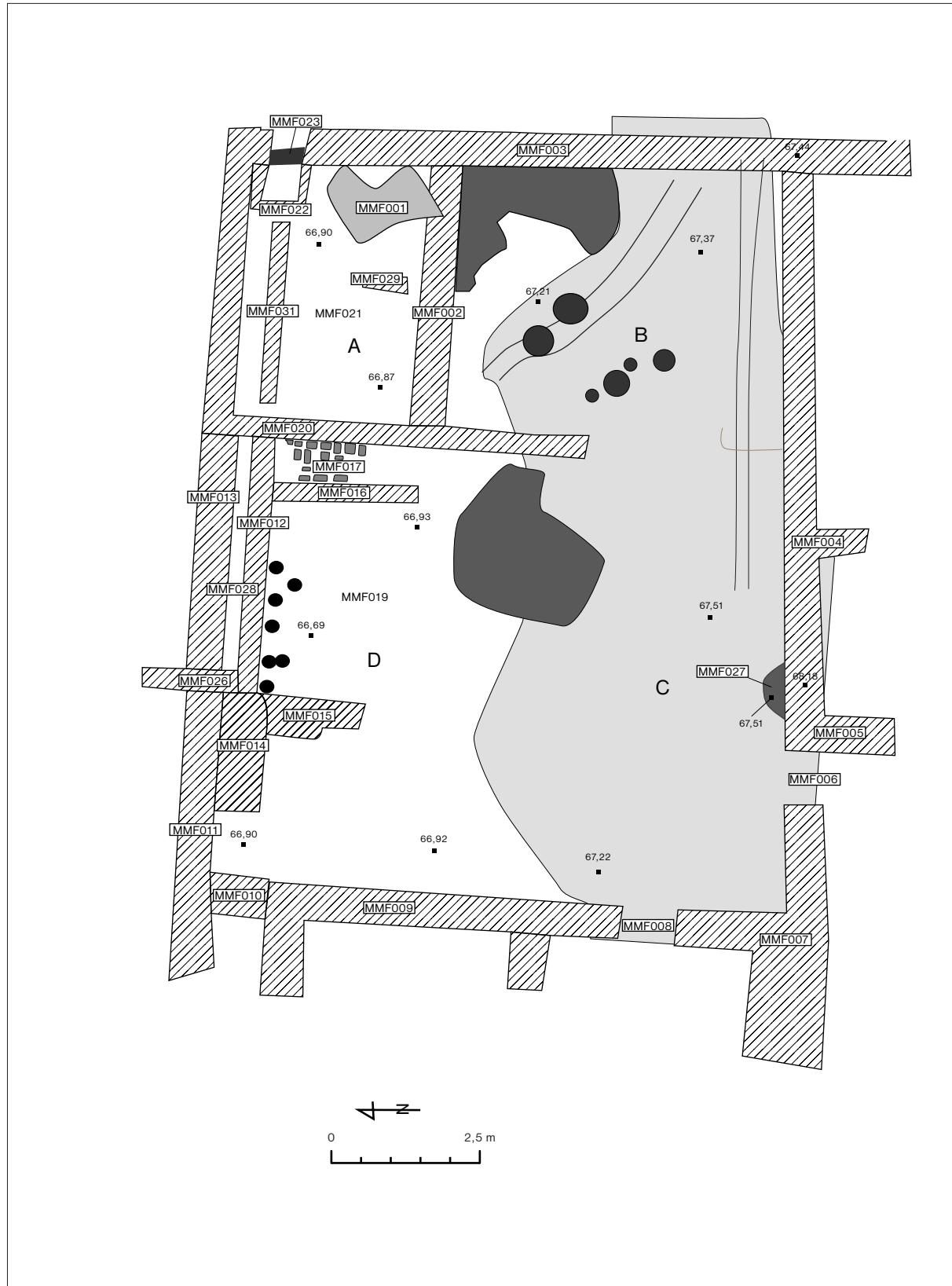


Fig. 18. Agglomération MMF : Plan de surface de la zone sondée.

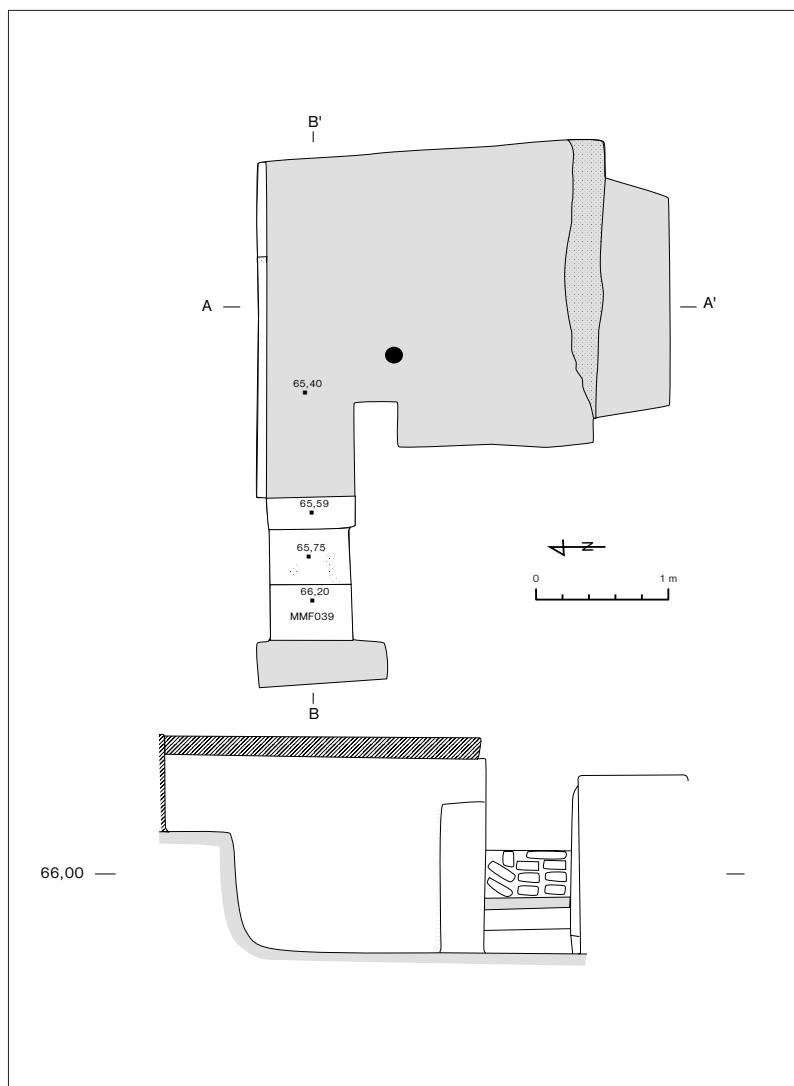


Fig. 19.
Plan et coupe A-A' à travers la cave F.

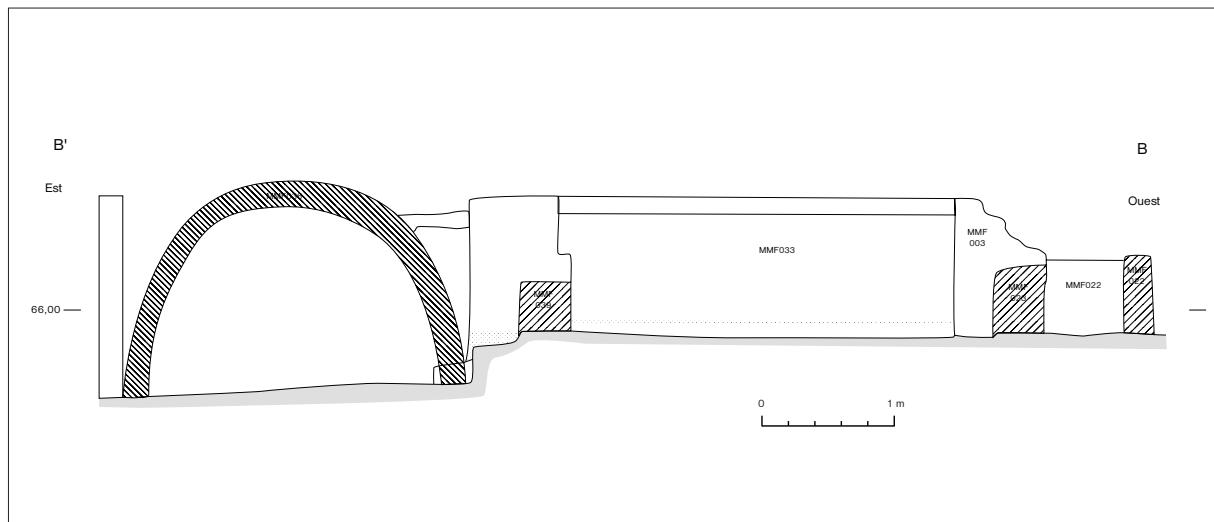


Fig. 20. Coupe B-B' à travers la cave F et le couloir voûté E.

■ 1.7. MMR

Un petit bâtiment a été découvert à l'est de la branche latérale ouest (MQ10') de la *qanât* Q10. Nous avons décidé d'y mener un sondage dans la plus grande des pièces (A). Ce bâtiment est de petite dimension : environ 8 m de l'est à l'ouest, sur 6 m du nord au sud (fig. 21, 30). La stratigraphie en est simple, mais très intéressante (fig. 22).

Le sable vierge MMR024 est parcouru à différents niveaux de circulations d'eau dues à des pluies d'orage. Sur ce sable vierge ou libre de toute installation (MMR024), le bâtiment est établi en une seule fois (murs MMR006, 007, 008, 011, 012, 013 et seuil MMR009). Durant la construction, ou juste après sa fin (en tout cas avant l'utilisation du bâtiment, du fait de l'absence de sol associé aux murs), la partie haute du mur MMR008 s'abat vers l'intérieur (éboulis MMR020). Sur cet éboulis, on peut voir des traces d'écoulement d'eau : l'effondrement pourrait être dû aux ravinements consécutifs à une pluie torrentielle. Le bâtiment a été abandonné quelques temps après cet accident.

Il est repris ensuite (fig. 23), avec l'établissement du foyer MMR023 (remplissage MMR022) qui sera agrandi en MMR021 (remplissage MMR019). Contre ce second foyer, et également au-dessus, s'accumule progressivement une litière stratifiée (MMR005) épaisse d'environ 30 cm, qui a livré de nombreux restes végétaux (trois sacs n° inv. 4902 ont pu en être prélevés). Le bâtiment ruiné semble donc avoir été utilisé comme étable à l'époque romaine (datation fournie par le matériel céramique). La couche MMR005 ne constitue pas un niveau uniforme, mais plutôt une alternance de sable jaune et de litières qu'il ne nous a pas semblé opportun de distinguer.

Après l'abandon final, on observe un début d'ensablement (MMR002 : épaisseur : environ 10 cm).

Sur cet ensablement, se dépose ensuite, toujours à l'époque romaine, un tas de déblais de creusement de la *qanât* MQ10' (MMR001). Cette portion de la *qanât* a donc été creusée, ou surcreusée, durant cette dernière période.

MMR004 est la seule couche dont le matériel céramique livre des informations interprétables. Les bols à boire et les jattes à marli plat à décor peint en noir de guillochis sont à dater de l'époque romaine.

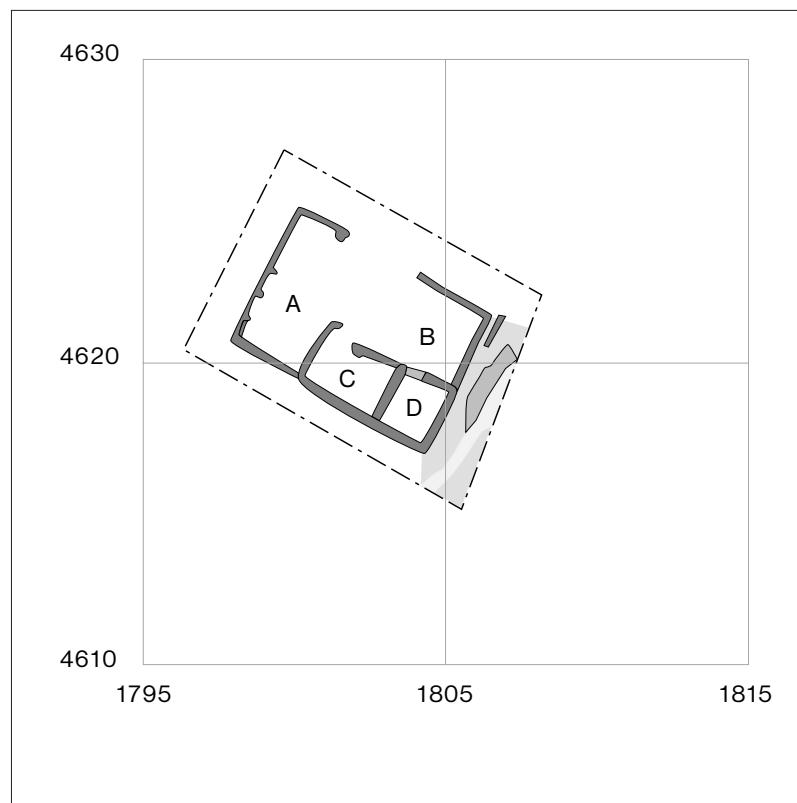


Fig. 21.
Plan général du bâtiment MMR.

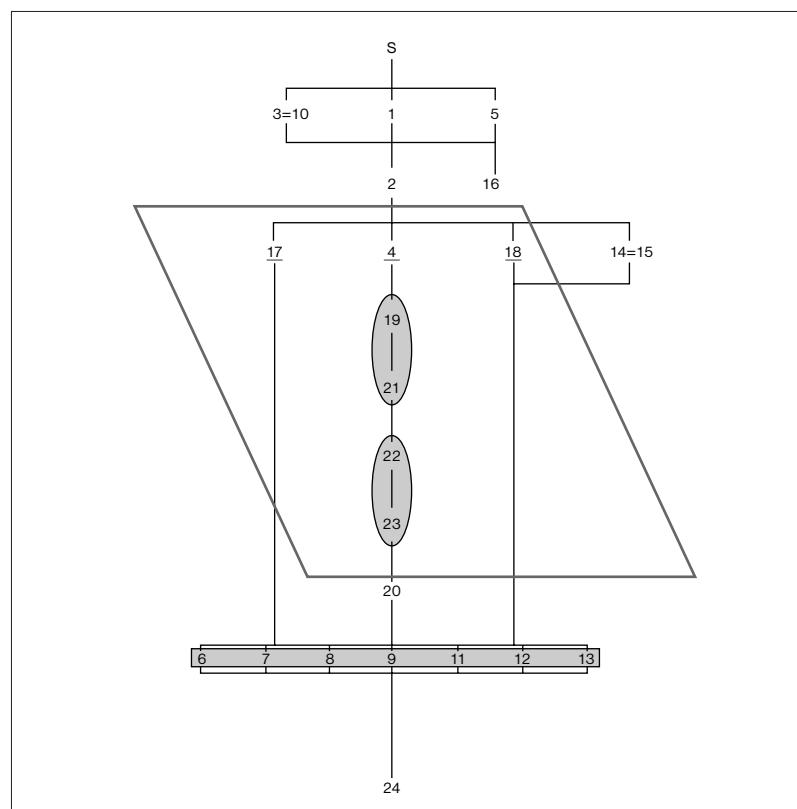


Fig. 22.
Pièce A du bâtiment MMR : diagramme stratigraphique.

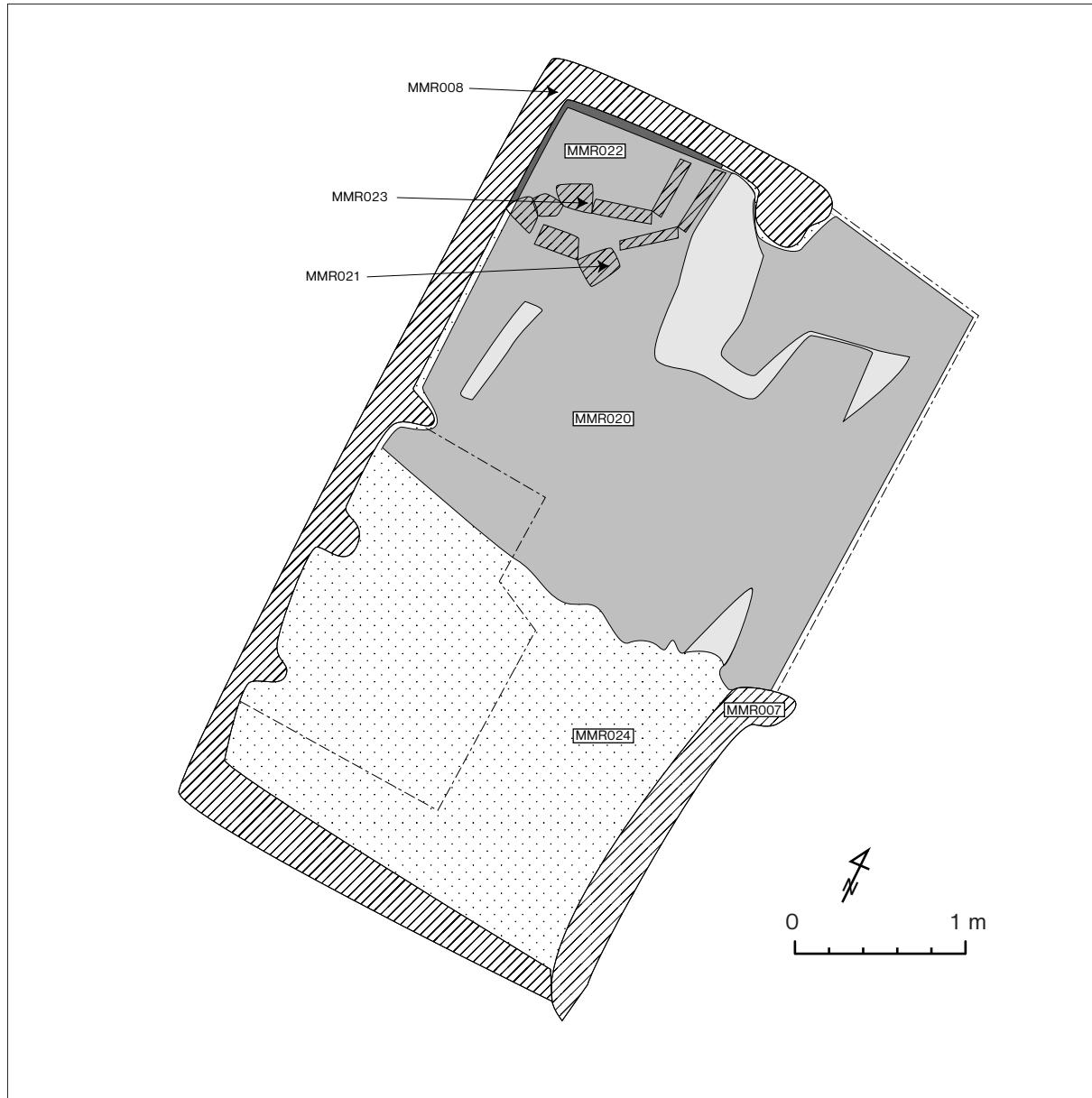


Fig. 23. Plan de la pièce A.



Fig. 24. Vue aérienne de MMC (à droite) et du bassin MQ5d (à gauche).

Fig. 25. Chenal nord du bassin MQ5d.
Au premier plan, la dalle percée qui
commande le débit de l'eau.



Fig. 26. Sondage dans le dépotoir MDA après enlèvement du matériel de surface. Au premier
plan : fours. A l'arrière : vestiges d'une construction.



Fig. 27.

Pièce sondée en MMD dans son état d'abandon.



Fig. 28.

Sondage en MMF. Voûte de la cave F.
À droite : le couloir E.

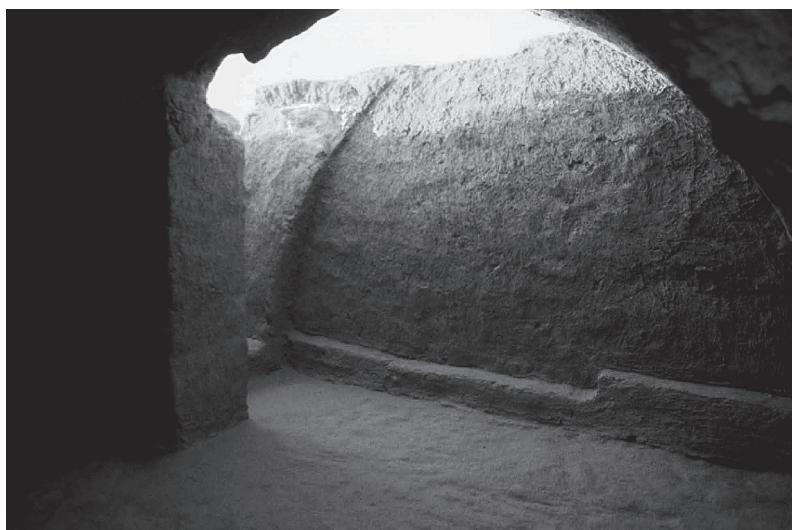


Fig. 29. Sondage en MMF. Vue intérieure de la cave F.
Au fond à gauche : l'accès par le couloir E.



Fig. 30. Construction MMR. Pièce A, vue vers le nord.

2. Étude du réseau hydraulique

Pendant la dernière campagne nous avons pu améliorer notre connaissance globale du site en étendant nos prospections aux deux flancs est et ouest du site sur lesquels quelques reconnaissances avaient déjà été faites les années précédentes. Ce travail n'est pas achevé. En effet, nous avons mis au jour la plupart des regards de 8 *qanât* (MQ-3, MQ-4 et MQ-5 à l'ouest; MQ6, MQ7, MQ8, MQ9 et MQ10 à l'est). Certains néanmoins nous échappent encore. Les aqueducs ont été partiellement nettoyés, des parcellaires repérés. L'évolution complexe de certains réseaux (abandons, modifications et créations de portions de leur parcours) a généré de nombreux embranchements que nous ne pouvons pas encore situer dans la chronologie interne du système. Ça et là des zones d'habitat émergent des nappes sableuses qui enfouissent le piémont ouest. Leurs contours restent à trouver. Nous ne situons pas davantage la limite des parcellaires au bout des réseaux à l'est.

Un premier relevé topographique a permis de mettre en plan les structures observées (fig. 64). Des plans plus détaillés de certaines portions d'aqueducs ont été dressés.

Enfin, la désobstruction du tunnel de la *qanât* MQ4 a beaucoup progressé. C'est presque la moitié de son parcours souterrain qui est maintenant connu et relevé.

■ 2.1. Prospection du flanc ouest de la colline

Le relief de la façade ouest est plus doux que celui des piémonts nord et est. Il est également considérablement plus ensablé, ce qui présage d'une meilleure conservation des vestiges mais aussi de plus grandes difficultés à lire le terrain.

Le flanc ouest de la colline de 'Ayn Manawir avait déjà fait l'objet de prospections sans relevés ni dégagements. Cette saison, des nettoyages et désensablements ponctuels ont permis d'identifier les parcours des *qanât* Q-3, Q-4 et Q-5. Le relevé topographique de cette zone, étendu jusqu'aux nécropoles à l'ouest et à un grand atelier de potiers au nord-ouest, a permis de cartographier une étendue de 600 m (est-ouest) × 1 000 m (nord-sud), à proximité des abords est du village moderne de 'Ayn-Mansûr.

Des nettoyages complémentaires sont nécessaires pour restituer totalement les parcours des *qanât* Q-4 et Q-5 et préciser l'étendue des parcellaires qu'elles arrosent. Des sondages limités sont à prévoir sur la nécropole et l'atelier de potiers pour les situer dans la chronologie générale du site.

2.1.1. La *qanât* Q-3 (fig. 31)

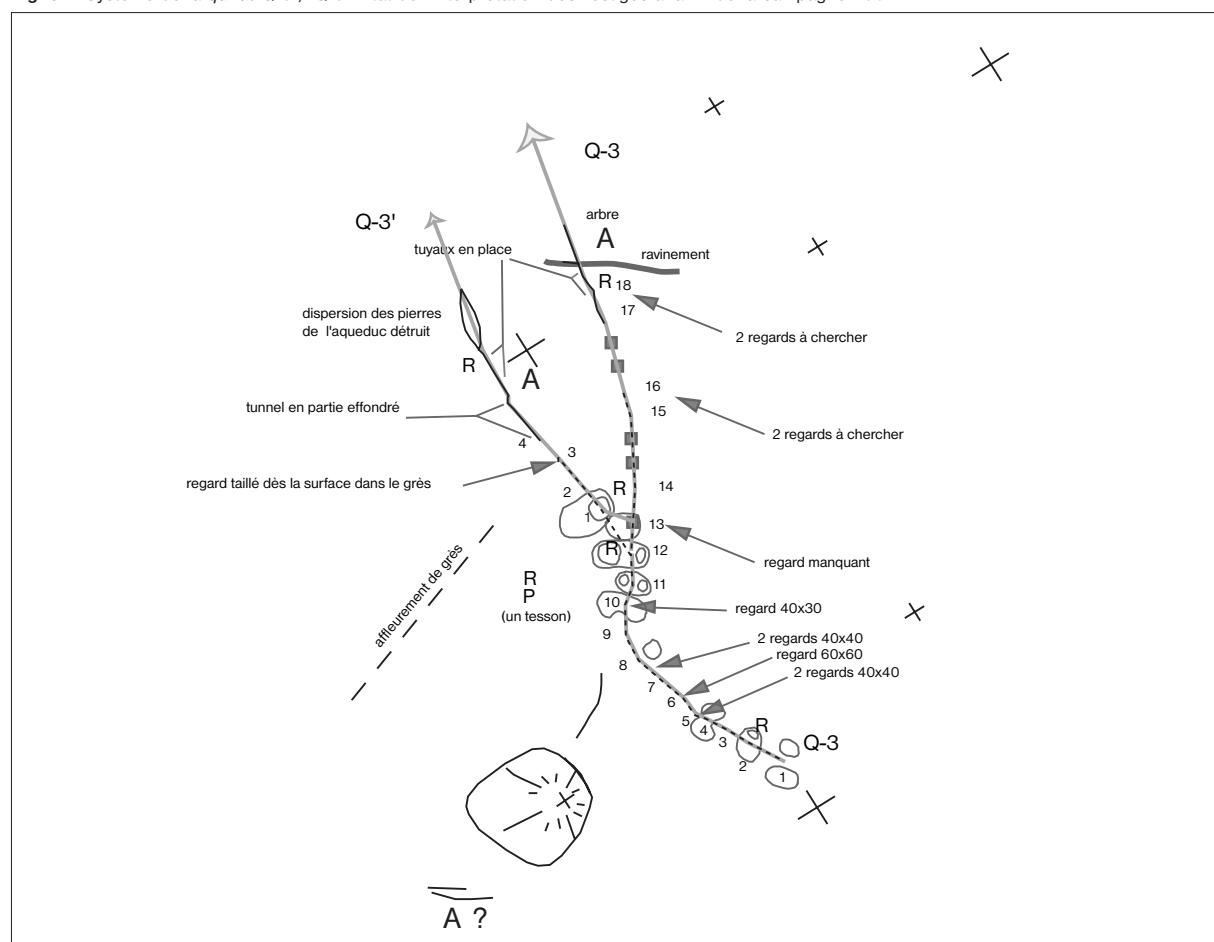
Le premier regard amont de cette *qanât* est situé à mi-pente de la colline (cote: 80 m). Les huit premiers regards donnent une orientation sud-est/nord-ouest sur une longueur de 70 m. Le parcours s'infléchit ensuite sur environ 50 m vers le nord jusqu'à un hypothétique regard 13. Au-delà, la *qanât* se divise en deux branches sensiblement parallèles. La branche

est (MQ-3) est longue d'environ 85 m. Le dernier regard porte le numéro 18 (R18). Plus loin, l'aqueduc est constitué de murets en pierre liée au mortier de terre encadrant une tuyauterie en céramique (diamètre : 20 cm), partiellement conservée *in situ*. L'extrémité nord de l'aqueduc, très érodée, se lit sur le terrain par la fin de la dispersion de pierres provenant de la destruction des murets. La longueur estimée de l'aqueduc est d'environ 30 m.

La branche ouest (MQ-3') comporte quatre regards, plus espacés que ceux de la branche est et se termine par un aqueduc long de 70 m construit de la même manière que le précédent (fig. 43). La longueur totale de la partie commune de la *qanât* est de 120 m, celle de la branche est 115 m et celle de la branche ouest 120 m.

Dans l'état de nos travaux, il n'est pas possible de déterminer si la construction et le fonctionnement des deux branches sont contemporains. Les seuls indices de datation (céramique dispersée sur les tas de déblais de creusement des regards et à proximité des aqueducs) indiquent que cet ouvrage était encore en service pendant le Haut-Empire romain. Un parcellaire associé se lit en contrebas, dans la plaine (en dessous de la cote 50 m).

Fig. 31. Système de la *qanât* Q-3 / Q-3'. État de l'interprétation des vestiges à la fin de la campagne 1997.



2.1.2. *La qanât Q-4* (fig. 32)

Le premier regard de cette *qanât* est taillé dans un affleurement de grès à mi-pente du versant ouest de la colline. Son parcours est orienté est-ouest sur une longueur de 190 m, jusqu'au regard R11.

Ce dernier regard a été découvert bouché. En effet, à cet endroit, le tracé premier s'infléchissait vers le nord pour déboucher très rapidement (au bout de 15 m environ) dans un aqueduc implanté très haut dans la pente (cote 70 m). À un moment indéterminé ce parcours nord a été désaffecté, ce qui a impliqué le bouchage du regard R11 et du conduit en aval. Une nouvelle branche (MQ-4') orientée vers l'ouest a été alors connectée sur ce regard R11, les déblais de son creusement venant recouvrir l'ancienne branche nord. Après le regard MQ-4'R8 (soit à 75 m de l'embranchement) le parcours s'oriente brutalement vers le nord en formant un coude à angle droit. Quatre regards (R8 à R11) jalonnent un tronçon long de 40 m, jusqu'au début d'un long aqueduc en ligne brisée d'orientation moyenne sud-nord. Le conduit visible dans le fond de cet aqueduc est constitué d'auges en céramique dont le profil est en forme de U, insérées dans un bâti en pierres sèches. Partiellement désensablé, cet ouvrage mérite des dégagements complémentaires (fig. 45). Sa longueur conservée est estimée à 190 m. Le matériel céramique dispersé autour des regards Q-4R3 et Q-4'R11 est daté du Haut-Empire romain, époque qui est probablement celle de la fin du fonctionnement de cet ouvrage.

Immédiatement à l'ouest de la partie médiane de l'aqueduc, on observe un affleurement de niveaux datés par la céramique et par deux ostraca démotiques (n° inv. 4924 et 4925) de la première domination perse. Le fort ensablement de toute la zone ne permet pas, pour l'instant, de mesurer l'étendue réelle de cette installation, ni d'y reconnaître des vestiges de construction. Un petit secteur d'habitat romain est contigu à l'extrémité de l'aqueduc de cette *qanât*.

2.1.3. *La qanât Q-5* (fig. 32)

Le parcours de cette *qanât* décrit un arc de cercle débutant plus bas dans la pente que les *qanât* Q-3 et Q-4. Le début du tracé (regards MQ-5R1 à MQ-5R4) est orienté sud-est/nord-ouest. Il s'infléchit ensuite d'avantage vers le nord. Au niveau du regard MQ-5R6, après un parcours de près de 160 m, une ligne de déblais semble former une première branche latérale ouest (MQ-5'') dont les regards n'ont pas encore été mis en évidence. Ce collatéral hypothétique est axé sur un aqueduc dont la partie terminale a été désensablée. La longueur supposée de cette branche Q-5'' est de 200 m, suivis de 40 m de parcours à ciel ouvert (fig. 44).

Au-delà du regard MQ-5R6, le parcours est rectiligne sur 90 m jusqu'au regard MQ-5R9. Là, un deuxième embranchement, caractérisé par cinq très grands regards rectangulaires, se dirige vers le nord-ouest sur une longueur d'environ 90 m (fig. 46).

La *qanât* principale se poursuit sur 40 m, sans changement de direction au-delà du regard MQ-5R9, jusqu'au regard MQ-5R12. Un brusque changement de direction vers l'ouest est compensé après le regard MQ-5R13 par un retour à l'orientation antérieure, jusqu'au regard MQ-5R20. Ces huit derniers regards sont très proches les uns des autres.

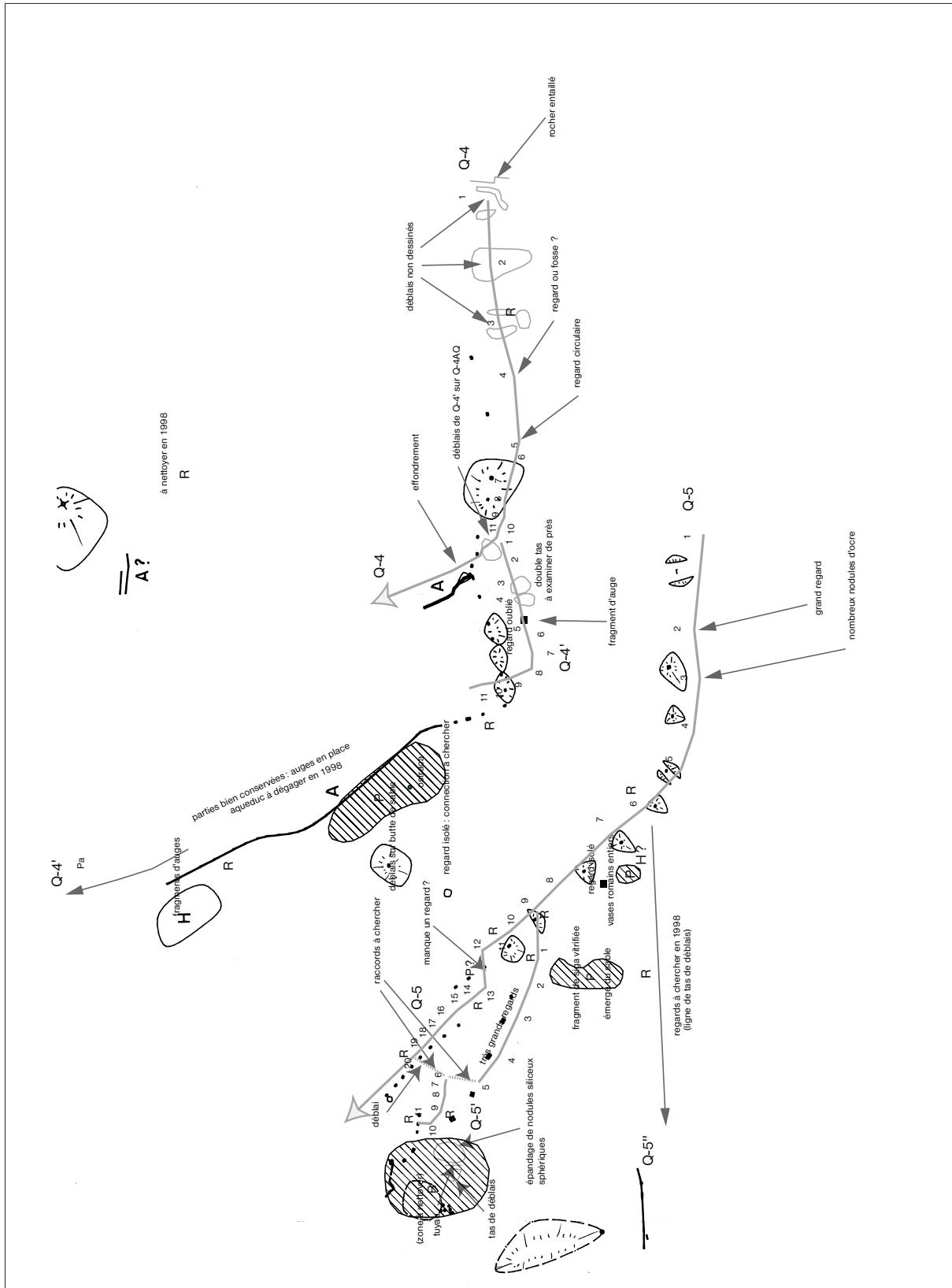


Fig. 32. Système des qanâts Q-4 et Q-5. État de l'interprétation des vestiges à la fin de la campagne 1997.

Une ligne de regards (MQ-5'R6 à MQ-5'R11), longue d'environ 40 m, forme la partie terminale de l'ouvrage. Dans l'état des travaux, il est difficile de restituer les connections de ce tronçon avec les parties en amont. Faut-il le raccorder à Q-5 (branche principale) ou à Q-5' (deuxième collatéral) ? Dans ce dernier cas, il faudrait supposer une continuation indépendante de la branche principale Q-5 au-delà du regard R20.

L'aqueduc, en ligne brisée, s'observe sur une longueur d'environ 25 m. Il vient se perdre dans un parcellaire très ensablé contigu à une zone d'habitat parsemée en surface de matériel romain. C'est de cette même période qu'il faut dater la céramique collectée sur les déblais qui entourent certains regards de l'ensemble de cette *qanât*. Il faut mentionner également une zone d'habitat datable de la première domination perse, située entre les branches Q-5' et Q-5''.

Deux regards ne peuvent, pour l'instant, être rattachés aux systèmes identifiés des *qanât* Q-4 et Q-5 tels que décrits ci-dessus : l'un est marqué par des déblais argileux couvrant une importante butte témoin constituée de sable et située entre l'aqueduc de Q-4 et la branche principale de Q-5 ; l'autre est situé à une distance de 15 m au sud-ouest de Q-5, au droit des regards MQ-5R7 et MQ-5R8.

La poursuite des dégagements dans ce secteur viendra certainement amender la tentative d'interprétation exposée ci-dessus et probablement la compliquera-t-elle. On pourra peut-être alors construire une chronologie relative des diverses étapes des travaux hydrauliques de ce secteur.

■ 2.2. Prospection du flanc est de la colline

Une très grande dune segmentée occupe, à mi-pente, toute la longueur du flanc est de la colline de 'Ayn Manâwîr. À l'exception de cette dune, le couvert sableux est inexistant (en amont de la dune) ou faible (à l'est). Cinq *qanât* orientées d'ouest en est ont pu être identifiées dans ce secteur. L'origine des *qanât* Q7 et Q9 se trouve en amont de la dune. Celle des *qanât* Q6 et Q8 est certainement couverte par le sable. En amont, un regard isolé, est peut-être le premier regard de MQ8.

La *qanât* Q10 se distingue des autres par un parcours principal qui suit, au sud, une courbe de niveau. Deux, ou peut-être plus, branches en dents de peigne s'en séparent pour se diriger vers le nord-est.

La zone parcourue par ces *qanât* et leurs aqueducs forme un méplat terminé à l'est par un affleurement gréseux qui constitue une barre proéminente d'orientation nord-sud. Plus à l'est, commence, en contrebas, une vaste étendue plate où se lisent des vestiges de parcellaires et qui s'étend jusqu'au puits dénommé 'Ayn Manâwîr al-Biyut, asséché récemment.

La zone prospectée et topographiée cette saison commence à l'ouest aux premiers regards de ce groupe de *qanât* et s'arrête, provisoirement, à l'est, à la barre gréseuse. Elle couvre une superficie de 800 m (ouest-est) × 1200 m (nord-sud). Des zones d'habitat ont été repérées entre les *qanât* Q7 et Q8 et entre les branches de la *qanât* Q10 (cette dernière a fait l'objet d'un sondage : « MMR », voir ci-dessus § 1.7.).

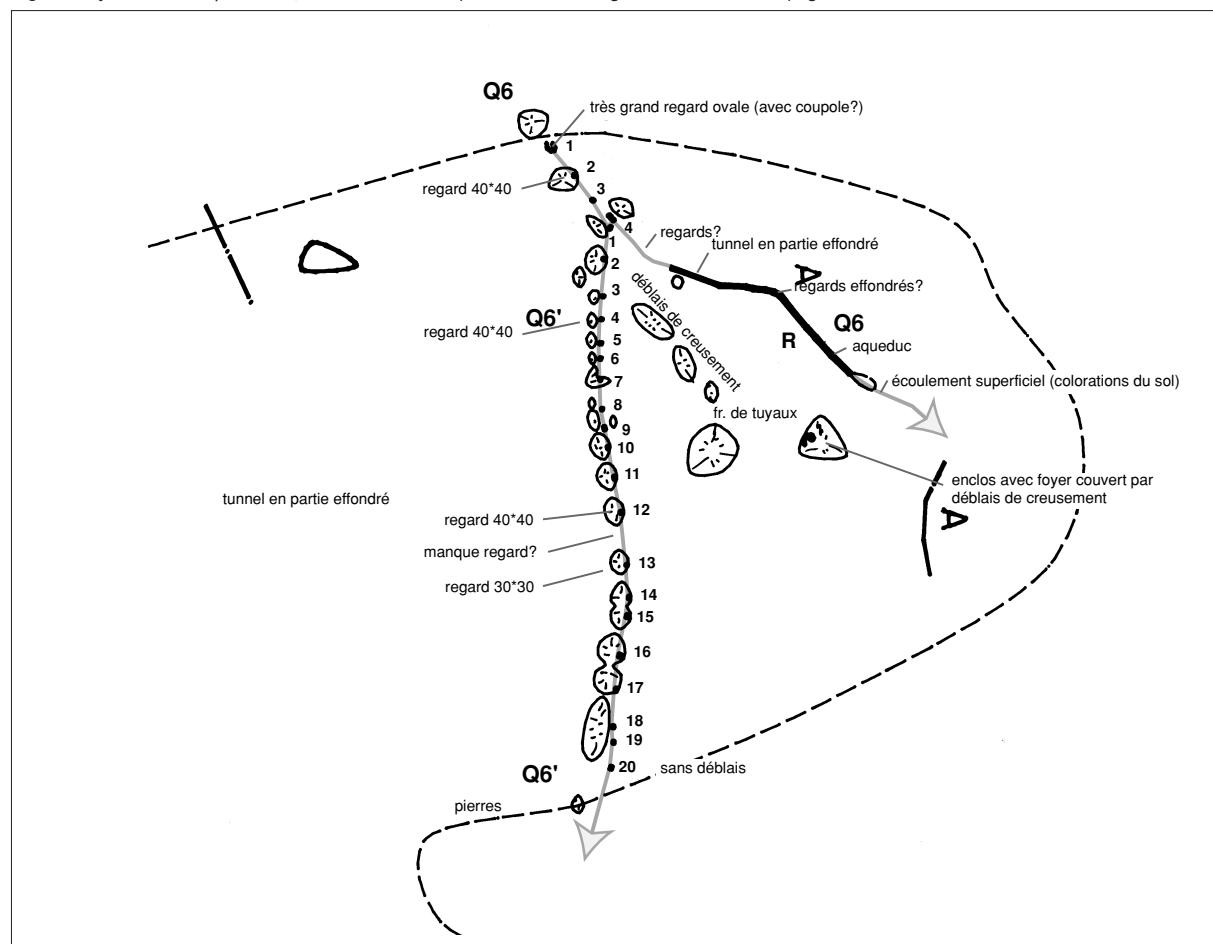
2.2.1. La qanât MQ6 (fig. 33, 47)

L'origine de cette *qanât* étant couverte par la dune, la numérotation des regards a été commencée arbitrairement à 1 (MQ6R1) au premier regard visible. La ligne des regards MQ6R1 à MQ6R3 est orientée sud-ouest / nord-est. Elle est longue de 30m. Le regard MQ6R1, partiellement enfoui sous le bord de la dune, est constitué d'un grand ovale de briques (grand diamètre supérieur à 5 m) dont les assises supérieures en encorbellement semblent amorcer une coupole.

Immédiatement en aval du regard MQ6R3, le conduit principal se poursuit, sans changement de direction, sous la forme d'un tunnel bâti en briques crues, sans regards, enterré dans une fosse de sable. La ligne sinuuse de cette section est longue de 85 m. Elle s'achève en écoulement ouvert encadré de murets de pierre sèche, à même le sol (fig. 48-50).

En aval du regard MQ6R3 commence une branche collatérale MQ6', rectiligne, orientée ouest-est, marquée par des regards rectangulaires ou carrés de sections souvent très petites (30×30 cm) et très rapprochés (parfois moins de 3 m). Au-delà du dernier regard visible (MQ6'R20), une boucle de la dune nord nous prive de la connaissance de la partie terminale.

Fig. 33. Système de la *qanât* Q6 / Q6'. État de l'interprétation des vestiges à la fin de la campagne 1997.



Aucun vestige d'aqueduc n'est visible au-delà de la partie occultée, c'est-à-dire 50 m plus loin à l'est. La longueur totale visible de l'embranchement MQ6' est de 160 m.

Un alignement de déblais de creusement, situé sur la bissectrice de l'angle formé par les deux branches MQ6 et MQ6' de la *qanât*, laisse supposer l'existence d'une troisième branche.

Dans ce même secteur, l'un des tas de déblais recouvre l'arase de quelques murs délimitant un enclos à l'intérieur duquel est conservé un four d'usage domestique.

2.2.2. La *qanât* MQ7 (fig. 34, 52)

Un très grand cône de déblais de creusement entoure le regard de tête de cette *qanât* presque rectiligne sur tout son parcours en tunnel, long de 450 m. Dix regards (numérotés MQ7R1 à MQ7R10) sont visibles en amont de la dune ; trente-six autres ont été identifiés en aval. L'estimation du nombre des regards inaccessibles car masqués par la dune est envisageable du fait de la grande régularité de leur espacement et du tracé général. Ces regards seraient au nombre de 9. Même s'il reste une incertitude, nous avons donné au premier regard en aval le numéro MQ7R20. De ce point jusqu'au regard MQ7R41, le parcours est strictement rectiligne. La maçonnerie et les dimensions (très petites : 30 × 30 cm) des regards de cette *qanât* sont très semblables à celles des deux réseaux voisins, MQ6' et MQ8.

Au droit du regard MQ7R40 le parcours s'infléchit nettement vers le sud pour décrire une boucle avant de reprendre, vers le regard MQ7R49, l'alignement général. Cette déviation et la position apparemment illogique du regard MQ7R41 s'expliquent peut-être en imaginant une modification du parcours consécutive à un accident local. On aurait condamné une portion du conduit en bâissant une dérivation. En aval du dernier regard, MQ7R55, le conduit se transforme en aqueduc bâti de la même manière que ceux examinés cette saison dans la zone ouest (MQ-3, par exemple). Comme il était lisible sur la totalité de la section conservée (environ 120 m), seule une petite portion en a été désensablée.

Deux zones d'habitat et quelques dépotoirs occupent une partie de l'espace qui sépare cet ouvrage de la *qanât* voisine en direction du sud : la *qanât* Q8.

2.2.3. La *qanât* MQ8 (fig. 34)

Les deux extrémités amont et aval de cette *qanât* n'ont pu être déterminées. En amont de la dune, un regard isolé est situé dans l'alignement général. Si l'on suppose qu'il appartient à cet ouvrage, il faut admettre que l'intervalle entre le premier et le second regard est long, au minimum 45 m. Dans l'impossibilité de trancher, nous avons opté arbitrairement pour une numérotation débutant au premier regard en aval de la dune. Le parcours, légèrement sinueux, suit néanmoins l'orientation générale des réseaux de cette zone. Les regards MQ8R3 à MQ8R6 sont englobés dans un unique cône de déblais, très grand. Au-delà de MQ8R17, il n'existe plus de tas de déblais de creusement. On peut donc imaginer, par comparaison avec d'autres cas observés sur le site, que le conduit est, dans ce tronçon terminal, bâti dans un fossé comblé de sable. Nous perdons le tracé de la *qanât* après le regard MQ8R35. Aucun vestige d'aqueduc n'a été reconnu.

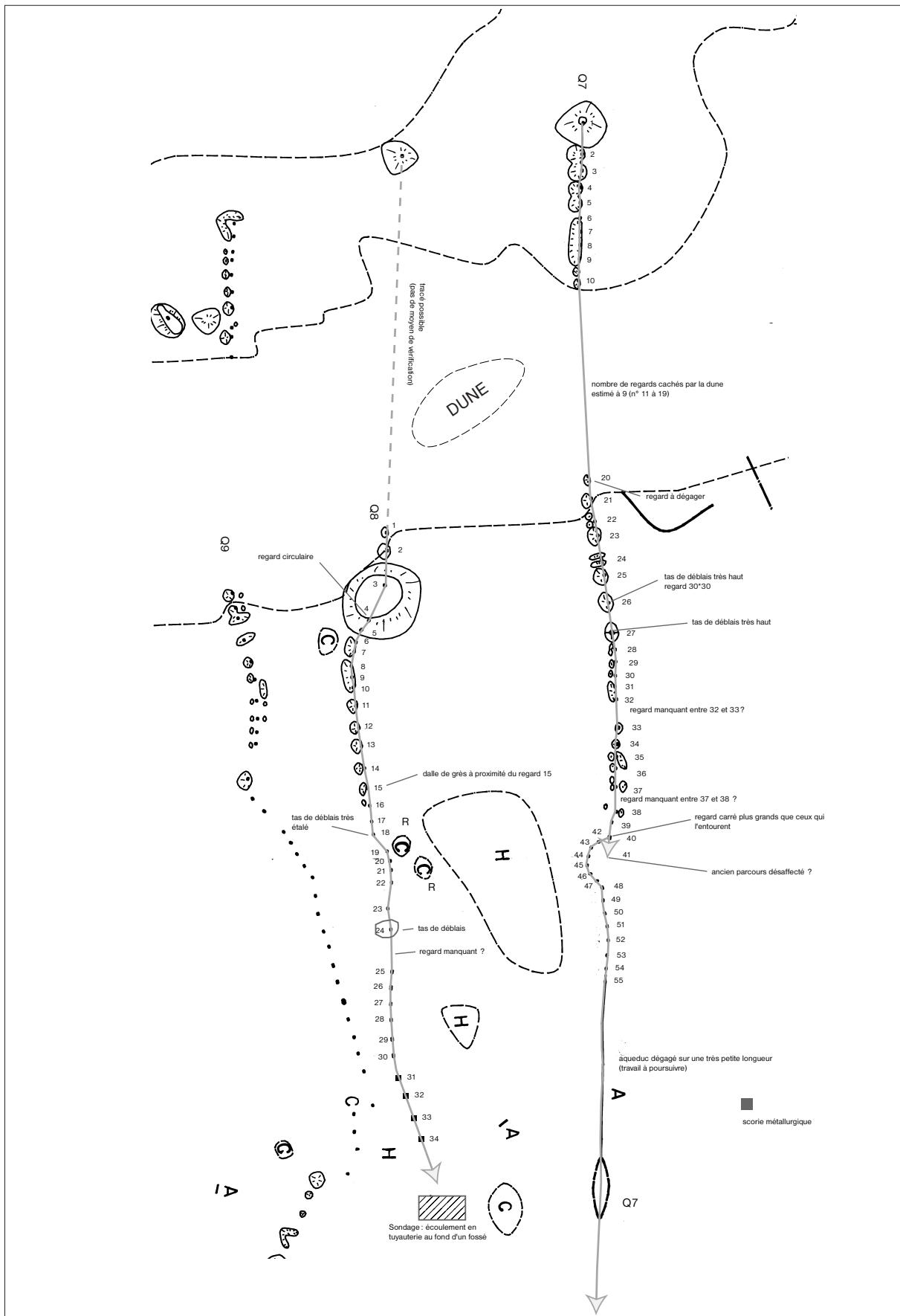


Fig. 34. Les qanât Q7 et Q8. État de l'interprétation des vestiges à la fin de la campagne 1997.

Un sondage nous a permis d'identifier un fossé orienté ouest-est et large de 3 m, bien situé dans l'alignement de la *qanât* (fig. 35-36). Le fond de ce fossé assez peu profond (environ 1,7 m) est en fait un niveau d'occupation présentant quatre larges trous (diamètre : 30 cm environ), destinés à recevoir des poteaux ou du mobilier. Si le matériel de remplissage est romain, aucun indice ne permet de dater le niveau d'usage. Aucun vestige d'équipement hydraulique n'autorise à identifier ce fossé avec le parcours à ciel ouvert de cette *qanât*. D'autres sondages et dégagements restent nécessaires pour découvrir le tronçon terminal de la *qanât* MQ8.

2.2.4. La *qanât* MQ9

Cette *qanât*, similaire aux deux précédentes (MQ7 et MQ8), n'a pas pu être examinée suffisamment cette saison pour en faire une description pertinente. Certains points peuvent être néanmoins commentés.

Au tracé visible en aval de la dune on pourrait faire correspondre deux alignements de regards situés en amont. L'un, constitué d'une succession de dix regards espacés selon le même rythme qu'en aval serait le plus à même d'appartenir à la *qanât* MQ9. L'autre est formé de trois regards entourés de très grands cônes de déblais (diamètre : environ 20 m), espacés de 25 et 45 m, formant une ligne orientée sud-ouest/nord-est qui converge sous la dune avec l'autre alignement. Quel est son lien avec la *qanât* MQ9 ?

La partie du tunnel bâtie en fosse ouverte puis remblayée est très longue (25 regards sur une longueur d'au moins 200 m). Les derniers regards visibles sont très proches du tronçon aval de la *qanât* MQ8. L'extrémité de l'ouvrage n'a pu être identifiée. Cependant un sondage nous a révélé une section du parcours aérien en fossé ouvert, probablement près de son origine (fig. 37-38)

Le fossé de Q9 est beaucoup plus profond (environ 2,8 m, pour une largeur de seulement 2,6 m) que celui décrit précédemment (MQ8). Les parois en sont très abruptes, et le fond est surcreusé pour permettre la pose d'une canalisation de céramique. Les tuyaux qui la composent ont un diamètre intérieur d'environ 20 cm, pour une longueur de 90 cm. Un seul tuyau a pu être observé dans sa totalité. Sur la paroi sud, des marches ont été ménagées. Des briques de terre crue et des fragments de tuyaux sont dispersés sur toute la pente de la paroi et à la surface du sol au sud du fossé. Pillage ? Vestiges de transformations ou de réparation ?

2.2.5. La *qanât* MQ10

C'est certainement l'ouvrage le plus singulier de l'ensemble des *qanât* que nous avons pu observer sur les pentes de la colline de 'Ayn Manâwîr. Insuffisamment dégagé, la compréhension que nous en avons à l'issue de cette campagne devra certainement être révisée. L'arase des regards de la branche principale (MQ10) suit une courbe de niveau qui marque l'épaulement qui ferme au sud le bassin traversé par les réseaux MQ6 à MQ9. De cet axe principal sont issues deux branches collatérales parallèles qui s'en éloignent dans la direction du nord-est : MQ10' et MQ10''. Entre ces deux dernières une construction isolée a

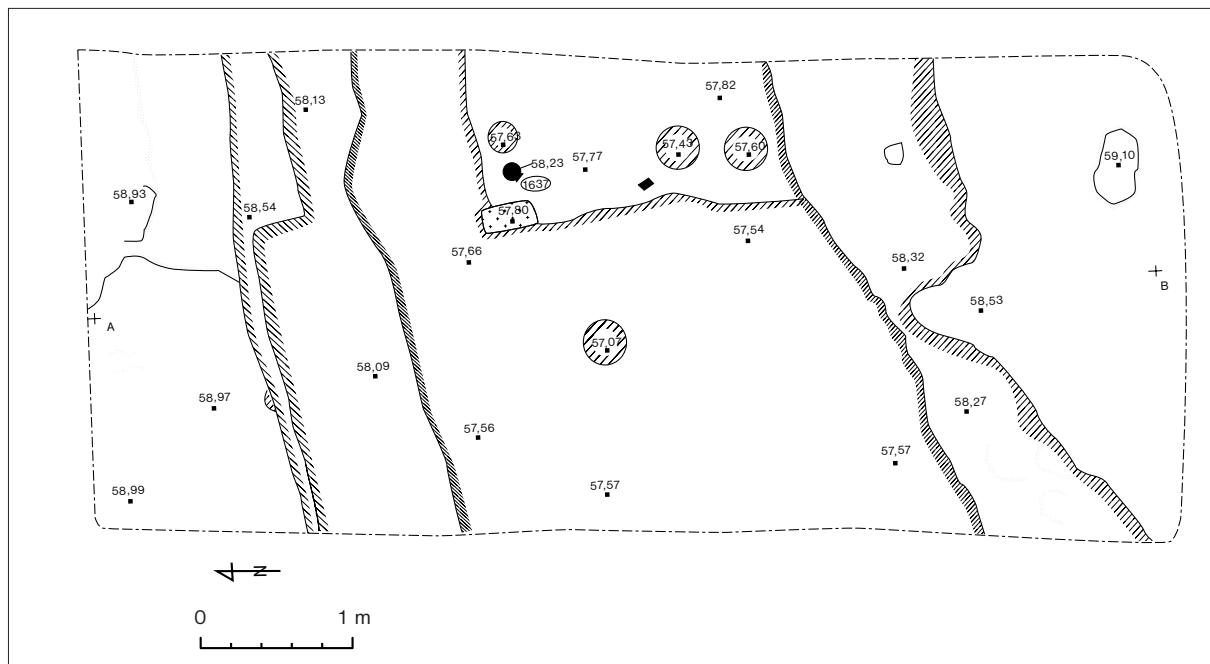
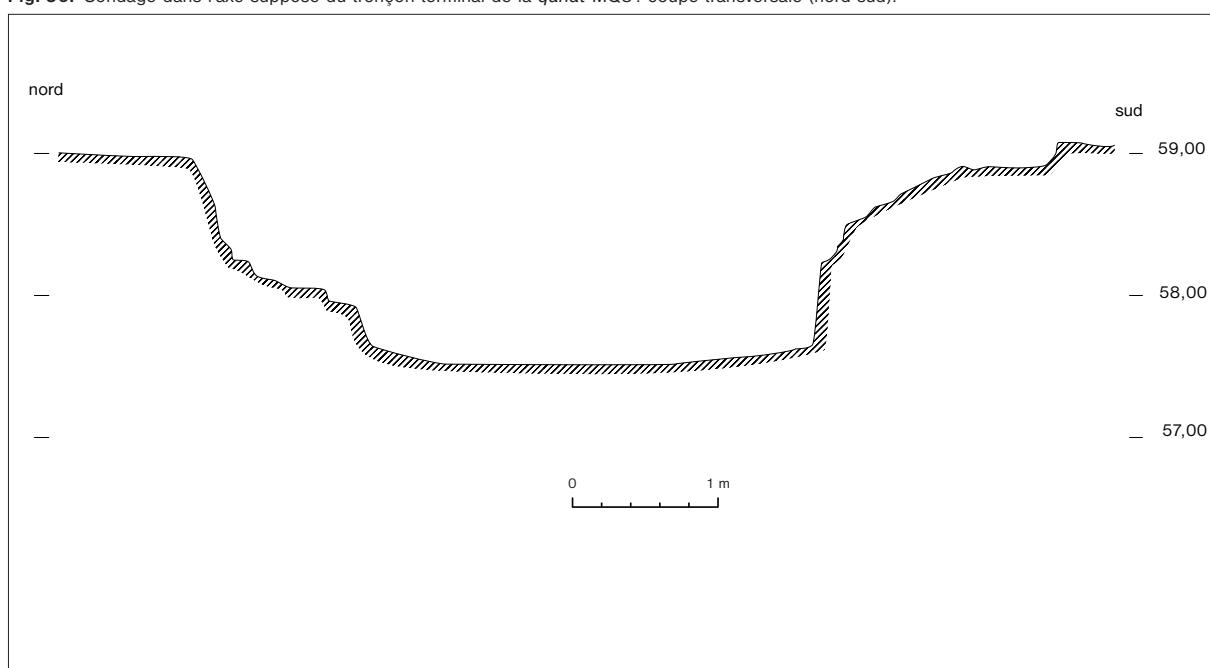


Fig. 35. Sondage dans l'axe supposé du tronçon terminal de la qanāt MQ8 : plan.

Fig. 36. Sondage dans l'axe supposé du tronçon terminal de la qanāt MQ8 : coupe transversale (nord-sud).



été sondée (voir ci-dessus § 1.7.). Les déblais de creusement des regards de MQ10' couvrent en partie cette bâisse et datent ces travaux de l'époque romaine.

L'observation marquante réalisée au cours du dégagement partiel de cette *qanât* a été la découverte de petits blocs de grès fortement imprégnés de colorations vertes, éclats de la roche traversée lors du creusement des regards et du tunnel de MQ10, jetés sur les cônes de déblais. L'analyse d'échantillons (fluorescence-X, voir ci-dessous § 4.3.1.) nous révèle qu'il s'agit de minéralisations de cuivre. Cette découverte est d'autant plus surprenante que de telles minéralisations n'étaient, jusqu'à présent connues, en Égypte, que dans le désert oriental et dans la péninsule du Sinaï. L'interrogation logique est de se demander s'il s'agit d'une découverte fortuite et sans suite faite lors du creusement de l'ouvrage hydraulique, ou si, en ce point ou ailleurs sur le site, on a exploité ce gisement pour en extraire le métal. Il faut rappeler à ce propos que le dépotoir MDA (voir ci-dessus § 1.4.) est parsemé de scories métallurgiques. Une étude globale reste à mener pour répondre à cette question (fig. 51).

■ 2.3. Fouille des tunnels des *qanât* MQ4-MQ4' (fig. 39)

Nous avons choisi de fouiller les tunnels de ce système dans leur totalité pour plusieurs raisons :

- permettre l'étude du fonctionnement d'un ensemble cohérent complet : utilisation du terrain, organisation de l'espace, évaluation de la surface drainante ;
- fournir une coupe géologique réelle, bien que limitée, à travers la colline de 'Ayn Manâwîr ;
- étudier les techniques de creusement : outillage utilisé, traces subsistantes, méthodes de tracé de la *qanât*, éventuelles erreurs et méthodes de correction ;
- possibilité de restituer l'évolution dans le temps du système : entretien, transformations etc.

L'étude de cet ouvrage vaudra exemple pour la totalité du système drainant de 'Ayn Manâwîr.

La désobstruction du réseau souterrain du système des *qanât* MQ4-MQ4' a débuté en 1995. Trois campagnes ont permis de dégager le tunnel de la *qanât* MQ4' et environ 100 m du tunnel de la *qanât* MQ4 du sable qui les obstruait².

La reconstitution du fonctionnement du système, telle que nous pouvons la tenter maintenant, est fondée sur les quelques indices chronologiques fournis par la céramique abandonnée dans les puits et tunnels d'une part, sur la séquence des opérations de creusement telle qu'elle peut se lire sur les parois des tunnels d'autre part. Elle contredit partiellement les interprétations que nous avions fournies précédemment (Wuttmann *et al.*, 1996, p. 441-443).

2 Selon notre estimation, il resterait environ 1000 m³ de sable à évacuer à la fin de la campagne 1997.

Deux saisons devraient suffire pour mener cette entreprise à son terme.

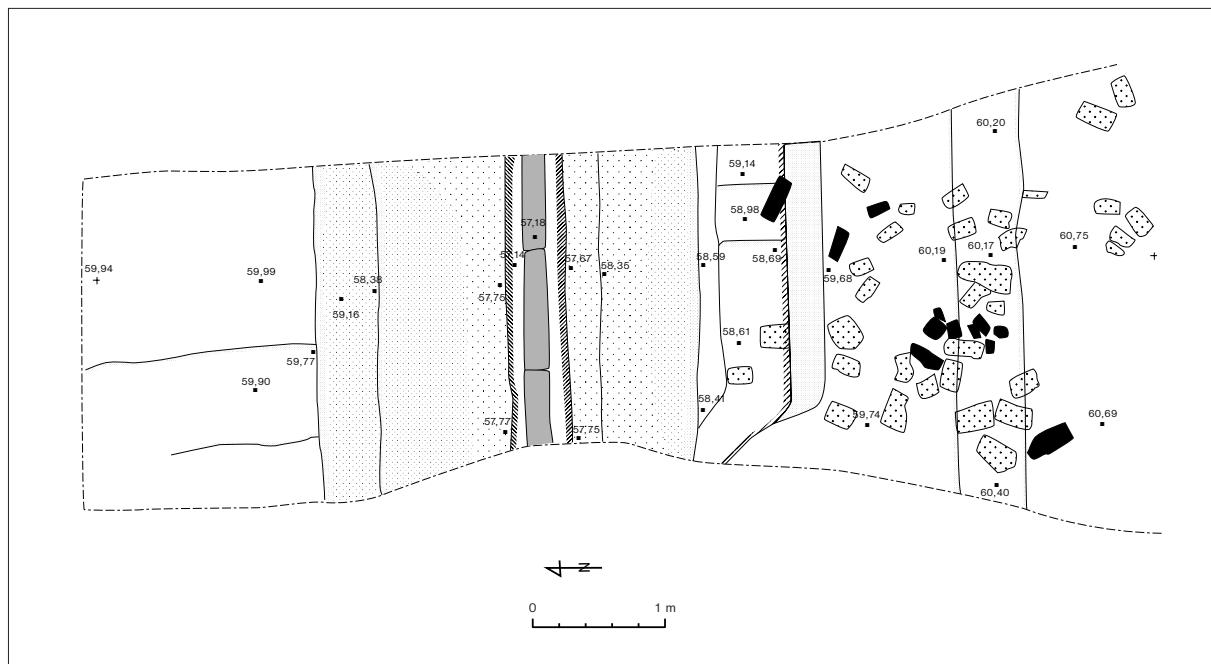


Fig. 37. Sondage au travers du fossé de la *qanāt* MQ9 : plan.

Fig. 38. Sondage, au travers du fossé de la *qanāt* MQ9 : coupe.



La *qanât* rectiligne MQ4 aurait été creusée en premier. Nous avons fouillé son tunnel entre les regards R11 et R17 (fig. 53-58). Indépendamment existeraient le puits P1 et peut-être le puits P2. Un accident provoquerait un effondrement du tunnel immédiatement après le regard R17. Le tronçon aval est alors condamné par la construction d'un bouchage en briques crues. On établit une jonction entre le tunnel de MQ4 et le puits P1. À partir de la paroi opposée du puits on creuse le tunnel de la *qanât* MQ4', de gabarit très inférieur à celui de la *qanât* MQ4. Cet ouvrage paraît inachevé. Le conduit souterrain a été relié au puits P2, bien plus profond et ne semble pas pouvoir avoir transporté l'eau au-delà de ce regard R4. Les débris de creusement du regard R3 couvrent une construction sommaire probablement attribuable à la période perse³.

La céramique trouvée dans les puits et tunnels, le plus souvent des vases entiers, nous fournit une approximation sur la fin de leur fonctionnement : Basse Époque – début de la période ptolémaïque, pour le tunnel de la *qanât* MQ4 ; romain, (III^e siècle de notre ère) pour le tunnel de la *qanât* MQ4'. On ne peut donc pas exclure qu'à la fin de l'usage du système, seuls les puits fournissent de l'eau, celle issue de P1 et collectée par MQ4' se déversant probablement dans P2. Dans cette hypothèse, les forages observés dans le sol du tunnel de la *qanât* MQ4 entre les regards R17 et R16 auraient étaient pratiqués pour augmenter le débit fourni par P1.

2.3.1. Description du tunnel de la *qanât* MQ4' (fig. 40-42)

Nous avons dégagé la *qanât* du puits P1 au regard R3 et un peu au-delà. Il n'est pas certain qu'il ait existé de jonction avec le regard R4, ni entre les regards R4 et R5. Ces zones pourraient également s'être éboulées, car elles sont taillées dans l'argile qui n'est pas très solide en cet endroit. En aval du regard R3, nous avons pu observer un « régulateur » fait d'un tuyau de céramique couvert par une brique crue. La fonction précise de cet aménagement n'est pas encore assurée. Le parcours entre P1 et R3, s'il est d'un tracé régulier dans les grès (entre P1 et R1), devient par contre sinueux, comme le montre le plan, quand il passe dans l'argile. Cette particularité est peut-être due à une moindre résistance des voûtes et plafonds d'argile, qui sont peut-être moins sollicités de cette manière.

L'observation de la partie haute du tunnel (avant le grand virage) nous a permis d'observer les traces très nettes de formes d'usure naturelles dans les parties hautes de la galerie. Elles sont, peut-être, les vestiges d'un écoulement antérieur au creusement de la *qanât*, de type karstique, que le creusement aurait réutilisé en partie, comme cela est le cas autour du regard R17 de MQ4. On observe certaines cupules d'érosion au plafond, ou sur le haut des parois. Cette réutilisation pourrait expliquer la direction anormale de cette première section du parcours de la *qanât* (presque à l'inverse de la pente des terrains environnants) ainsi que l'existence d'une amorce de creusement abandonnée.

3 D'après le module et le matériau des briques.

Sous le regard R4, s'ouvre à l'ouest un couloir qui débouche dans le puits P2. Nous avons pu vider ce puits jusqu'à une profondeur de 17 m. L'instabilité de ses parois d'argile, de plus en plus humides nous ont obligé d'interrompre cette opération pour des raisons de sécurité. Nous ne connaissons donc pas la profondeur de ce puits au moment de son fonctionnement (fig. 54).

2.3.2. Description du tunnel de la qanât MQ4 (fig. 40-41)

Nous présentons la *qanât* d'aval en amont, du regard R17 au regard R11, limites de la partie désobstruée. Huit regards et les portions de conduit qui les relient ont été désobstrués en tout ou en partie. D'une façon générale, les conduits ont une hauteur de 6 à 7 m pour une largeur de 60 à 70 cm. Un abaissement du plafond très localisé (fig. 41) se lit entre tous les regards : on peut en déduire que les ouvriers creusaient simultanément plusieurs puits, puis les galeries. Les décrochements de hauteur des plafonds marquent les zones de jonction entre les équipes.

Au pied du regard R17, un « escalier » de briques crues, formé d'une dizaine de marches, bouche la partie du tunnel en aval de ce regard. Au niveau de la jonction entre la *qanât* MQ4 et le puits P1, un tuyau de céramique détourne les eaux de la *qanât* en direction du puits (fig. 53). L'existence de cet « escalier » permet un accès facile au tunnel par le regard R17. Un mètre en amont de cet escalier, un forage cylindrique a percé le sol le long de la paroi est de la galerie. Son fond n'a pu être atteint (fig. 56).

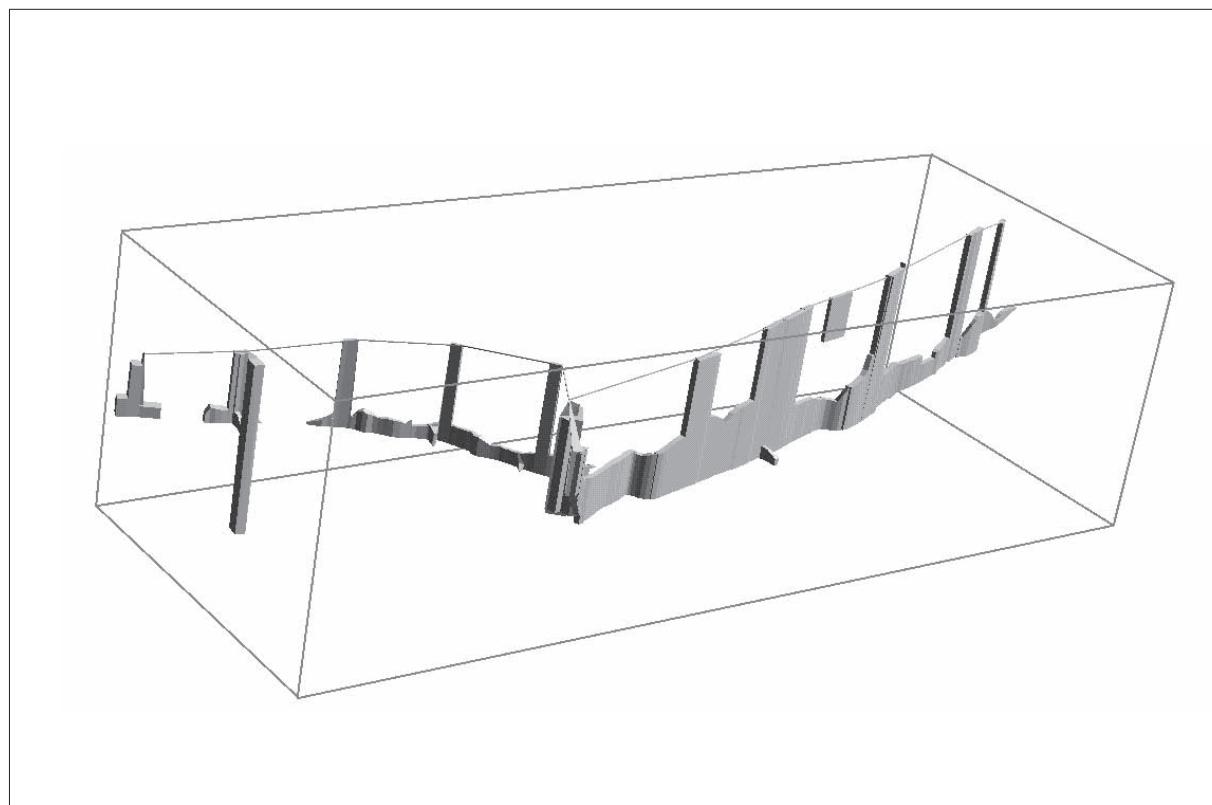


Fig. 39. Vue perspective des parties désobstruées des *qanât* MQ4 et MQ4. La direction du nord est parallèle aux longs côtés du bloc de référence (vers la gauche).

Au cours du dégagement, nous avons découvert un décrochement dans le tracé : à mi-chemin entre R16 et R17, le tunnel marque un coude brutal à angle droit, sur la droite, long d'environ 3 m, avant de refaire un coude sur la gauche pour retrouver sa direction normale. Cette « baïonnette » est sans doute due à une erreur d'orientation des équipes de creusement. Il est associé à un décrochement dans le plafond.

Les parois de ce tronçon creusé dans les argilites présentent des cupules d'érosion. Deux hypothèses peuvent expliquer leur présence : soit la galerie a été surcreusée en plusieurs étapes, en suivant l'assèchement de la nappe exploitée ; soit le tunnel reprend le parcours de conduits naturels de type karstique. Au-delà de la « baïonnette », le conduit long de 11,5 m, reprend à peu près l'alignement premier sur 11,5 m au droit du regard R16.

Le puits creusé dans le rocher pour y aménager le regard R16 est long d'environ 3,50 m. La construction de la margelle du regard, en briques crues, réduit son ouverture à 1,0 m. Dans cette partie, le profil du conduit, globalement rectangulaire, est très irrégulier du fait de la nature de la roche (fig. 55).

La deuxième grande partie nous mène jusqu'à la fin du regard R13. Cette section est caractérisée par la présence de grès en plafond et d'argilite en parois. À 2,5 mètres du début de cette partie, commence le double regard R14/R15. Cet ensemble est long de 9 m : il a été excavé dans toute la puissance de la roche. Seuls deux regards d'environ un mètre chacun ont été réservés aux deux extrémités de la voûte de briques crues (fig. 57-58). Au sol, au milieu de cet ensemble, nous trouvons deux amorces de creusement, une de chaque côté, la plus importante étant sur la droite (longueur : environ 2 m). Cette tentative semble suivre le parcours d'un ou deux conduits naturels.

À la verticale du regard R14, on observe au sol un forage cylindrique vertical identique à celui de la partie basse (R16-R17), mais ici centré dans la galerie.

Six mètres en amont du regard R14, un double coude déporte le tunnel sur la droite d'une distance de 2 m et lui donne un plan en baïonnette. Depuis la surface, entre les regards R13 et R14, nous avons dégagé une excavation profonde d'environ 4,5 m. Positionnée dans l'alignement de ces regards, mais pas tout à fait à la verticale du conduit, il s'agit de l'amorce abandonnée du creusement d'un regard (R13,5).

La dernière partie est le début de la section drainante, la partie active de la *qanât*. Plafond et parois sont taillés dans le grès. Le tracé devient ici beaucoup moins rectiligne que dans les deux premières parties : de nombreuses ondulations existent, peut-être pour augmenter la surface drainante. Le regard R13 est séparé du regard R12 par treize mètres de galerie. Le regard R11 est par contre très proche de R12 (4 m). Au-delà du regard R11, nous avons observé, dans l'axe de la galerie aval, un front de taille suspendu haut et profond de 1,5 m. Ce dispositif, juste aperçu, sera à étudier plus en détail car il nous fournira de précieux renseignements sur la technique de taille. Au-delà de R11, nous avons pu explorer environ 5,5 m, avant d'être bloqués par le cône d'éboulis du regard R10.

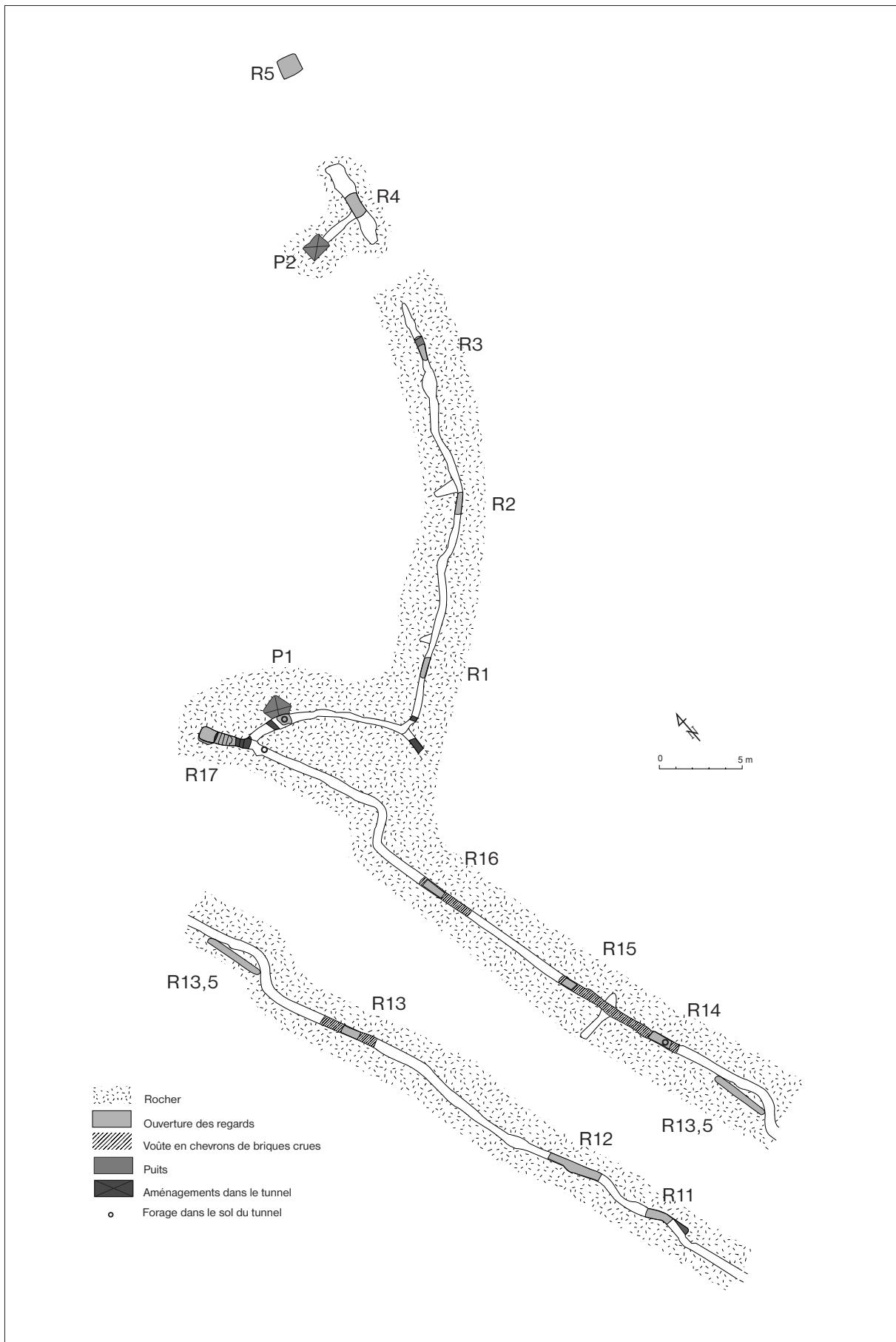


Fig. 40. Plan des parties désobstruées du système MQ4-MQ4'. Pour des raisons d'échelle, le plan est segmenté en deux tronçons : de bas en haut : MQ4 partie amont, MQ4 partie aval, MQ4'.

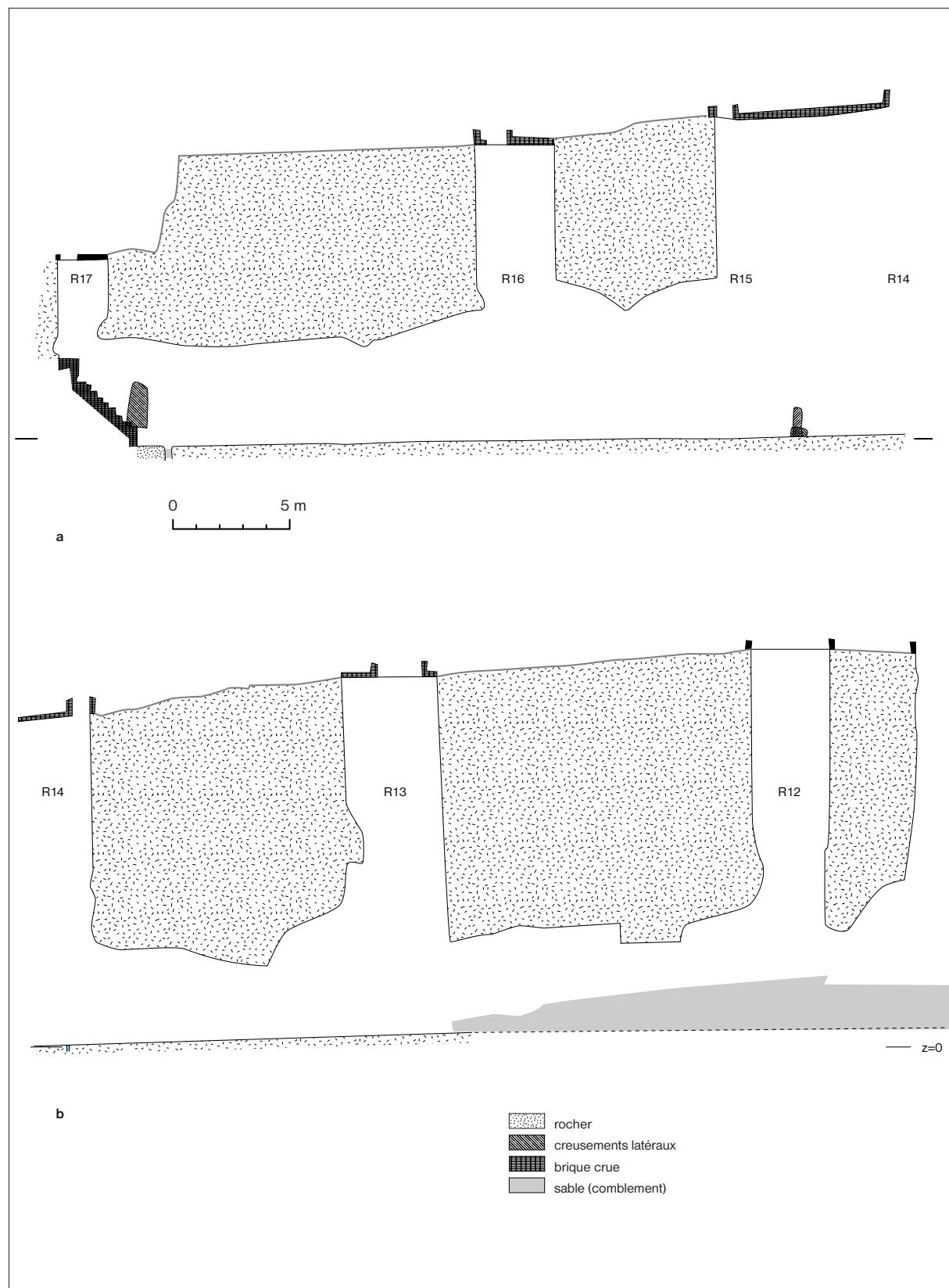


Fig. 41. Coupe longitudinale de la qanât MQ4.

- a. Regards R17 à R14.
- b. Regards R14 à R12.

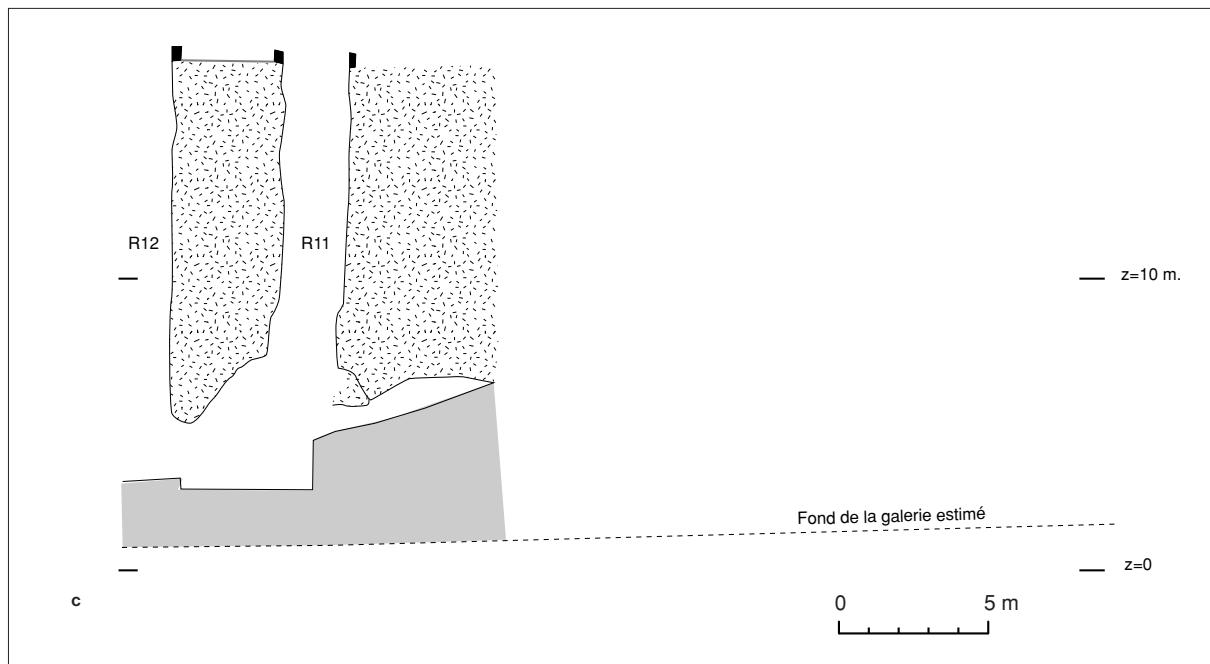


Fig. 41c. Coupe longitudinale de la qanāt MQ4, regards R12 et R11.

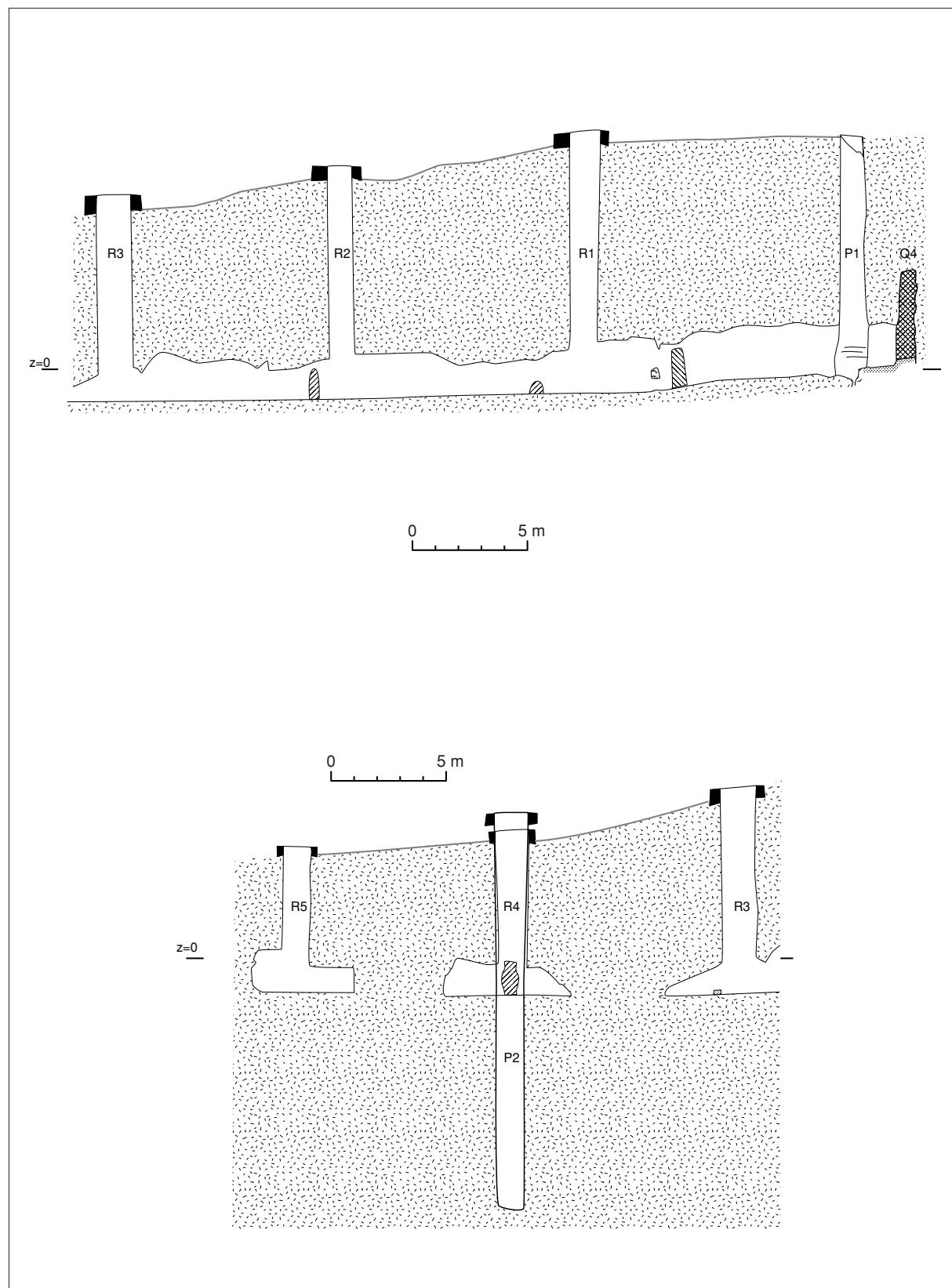


Fig. 42. Coupe longitudinale de la qanât MQ4'.

- Du puits P1 au regard MQ4'R3.
- Du regard MQ4'R3 au regard MQ4'R5.

Fig. 43.
Aqueduc MQ-3'.
Conduit en tuyaux de céramique.



Fig. 44.
Partie terminale de la branche MQ-5".
Derniers regards et aqueduc.



Fig. 45.
Qanât Q-4'.
Ruines de l'aqueduc.





Fig. 46.

Branche MQ-5'. L'un des très grands regards carrés. Des restes de poutraison sont visibles dans la maçonnerie de briques crues.



Fig. 47.

Vue générale de la *qanât* MQ6.



Fig. 48.

L'aqueduc de la branche MQ6. Vue générale.



Fig. 49. Détail de l'aqueduc de la branche MQ6.



Fig. 50. La voûte partiellement effondrée de la branche MQ6.

Fig. 51. Déblais du creusement de quelques regards de la branche principale de la qanāt MQ10.



Fig. 52.
Partie de la qanāt MQ7 en amont de la grande dune.





Fig. 53.
Qanât MQ4.
Vue plongeante dans le puits P1.

Fig. 54. *Qanât MQ4'*. Vue plongeante dans le puits P2.

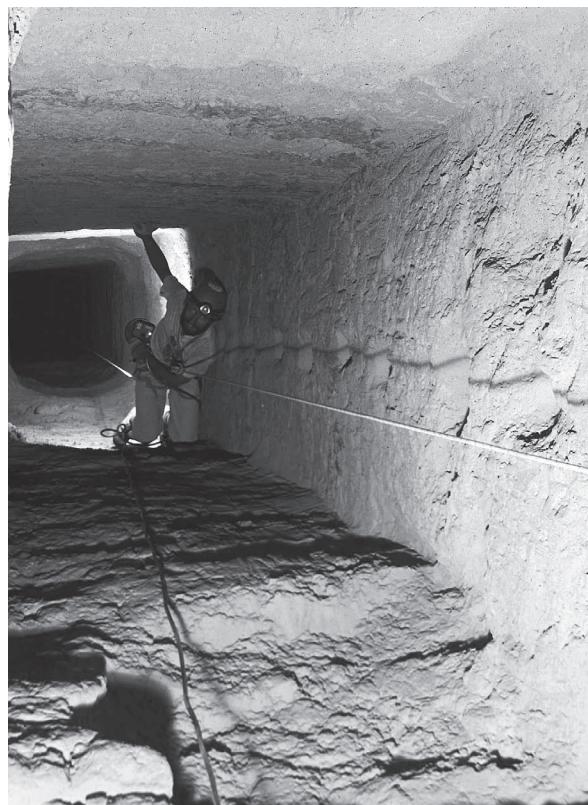


Fig. 55. Tunnel de la *qanât* MQ4 entre les regards R16 et R15.



Fig. 56.
Forage cylindrique dans le fond du tunnel de la qanāt MQ4 (entre les regards R17 et R16).

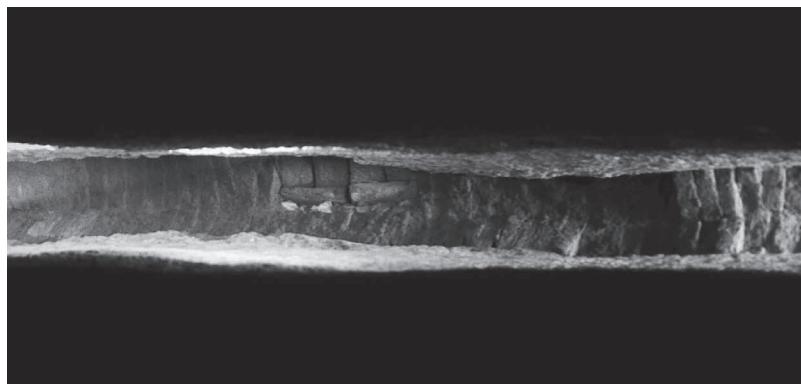
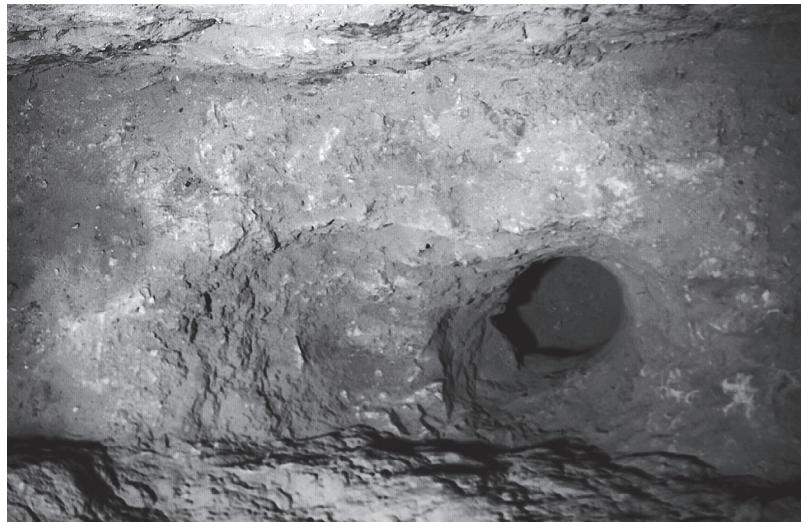


Fig. 57. Qanāt MQ4. Voûte en chevrons de briques crues du tunnel entre les regards R15 et R14.

Fig. 58. Qanāt MQ4. Vue en contreplongée du regard double R15-R14.



3. La mobilité des sables dans le secteur de 'Ayn Manāwīr

■ 3.1. Bilan de l'évolution géomorphologique plio-quaternaire et holocène

Cette portion de désert appartient à la couverture sédimentaire du Sahara dénommé ici désert occidental d'Égypte ou désert libyque (Saïd, 1990). À l'est, elle est délimitée par un plateau dont la surface culminant à 400 m au Naqb Dush est une dalle calcaire corrodée par le vent et incisée de courtes vallées encaissées qui recourent un double escarpement à regard ouest. À son pied, la dépression de Douch et Baris est précédée d'un piémont formé d'une série étagée de glacis couverts, réduits à l'état de lanière. À l'ouest, les oueds étalement leurs cônes d'épandage à la surface d'une pédiplaine taillée dans une argilite feuilletée gris sombre. La topographie régulière de cette plaine correspond à un aplatissement généralisé, accidenté de petits monocinaux et disséqué par un réseau hydrographique qui masquent partiellement les couvertures sableuses. À sa surface, ces nappes de sable et des barkhanes groupées en cordons se déplacent vers le sud et passent sur les sites archéologiques de 'Ayn Ziyâda, Dikûra, Tell Douch et 'Ayn Manāwīr. Chacun d'entre eux fut établi sur des collines d'une hauteur relative de 40 à 60 m, définies comme autant de reliefs dissymétriques découpés dans le grès de Nubie. Leur alignement dépend d'une faille E-W, à jeu décrochant qu'accompagne un réseau de fractures secondaires N-S et de diaclases obliques NW-SE et NE-SW. Cette trame structurale commande les venues d'eau et la répartition des nappes qui soutiennent les galeries souterraines d'irrigation.

Pour 'Ayn Manāwīr, les contraintes structurales se remarquent à plusieurs détails. Elles commandent à l'est la longue échine dissymétrique au pied de laquelle a été retrouvé l'ensemble des *qanât* disposés en peigne. Le système faillé affecte le versant nord en le découpant en une série de blocs disposés en touches de piano. Les *qanât* traversent ainsi plusieurs barres monoclinales parallèles qui soulignent une accentuation des pendages d'ordre structural et un fractionnement de la série lithologique en réservoirs hydrogéologiques qui explique le nombre des *qanât*, leur espacement comme leur distribution.

Le bilan de l'évolution géomorphologique s'établit à partir d'un ensemble intriqué de formes d'érosion ou d'accumulation et d'affleurements dénudés cotoyant des formations superficielles capables par leur épaisseur d'atténuer les modèles hérités (Saïd, 1990 ; Haynes, 1982 ; Bousquet, 1996).

Le tableau suivant résume cette histoire géomorphologique :

Pré-Quaternaire : aplatissement et karst ;

Pleistocène inférieur : cônes-glacis démantelés, cônes-glacis avec patine sombre, écroulement, incision ;

Pleistocène moyen et supérieur : cônes glacis étagés à couvertures détritiques, éboulement, talus détritiques sur les versants de raccord, nappes sableuses anciennes grossières, incision ;

Holocène inférieur : faciès des éruptions hydriques artésiennes, playa, dunes limoneuses grises et leurs sols, encroûtement perché, cuvettes hydro-éoliennes ;

Holocène supérieur : croûte gypseuse, basse terrasse des oueds, cône de déjection à surface vannée par le vent (reg), nebkhlas, croûte d'irrigation, déblais archéologiques et barkhanes, nappes aréniques récentes.

3.1.1. Les formations d'origine éolienne

En dehors des formes de corrosion prédominantes à la surface du plateau sous l'aspect de longs sillons étroits et profonds parfois de plus d'un mètre et de buttes profilées taillées dans le substrat rocheux calcaire ou gréseux et hautes de plus de deux mètres (sommet de la butte), le lit de transport éolien est matérialisé par la présence de multiples dépôts sableux préférentiellement situés dans la plaine et sur le piémont. Ces accumulations atténuent les modèles anciens comme les plus récents, même ceux d'origine anthropique, tels les tertres détritiques autour des regards des galeries souterraines drainantes. Ailleurs, le lit éolien associe les couloirs d'écoulement des courants aériens dont la trace au sol correspond aux regs caillouteux, aux longues bandes d'accumulations aréniques.

Le site se trouve constituer un obstacle à l'écoulement des alizés à l'échelle du Sahara oriental. Situé à l'intérieur de la zone plus spécialement vouée au transport et à la corrosion (Mainguet, 1992), la butte en raison de sa taille se dispose en effet au travers des couloirs où le sable est rare mais où la déflation éolienne prépondérante est efficace, comme au travers des bandes sableuses qui délimitent ces écoulements. Le relief commande la répartition de tous les types d'accumulation observés qui échelonnés sur les pentes du bloc se retrouvent bien au-delà de son sommet.

Parmi ces formations, l'accumulation la plus courante est la nappe sableuse de quelques dizaines de centimètres d'épaisseur, affectée de mégarides hautes de moins d'un demi-mètre, groupées en vagues, canalisées par les étranglements de la topographie (versant nord de la butte) ou déployées en éventail par diffraction du train d'ondes à l'extrémité des blocs faillés (extrémité ouest). L'épaisseur de ces couvertures aréniques contribue à accentuer l'équiplanité de la plaine légèrement disséquée par les affluents de l'oued fossile qui sépare Tell Douch de 'Ayn Manāwīr. Elle masque en effet l'arborescence d'un réseau hydrographique dont on peut établir la configuration générale à l'aide des images spatiales SPOT et radar SIR-C, étudiées par Marc Robin. Les drains principaux qui convergent à Douch sont encaissés de 3 à 4 m et restent encore délimités par l'abrupt de leurs berges atténueres par le sable. Leurs affluents se devinent à des couloirs de sable que séparent des interfluves surbaissés pavés de gravillons résiduels ocres ou noirs (plaine au nord de 'Ayn Manāwīr). Des nebkhlas

de toutes tailles parsèment également la plaine ou atténuent la base des collines. Elles se présentent isolées ou groupées ou bien émergent d'une nappe d'accumulation, ajoutant une crête (sif) sableuse à l'aval du buisson, du tamaris ou de la tête de rocher qui leur servent de point d'ancre. Certaines se sont constituées en se fixant sur les maisons du quartier du temple. Des dunes d'obstacle statiques précèdent les faces au vent des reliefs alors que les faces sous le vent disparaissent sous de grandes nappes en tablier qui atténuent le piémont disséqué et les têtes de ravins de l'escarpement (face sud de la butte). Enfin, la dernière forme la plus emblématique des conditions sèches actuelles et la plus mobile reste la barkhane. Cette dune en croissant revêt des tailles différentes, la plus haute mesure une trentaine de mètres à son front, la plus petite un demi-mètre pour quelques mètres carrés de superficie au sol et les plus complexes en démultipliant et superposant leurs fronts s'allongent sur plus de 300 m (face est de la butte). Le corps central est affecté de cornes latérales parfois dissymétriques. Sur la plaine qui festonne de son rentrant l'escarpement du Naqb Dush, les dunes s'organisent assez régulièrement en lignes et colonnes, régularité que désorganisent les buttes et les dunes les plus petites et les plus mobiles, démontrant ainsi que la vitesse de chaque unité lui est propre et variable.

3.1.2. Les formations d'origine hydrique

Au sable du lit éolien à la granulométrie fine et homométrique qui révèle un tri poussé s'oppose le matériel plus grossier et plus anguleux des accumulations liées aux écoulements hydriques (sable gros sel). Le chenal à largeur variable des écoulements passés présente des berges nettes lorsqu'il correspond au lit d'un oued fossile, ou bien des limites imprécises quand il résulte d'un écoulement en nappe ou d'un épandage de piémont ou de plaine. Lorsque l'événement pluvieux est «récent», les figures et les faciès frais des différents moments de l'écoulement, petit cône à l'extrémité des ravins, cône d'épandage des oueds du piémont, levées de crue et basse terrasse d'inondation des chenaux de piémont se remarquent par l'aspect en désordre du dépôt, par la rugosité de sa surface, l'absence de toute éolisation de son matériel ou la faiblesse de son ensablement. Quand les formes relèvent d'un écoulement plus ou très «ancien», la superficie des accumulations est réduite par les morsures des évolutions ultérieures qui s'y emboîtent. Leur surface se présente accidentée par les drains incipiens d'écoulements postérieurs et leur masse, lustrée et corrodée par le vent. La morphologie qui résulte de ces périodes ou épisodes à fort abats d'eau se réduit aux glacis étagés pour les plus anciens, emboîtés pour les plus récents, à leur couverture aux galets décalottés et tranchés par la corrosion éolienne, à des pavages de gravillons patinés, ocres ou sombres, rudération résiduelle de surface due au vannage par les alizés de la fraction fine du dépôt, aux lits atténués des écoulements de crue et aux chenaux des oueds oblitérés par le sable. Ce dispositif est d'autant plus présent qu'on est proche de l'escarpement. Pour 'Ayn Manāwīr, les formations d'origine hydrique ont été remaniées par le vent (reg à gros gravillons) et sont peu reconnaissables en tant que telles désormais. On peut leur associer les affleurements rocheux des interfluves sensibles à une météorisation qui desquame les argilites, désagrège les grès (monoclinaux situés sur la face

nord de la butte et leur pente à graviers ocres). De même, à l'ouest de la butte, peut-on leur joindre les revers dénudés des monoclinaux situés dans la plaine et dégagés aux dépens de lits plus siliceux interstratifiés dans les schistes. Les affleurements plus tendres et altérés de ces derniers sont en revanche transformés sur leurs trente premiers centimètres en une poudre (*fech*) sensible à la déflation éolienne (secteur au nord de la butte).

3.1.3. Le bilan de l'évolution géomorphologique

Les formations superficielles d'origine hydrique se répartissent de la sorte selon le gradient d'une évolution d'autant plus ancienne qu'on s'éloigne des incisions tardives de l'escarpement ou que l'on gagne les plus hauts niveaux du piémont. Les patines qui peuvent servir à le graduer expliquent les teintes allant du sombre au clair, si frappantes lorsqu'on survole à basse altitude le plateau, la topographie étagée de sa bordure et la dépression de Kharga. Le gradient d'évolution des formations éoliennes est moins apparent, modifié par les courants éoliens actuels liés aux alizés dont le relief canalise l'écoulement.

Cependant, les relations géométriques qu'établissent entre elles ces différentes formations, permettent une chronologie relative fondée sur leurs emboîtements, leur degré d'induration ou l'intensité de leur vannage. On devine ainsi une évolution dont on peut dresser le bilan en fonction de la mise en place et de la répartition des formations détritiques.

Au Pleistocène, l'alternance de phases plus humides (pluvial) et plus sèches (aride) (Rognon, 1989) explique l'étagement des glacis et de leur couverture ainsi que leur corrosion de surface par le vent. On peut retenir que les faciès les mieux conservés, les moins éolisés ou patinés et topographiquement les plus bas représentent les épisodes les plus récents de cette époque. Les plus émoussés comme ceux en position de relief inverse se rapportent au Pleistocène ancien ou moyen.

Ce modèle sert actuellement de support au lit d'écoulement des alizés. Les formations sableuses fossilisent donc aussi bien d'anciens modèles éoliens que les incisions ou les épandages des oueds qui se sont succédé au cours du Plio-Quaternaire. Dans ce laps de temps, on peut estimer que le plancher de la dépression s'est abaissé de 250 m. On ne peut pas être plus précis sur un bilan par étage du Pleistocène. On peut toutefois observer que le volume enlevé au Pleistocène ancien pourrait être plus important que celui rapporté au Pleistocène moyen et surtout récent. Les emboîtements des glacis les plus tardifs se montrent en effet de l'un à l'autre moins importants que la dénivellation majeure qui sépare leur ensemble de celui des glacis les plus anciens et les plus élevés réduits à l'état de témoins ravinés sous la corniche du plateau. En outre, les glacis les plus tardifs convergent pour se fondre dans la surface de l'embayment qu'incise médiocrement le réseau des oueds fossiles ou que surcreusent faiblement de petites cuvettes éoliennes développées aux dépens des confluences (position de l'oasis de Douch) ou d'anciens chenaux (secteur nord de 'Ayn Manāwīr).

Tout au long du Quaternaire, les processus éoliens surimposent à tout modèle leur effet de lustrage ou de polissage comme ils estompent de plus en plus sous le sable les formes de

l'écoulement lesquelles restent toutefois remarquables au droit de l'escarpement et de son piémont. L'embayment et le plateau demeurent dans ces conditions les secteurs les plus marqués par l'écoulement des alizés. Les emboîtements d'origine hydrique s'expliquent par l'incision des oueds dans le cadre d'une succession de périodes humides. Le passage du plateau à la plaine s'établit par l'intermédiaire d'un piémont qui s'élabore de la sorte au cours des pluviaux. Le temps d'action de ces derniers représente sans doute une durée plus courte que celle relevant de l'action des processus éoliens. Ces derniers sont actifs au cours des phases arides prépondérantes au Sahara tant en périodes froides, pendant le Quaternaire (Rogon, 1989), qu'en périodes chaudes, comme on le constate avec l'actuelle période aride et chaude.

La dynamique éolienne s'inscrit de la sorte à l'intérieur d'un spectre spatio-temporel aux échelles multiples. Sur le long terme, le bilan morphologique de l'écoulement éolien explique en partie l'approfondissement de la dépression. Sur le moyen terme (temps archéologique et historique), l'ensablement des sites et leur recouvrement partiel et épisodique par le train des barkhanes constituent les témoignages les plus évidents de cette action et renseignent sur le rythme des modifications climatiques possibles. Sur le court terme, à l'échelle d'une situation météorologique, la mobilité des sables obéit à un type de dynamique qui correspond à une accélération (pulsation) de l'alizé.

■ 3.2. Vitesse et rythme de la dynamique éolienne actuelle et historique

À l'intérieur du modèle hérité, on observe l'inscription d'une morphogenèse récente, en particulier éolienne que l'histoire de l'occupation des oasis permet de dater avec précision. Cette chronologie plus fine est assurée par les datations que proposent les documents archéologiques tels que céramiques, ostraca et inscriptions sur les monuments.

Le modèle historique en dehors des formes d'érosion se caractérise par des dépôts dont, pendant l'Antiquité, les faciès détritiques sont autant le résultat direct de l'occupation humaine que de la dynamique du milieu. Les artefacts qui s'y trouvent permettent de dater la mise en place et d'expliquer le développement de ces formations, comme d'affirmer la continuité de la dynamique éolienne, sa vitesse et son rythme dans le meilleur des cas.

3.2.1. Les formations historiques

Parmi les formations qui peuvent être ainsi associées aux deux familles précédentes par l'origine de leur dynamique, on compte les limons éoliens qui atténuent la base des plus hauts reliefs faillés et qui enveloppent d'un voile inégalement épais les seuils rocheux d'origine tectonique.

Ce dépôt fin de couleur gris-olive dérive des argilites de la plaine à une époque où, moins recouvertes de sable, leurs altérites poudreuses étaient plus facilement dispersées par le vent. Pour 'Ayn Manawir, cette formation ravinée est largement présente à l'extrémité est de la face nord et subsiste en témoins plus discontinus sur les pentes du secteur ouest.

Ce faciès résulte du creusement de petites cuvettes hydro-éoliennes que l'on observe dans la plaine. Des discordances internes démontrent l'existence de plusieurs périodes de déflation-accumulation qu'épisodiquement un ruisseau peut localement remanier. Le sommet de la nappe inférieure la plus continue a été altéré discrètement par un sol développé au cours d'une période de phytostabilité (coloration ocre). Le faciès supérieur plus discontinu a été également à son sommet consolidé par un sol à concréteions racinaires en cours d'érosion (nODULES en voie de dégagement). L'un et l'autre indiqueraient l'existence d'épisodes humides intercalés à l'intérieur de phases à l'aridité de plus en plus longue. La masse du matériel fut de la sorte découpée profondément par des fentes de dessiccation qui résultent, pour un dépôt encore imbibé d'eau, de la progression d'une sécheresse édaphique ultérieure, de plus en plus longue jusqu'à devenir permanente. Cette profonde fissuration à cellules polygonales correspondrait aux premiers effets de l'installation de la période aride actuelle qui de nos jours aurait tendance à s'accentuer depuis le début de ce siècle. De nombreuses nebkhās à tamaris sont, par exemple, en cours de destruction à Tell Douch comme à 'Ayn Manāwīr, l'arbre de leur ancrage étant mort depuis peu. Enfin, ces faciès façonnés en buttes profilées d'origine éolienne (*yardangs*) peuvent être épaisse d'accumulations grises argilo-sableuses, plus erratiques et plus tardives. Ces formations confirment la permanence d'une aridité déjà ancienne et toujours réelle au moment de la fondation des sites. Ce type d'évolution concerne plutôt les sites de Dikura et de 'Ayn-Ziyyâda à l'est de Tell Douch.

Au cours de l'Antiquité classique, ces limons gris localement aplatis par les Oasiens ont servi de terre arable pour leurs champs installés au pied des buttes, à partir de la période perse de l'histoire de l'Égypte (Bousquet, 1996 ; Wuttmann *et al.*, 1996). En plus, les ultimes formations grises contiennent des artefacts humains (tessons et murs) d'âges différents. Certains se rapporteraient à l'Antiquité classique (du V^e siècle avant notre ère au Bas-Empire romain). Certains sont encore plus anciens. À l'extrémité ouest de Tell Douch, des restes de foyer en plein vent accompagnés de tessons datés de l'Ancien Empire ont été retrouvés dans l'épaisseur des buttes profilées que le vent a façonnées à leurs dépens (Bousquet, 1996). En fait, les limons peuvent être rapportés généralement à l'Holocène inférieur, même si, partiellement et localement, certains de leurs faciès relèvent de la période historique. Leur évolution est en outre complexe en raison de la présence d'horizons pédologiques qui résultent de l'effet d'épisodes humides reconnus dans la région de Kharga entre 8 000 et 3 000 BP (Meissner et Wycisk, 1993). Ces phases correspondent à l'Optimum climatique Holocène culminant vers 6 000 BP en raison de la conjugaison des paramètres orbitaux terrestres, la plus favorable alors au bilan radiatif. Mais l'artésianisme prolongé des sources, telles celles proches du quartier perse de 'Ayn Manāwīr, fausse sans doute la durée des effets bénéfiques de cette période nécessairement plus courte en raison de ses causes initiales. L'aridification actuelle a pu de la sorte débuter dans le secteur de Douch dès 4 000 BP. L'Ancien-Empire daté par sa poterie de 2 000 av. J.-C., est en effet reconnu à l'intérieur d'une crête de dune grise alors en cours de constitution. Ces accumulations confirment, outre une dessiccation de plus en plus nette de la surface de la plaine, à contrario l'absence d'amas dunaires sableux et donc leur arrivée plus tardive. Elles permettent de replacer dans les durées historique et géologique la vitesse de déplacement des barkhanes (Finkel, 1961).

Dans la catégorie des dépôts dont l'origine est anthropique, alors que leur évolution reflète l'aridité du milieu, des croûtes gypseuses attestent l'effet d'une forte évapotranspiration. Elles se rencontrent pour la plupart à proximité des sites aménagés, en particulier à l'aval des parcellaires de Douch ou à l'emplacement de petites mares d'inondation liée à l'irrigation. Les canalisations qu'elles scellent, datent leur élaboration de la période romaine.

On trouve également, appartenant à la stratigraphie des sites occupés, des niveaux de morts-terrains archéologiques qui ont une double origine. Les uns correspondent à des dépotoirs de céramiques et à des tertres de déblais liés au creusement des *qanât*. Les autres sont des couches argileuses étendues volontairement sur de minces nappes sableuses constituées au cours des périodes d'occupation. Elles constituent le «sol» des cours ou la «terre» des parcellaires. Leur localisation étroite en fonction de leur usage montre que l'occupation humaine par sa durée était arrivée à constituer au sein d'un milieu aride et d'un environnement instable, un paysage d'Oasis (Bousquet, 1995-1996, 1996).

Les faciès bien datés de ces dépôts historiques permettent de déterminer la succession des évolutions morphologiques et d'en définir les rythmes. La corrosion des ouvrages hydrauliques et des bâtiments de briques, comme le pavage éolisé des tessons, traduisent la permanence de la dynamique éolienne. On peut leur associer certaines formations éoliennes, telles les nappes d'accumulation et les dunes les plus mobiles, témoins elles aussi de la cinématique du désert pendant la période historique. Les nebkhlas malgré une origine liée à la mise en valeur du secteur n'apportent pas la même précision, sauf si leur formation s'effectue à partir d'un puits dont les tessons à son voisinage permettent de dater la période d'usage.

3.2.2. La cinématique actuelle des dunes et leur vitesse

La cinématique actuelle s'exprime par la mobilité des barkhanes et la vitesse de leur déplacement. Les dunes de la région de Kharga ont été, en effet, très tôt l'objet d'observations multiples. Elles appartiennent à un grand cordon dunaire appelé *Abu Moharik* qui traverse du nord au sud la dépression (Saïd, 1990). Sur son flanc est, à la hauteur de Tell Douch, celui-ci est accompagné de cordons secondaires dont la mobilité actuelle très accusée permet de définir par comparaison la dynamique éolienne différenciée de ce secteur du Sahara (Le Néel, 1995).

À Kharga, les dunes du type barkhane ont été caractérisées par W.J. Harding King en 1918. Mais H.J.L. Beadnell, dès 1910, avait étudié leur cinématique sur l'année. Il a ainsi montré que les vents efficaces sont du nord, qu'ils charrient du sable 90 jours par an et qu'il y a en plus 13 jours de tempête de sable. Les vents du sud peuvent également modeler les dunes, mais sur un nombre de jours efficaces moindre (22), et de jours de tempête plus réduits (10). L'effet de ces directions opposées rend compte du profil complexe des grandes dunes. Le même auteur a évalué le déplacement moyen des barkhanes selon une typologie fondée sur leur hauteur, leur longueur et leur largeur. Le déplacement oscille entre 10 à 20 m/an (8 cm/jour actif à 16 cm/jour actif), selon un rythme saisonnier qui réserve les plus rapides et les plus nombreux déplacements plutôt aux mois des saisons intermédiaires : avril, juin, août et surtout septembre, octobre, novembre.

Toujours pour les dunes au nord de la dépression, des études plus récentes fondées sur la relation entre le diamètre des dunes et leur déplacement annuel ont confirmé ces données (Ahsri, 1973). Des observations à partir des premières images SPOT (T.A. Maxwell et P.L. Strain, 1987) ont conduit à proposer des valeurs de déplacement du même ordre, soit entre 4 m/an (3,3 cm/jour) et 16 m/an (13 cm/jour), pour une année de 120 jours actifs. Une comparaison avec l'étude précédente montre que sur quatorze ans (1973-1987), les dunes ont pu avancer selon leur taille de 60 à 220 m au total. Soit en retenant toujours une année active de 120 jours, entre 3 cm/jour et 13 cm/jour. Enfin, une étude a été faite sur un des cordons latéraux, le plus au sud de la dépression (Embabi, 1982). Elle conclut de la même façon.

Au cours du siècle, d'après ces résultats, il ne semble pas que la vitesse de déplacement des dunes ait beaucoup varié dans l'absolu. Toutefois, le rythme n'apparaît pas régulier alors que la valeur du déplacement reste identique sur le moyen terme. Pour l'expliquer, il faut en fait tenir compte de la place de la dune à l'intérieur du cordon et de sa situation au droit de l'escarpement qui borde, à l'est, la dépression de Kharga (Bousquet, 1996 ; Robin et Bousquet, 1995). Or, ces paramètres n'ont pas été pris en compte par les études précédentes. Aussi, en les associant à la comparaison de deux images SPOT, peut-on confirmer les résultats antérieurs et mieux comprendre le déplacement des dunes à l'intérieur des trois cordons de l'embayment de Douch (Bousquet, 1996, Robin, 1995, Le Néel, 1995). On fait appel dans ce cas à l'intervention de seuils d'incitation ou de sensibilisation à l'origine de la mobilité de ces dunes. Aussi, dans le secteur de 'Ayn Manāwīr, le piquetage au sol de barkhanes de tailles variées fait en novembre 1996 et le suivi de leur déplacement un an après (novembre 1997), associés à l'examen de leur cinématique antérieure vieille de 7 à 8 ans grâce à la comparaison de deux images SPOT fournies à 16 mois d'intervalle (19 mars 1989 (XS)-28 juillet 1990 (P), permettent-ils d'établir l'ampleur de leur mouvement à la surface de la plaine de Baris et de Douch (Bousquet, 1996 ; Le Néel, 1995)

Pour le cordon ouest qu'intercepte la butte de 'Ayn Manāwīr, à son amont, trois types de dunes ont été observés et leur déplacement déterminé par piquetage évalué sur un an. Une dune de 25 m de haut à son front s'est déplacée de 2,60 m (2 cm/jour actif), une deuxième haute de 3 m à son front, de 35 m, (29 cm/jour actif) et deux autres plus petites de 1,50 à 1,80 m de hauteur, respectivement de 60 m (50 cm/jour actif) et 66 m (55 cm/jour actif). Pour cette dernière, il y a même eu modification de la forme qui de croissant est devenue bouclier. Enfin à l'aval de la butte, une autre de 15 m de haut, s'est déplacée de 5 m (4 cm/jour actif), au cours de la même année. Sa voisine en aval passe sur la route conduisant à Douch et sa corne droite est sans cesse mutilée et raccourcie pour permettre le passage des véhicules.

La comparaison des deux images SPOT a permis, de son côté, de suivre l'ensemble de la cinématique dunaire. Le déplacement ne se fait pas selon une ligne droite mais en fonction du vent, en ligne brisée. On peut confirmer qu'en moyenne l'ensemble des dunes se déplace de 10 à 15 m/an (8 à 12 cm/jour actif). Les vitesses diffèrent selon les tailles. Les dunes les plus lentes frisent l'immobilité. Les plus petites peuvent parcourir jusqu'à 110 m/an (90 cm/jour actif). Les vitesses déduites des moyennes annuelles par jour actif ont été observées pour chacune de ces dunes au terme de coups de vent de 24 heures. Le déplacement alors

acquis allant de un centimètre à un mètre/jour actif reste très semblable à celui d'un jour actif déduit de la moyenne annuelle. On peut penser que les accélérations (pulsations) dans l'écoulement des alizés sont chaque fois à l'origine de ces déplacements à condition qu'un seuil d'efficacité soit franchi.

Ces vitesses sont comparables, pour les plus lentes, à celles enregistrées au début du siècle plus au nord (Beadnell, 1910). Mais elles semblent plus accélérées pour les déplacements des plus rapides. Elles démontrent que le vent ne perd pas de sa puissance malgré la rugosité de son lit d'écoulement. Il faut y voir l'influence de la topographie et des relances d'énergie par effet Venturi en fonction des obstacles rencontrés (Le Néel, 1995). Peut-on aller plus loin jusqu'à considérer cette différence comme le résultat sur le siècle si ce n'est d'une modification d'ordre climatique, du moins de petites fluctuations dépassant la simple anomalie brutale ?

Sur la longue durée, à l'échelle du millénaire, le déplacement de tout le cordon vers le sud est effectif, puisque les parcellaires ou les *qanât* des sites archéologiques sont ensablés ou recouverts par des barkhanes (sites de 'Ayn Manāwîr, Douch, Dikûra). La progression se poursuit désormais à l'aval des buttes. Tout se passe comme si les reliefs avaient été, de fait, franchis au cours de l'Antiquité classique. L'arrivée de nappes de sable clair, avant-coureur des barkhanes, a pu se produire à la fin de la période perse d'occupation, comme les avanies et l'ensevelissement subi par le temple de 'Ayn Manāwîr tendraient à le prouver. De même, le détournement de la sortie de la *qanât* MQ4. Cette sortie en tranchée, face au nord, véritable entonnoir à piéger le sable, a été déplacée en contournant un épaulement de terrain, utilisé ainsi comme une protection. Cela démontre que l'ensablement n'est pas en phase avec le tarissement des nappes hydro-géologiques. Plus tard, tarissement et ensablement peuvent coïncider. L'ensablement traduirait une accentuation de l'aridité qui aurait pour conséquence d'abaisser le niveau des nappes et de les mettre hors d'atteinte des techniques d'exhaure de l'époque. Le creusement de puits traversant le système des galeries à 'Ayn Manāwîr pourrait-il avoir cette signification ?

On peut ainsi affirmer la permanence de la cinématique dunaire depuis au moins plus de 4000 ans, puisque certaines dunes grises contiennent des artefacts de l'Ancien Empire datés de 2000 ans av. J.-C. et que les sites de l'Antiquité aujourd'hui recouverts par des sables clairs ont été occupés depuis le VI^e siècle av. jusqu'au VI^e apr. J.-C., sans gêne excessive pour les habitants. En revanche, la fin de la période d'occupation montre de la part des Oasiens des efforts de plus en plus importants pour se défendre contre l'arrivée du sable (seuil barré des maisons, à Douch). On peut conclure à un ensablement plus prononcé aujourd'hui qu'autrefois en raison de l'arrivée des barkhanes situées, pendant l'Antiquité, plus en amont. Cette progression s'accompagne d'un changement dans la nature du matériel. Les dunes grises plus sablo-limoneuses ne semblent plus se former à partir du III^e siècle de notre ère, les schistes étant désormais de plus en plus recouverts par le sable siliceux et clair des nappes sableuses qui accompagnent les barkhanes.

Ainsi le rythme saisonnier de la dynamique éolienne s'est-il traduit par une progression régulière et inéluctable qui, si on retient les vitesses mesurées, serait selon les dunes de l'ordre de 16 à 8 cm/jour pour les plus rapides, pour les très rapides de l'ordre du mètre,

et seulement de 2 cm/jour de vent efficace pour les plus lentes. Les dunes dont le volume se modifie en fonction de l'hétérogénéité des cordons et de la vitesse dissemblable des plus petits amas qui s'y agglutinent, progressent toutefois inégalement et irrégulièrement sur le siècle et sur l'année. À ces pulsations courtes, réelles, pourraient s'ajouter des fluctuations de plus grande amplitude. Les aménagements qui ont été ensevelis sous les sables et l'abandon des sites conduisent à poser la question de savoir si ces oasis antiques ont bénéficié ou non d'une période de moindre dynamique au moment de leur création et au cours de leur utilisation.

On peut suivre cette irrégularité du rythme au cours du temps, à partir de l'épaisseissement d'une accumulation constituée sur le site même. Des sondages opérés à l'intérieur de la dune qui a recouvert le temple de 'Ayn Manāwīr montre que l'on a à faire à une dune d'obstacle, que parachève une dune du type nebkhā. L'invasion des sables semble s'être progressivement manifestée au cours même de la période de fonctionnement de l'édifice. Un bec a été édifié à l'angle sud de la bâtie pour détourner les arrivées sableuses. Les murs ont été renforcés pour empêcher leur effondrement sous leur poussée ; des pièces ont été fermées et abandonnées au cours même de l'utilisation du bâtiment, avant son abandon et sa disparition sous les sables. Plus tard, des maisons de l'époque romaine se sont édifiées sur la dune alors déjà épaisse de plus de trois mètres. Les pentes de sable ont été stabilisées par la constitution d'une pellicule d'argile à leur surface, qui peut être interprétée comme un « sol » d'occupation. Toutefois à la hauteur de ce même niveau, de fins lits argileux sont interstratifiés dans la masse d'autres corps dunaires proches. Ces lits semblent dépendre de l'humectation des sables. Ils peuvent être interprétés comme des croûtes limoneuses liées à des pluies alors plus fréquentes (?), comme il s'en est produit fortuitement en 1996 et 1997, ou bien être dus à des sédimentations de particules argileuses, en quantité suffisante pour revêtir la dune d'une enveloppe sombre et la « salir » par leur saupoudrage, comme on a pu l'observer aussi en 1996 par vent de force 7, puis s'agglutiner par l'intermédiaire des précipitations « occultes », brouillard ou rosée nocturne. Enfin, une assise sableuse de deux mètres d'épaisseur sépare cet horizon du IV^e/III^e siècle avant notre ère, d'un niveau d'occupation romain daté du I^e-II^e siècle apr. J.-C. Le dôme sableux a été stabilisé par une enveloppe argileuse, depuis lustrée par le vent, couche volontairement élaborée par les occupants responsables de cette carapace superficielle datée du Haut-Empire romain.

Cette coupe montre que l'Oasis a connu des périodes d'invasions sableuses en relation avec un environnement désertique dont le rythme climatique présentait des épisodes de ruissellement pour les plus minces lits de sédimentation, des phases plus ventilées et d'humidification « occulte » pour les moins épais et des élaborations d'origine anthropique pour les assises de plus grande épaisseur, sans qu'on puisse déterminer leur contexte climatique. Ces assises qui peuvent déterminer la surface de parcellaires véritablement construits, sont-elles en effet un moyen de se défendre contre la mobilité du sable ou traduisent-elles une technique agraire de conquête d'autant plus efficace que la période est sans risque ? Le lustrage de leur surface fut acquis depuis la désertion du site, en un millénaire et demi à deux millénaires et demi. Pouvoir les associer à la stratigraphie archéologique devient ainsi un moyen

de définir les variations du climat et rend possible la définition d'un rythme tant climatique qu'historique de pénétration du désert.

On peut retenir de ces différents exemples que le rythme est irrégulier. Cette irrégularité est à lier conceptuellement à l'histoire des variations du climat. De même, la déflation est permanente. Mais elle s'est exercée sur du matériel différent au cours du temps. Les dunes grises et les dunes claires résultent des apports que la dynamique du vent installe à la surface de son lit de transport. Les premières reflètent une évolution locale. Les secondes imposent à l'embayment une cinématique autre, désormais à l'échelle de la dépression de Kharga, qui entraîne la présence d'une nappe généralisée au sable quartzeux plus mobile, différent du matériel limoneux plus argileux livré par le substrat schisteux local. Cette substitution est l'indice d'une déflation dont l'efficacité et le rythme ne peuvent être réellement évalués qu'à l'échelle de sa permanence. Ainsi doit-on faire la différence entre l'évolution sur le long terme que le bilan morphogénique permet d'établir et la sensibilité des sites à la déflation qui ne peut être définie qu'en fonction de seuil d'incitation ou de sensibilisation. Ces derniers peuvent apparaître liés à des processus dont l'origine peut être autant d'ordre climatique que d'origine anthropique.

3.2.3. L'efficacité de la déflation comme indice de sa persistance ?

Si on assimile la déflation à l'érosion éolienne, son efficacité et sa durée s'évaluent à partir de différents témoins archéologiques. Elle pose la question de l'intensité de son rythme et de sa régularité, comme celle de l'intensité des rapports de l'homme à son environnement. Plusieurs exemples ayant pour référence soit le temps vécu actuel soit le temps archéologique et historique permettent d'évaluer la permanence de cette influence.

À Dikûra, une citerne à escalier entièrement vidée a été en l'espace d'un an à nouveau enfouie sous les sables. Sur l'année, c'est à dire 120 jours de vent efficace, on peut estimer la charge piégée à 60 m^3 , soit le volume de la citerne entièrement dégagée (Bousquet, 1996). L'apport moyen aura été, dans ces conditions, de $0,5 \text{ m}^3/\text{jour}$. C'est le volume moyen évalué actuellement par mètre linéaire sur le chantier de fouille, à la suite d'un vent de sable. En revanche, l'amas du désensablement a été dispersé en trois ans. La déflation n'a donc pas la même efficacité quand elle déplace le sable d'une nappe ou lorsqu'elle s'exerce sur le flanc d'un volume. A contrario, le puits évidé dans les grès au sud-est de 'Ayn Manāwīr n'est toujours pas réenfoui deux ans après sa fouille. Il est situé dans un couloir de déflation à faible débit.

On peut aussi observer des mises au jour d'anciennes surfaces d'abrasion recouvertes par le sable et soustraites pendant quelques siècles à la déflation. Les piémonts des buttes présentent ainsi des surfaces voisines dont le degré d'usure n'est pas identique (Bousquet, 1996). Une cartographie élaborée à partir d'une couverture de photographies prises d'un cerf-volant a permis de retrouver des traces de parcellaires difficilement observables au sol (Le Néel, 1996 et *in* Wuttmann *et al.*, 1996, fig. 2 et son commentaire p. 387). Cette différence s'explique moins par une inégale exposition aux effets de la déflation qu'à des états de surface d'âges différents. Les effets de l'érosion s'insèrent ainsi dans une chronologie histo-

rique puisqu'ils affectent des niveaux d'occupation précisément datés par la céramique. Il est cependant difficile d'évaluer la vitesse de l'abrasion, l'ampleur de la régradation et d'en déduire leur rythme.

La déflation s'accompagne d'une abrasion dont les effets sont plus lents à se manifester, comme un certains nombre de témoins archéologiques permet de le constater. Les tessons qui reposent sur un substrat consistant comme le limon gris peuvent être portés par un piédestal d'un demi-centimètre. Si on estime que l'époque de leur abandon coïncide avec celle de la désertion du site, on peut penser par défaut que la surface d'origine s'est abaissée approximativement de la hauteur de leur support depuis le VI^e siècle apr. J.-C. Ces évolutions se constatent dans les secteurs de déflation efficace dont la disposition spatiale discontinue est en relation avec la distribution des reliefs.

On peut envisager une efficacité d'un ordre de grandeur voisin en évaluant le degré d'éolisation des déblais qui constituent les tertres des *qanât*. On sait qu'une partie de ces ouvrages hydrauliques datent de la période perse, soit au plus tôt du VI^e siècle av. J.-C., et plus probablement du V^e siècle av. J.-C. (Wuttmann *et al.*, 1996). Or les déblais, soit des grès, soit des fragments d'argilites, montrent une éolisation franche de leurs faces. La fine rainuration acquise ou le lustrage des faces et l'émoussé des cassures ont donc été produits en 2 500 ans. La désagrégation de certains grès tendres de ces déblais a été également produite dans le même laps de temps, si ce n'est encore plus rapidement peut-être. Le temps s'allonge donc ici d'un millénaire au maximum.

Un autre repère est ce parcellaire de 'Ayn Manāwīr dont la configuration générale, l'abrasion ayant pris le relais de la déflation, est désormais à l'inverse de la disposition originelle. Les planches de culture sont en creux, car la terre arable plus meuble a été dispersée par le vent (effet de la déflation). Comme la superficie d'une planche de culture est à peu près de 20 m² et que l'horizon travaillé peut avoir une épaisseur de 10 cm au maximum, on peut estimer le volume enlevé à 2 m³ par planche. Mais le fond des rigoles d'aménée d'eau, compacté et induré par l'évaporation de son humidité, persiste à leur bordure sous l'aspect d'un relief haut de 3 à 5 cm (effet de l'abrasion). L'inversion a donc été acquise depuis l'abandon des sites.

Cependant un second secteur pourrait permettre de mieux évaluer l'efficacité des processus et l'intensité de la dynamique éolienne. Il s'agit d'un autre parcellaire de 'Ayn Manāwīr. Si les parcelles sont d'habitude tracées à la surface des limons gris, comme à Douch, ici, on observe que leur terre arable repose sur une mince nappe de sable. Une assise argileuse épaisse de 15 à 20 cm y a donc été étalée. Sa surface résistant à l'abrasion et à la déflation éoliennes continue à protéger le sable déposé antérieurement à son élaboration. Établis, par hypothèse, au plus tard pendant la phase d'occupation ptolémaïque ou romaine, ces parcellaires sont seulement attaqués à leur bordure depuis leur abandon. On en déduit que malgré la fragilité du support, le parcellaire construit subsiste à peu près dans les limites qui lui furent données, il y a deux millénaires. La mise en inversion du précédent dans ces conditions enregistrerait l'effet d'une déflation-abrasion de quelques siècles en plus et signalerait un secteur d'abandon précoce, en raison du tarissement de la *qanât* qui l'irriguait. L'intérêt de ce type est de

l'inclure dans la stratigraphie des sites et donc de mieux cerner les phases d'extension des oasis de 'Ayn Manāwīr et leur élaboration. On est conduit à mieux distinguer dans le paysage ou la structure agraire les apports culturels successifs, leur permanence et leur précarité.

Le vent accumule dans le même temps qu'il abrase, pendant l'occupation des Oasis ou après leur abandon. Des dunes d'obstacle ou des nebkhās ont ainsi pu se former sur les sites mêmes. Le temple de 'Ayn Manāwīr a été partiellement enseveli, comme nous l'avons vu plus haut, par une dune à partir du IV^e siècle av. J.-C. Des maisons romaines s'y sont installées. On peut donc suivre l'épaisseissement de l'accumulation depuis le début du IV^e siècle av. J.-C. jusqu'au I^e siècle de notre ère selon, sans doute, un rythme irrégulier, en raison de la présence d'un niveau d'époque ptolémaïque à mi-épaisseur. Le temple en pierres de Douch fut partiellement ensablé sur les 2/3 de sa hauteur après son abandon au V^e/VI^e siècle apr. J.-C. En 1818, le voyageur Frédéric Cailliaud de Nantes a pu en effet graver son nom, à 4 m au-dessus du pavage de la cour, sur un des portiques d'entrée. La hauteur de l'ensablement se déduit par la teinte plus claire qui affecte inégalement le bas des murs. Cette marque indique a contrario qu'une patine a été acquise dans le même temps pour les parties hautes alors dégagées et désormais plus mates. Ce qui suppose une certaine humidité.

On peut ainsi envisager que les rythmes de l'érosion éolienne ont été disparates en fonction des abandons sélectifs opérés au sein des Oasis dont l'histoire semble pourtant s'inscrire à l'intérieur d'une dynamique continue et permanente. Les emboîtements constatés n'introduiraient pas automatiquement des seuils de rupture qui appelleraient l'existence de périodes caractérisées par des interruptions d'alizés ou l'existence de phases marquées par leur renforcement. Ils relèveraient alors de facteurs locaux. Le rythme doit être dans ces conditions modulé en fonction de l'histoire de l'occupation des Oasis et de la répartition de leurs occupants. Il semble en effet que le mode d'occupation ne fut pas toujours le même. À l'époque perse l'habitat fut groupé au piémont des buttes, secteur le plus vulnérable à l'ensablement; à l'époque romaine, étagé sur leur flanc et le parcellaire plus extensif s'étendit jusqu'à gagner les interfluves de la plaine (Bousquet, 1996). Au sein de ces périodes, l'instabilité fut réelle. Des *qanāt* ont été abandonnés pendant la période de l'occupation des sites. La *qanāt* MQ2 à 'Ayn Manāwīr a vu son regard ou puits d'accès MQ2R25 servir de dépotoir pour des céramiques datées du II^e siècle apr. J.-C. L'arrêt de l'irrigation que cet usage stipule, provoqua un assèchement des sols et entraîna sans doute pour le parcellaire qu'il desservait une plus grande sensibilité à la déflation éolienne. Aussi, pour certains secteurs, la reprise d'érosion ne date-t-elle pas de l'abandon définitif du site, mais peut survenir plus précocement, ici dès le III^e siècle apr. J.-C. Ailleurs, l'arrivée des barkhanes stipule l'organisation de couloirs de déflation et des secteurs de plus grand ensablement. À cette organisation dynamique, il faut ajouter l'obstacle des buttes et des implantations humaines et les ensablements qu'il provoque. La répartition des accumulations aréniques s'explique en fonction de cette modification progressive du secteur de 'Ayn Manāwīr. L'Oasis antique est à l'origine de son ensevelissement en relation avec l'arrivée des barkhanes. Le changement est dû moins à l'irruption d'une dynamique nouvelle qu'à l'émergence d'une autre cinématique des sédiments pris en charge par l'écoulement des alizés.

■ 3.3. Conclusion. Permanence de la dynamique éolienne et variabilité de la cinématique

Ces différentes observations conduisent à poser la question des variations climatiques historiques comme celle de la cinématique des sédiments. L'érosion éolienne commande actuellement l'évolution du modelé dans la région de 'Ayn Manāwīr et plus largement dans la dépression de Kharga. L'étalement du lit de transport éolien actuel conduit la déflation, l'abrasion et la corrasion à une extension sans limites qui est la caractéristique du champ géomorphologique éolien au Sahara (Mainguet, 1992). Cette étendue parcourue par les alizés est caractérisée par l'élaboration de multiples emboîtements fondés sur un processus d'« intégrations » successives. Il semble qu'il en fut ainsi durant l'Antiquité. Le bilan porte à conclure à la permanence des processus. Qu'en est-il de la mobilité des formes et quel rythme traduisent plus particulièrement les formations historiques superficielles ?

D'abord, les formes du système actuel de l'érosion éolienne s'inscrivent à l'intérieur des héritages morphologiques quelle que soit l'origine de ces derniers. Ce mode de relations pose, méthodologiquement d'ailleurs, pour leur suivi comme pour les procédés techniques chargés de représenter et d'évaluer leur mobilité, le délicat problème de leur délimitation. Comment, puisque leur périmètre est une frange sableuse et que leurs limites sont imprécises, peut-on, sur les images ou sur le terrain, définir ce passage résultant de déplacements progressifs d'une forme à l'autre au cours du laps de temps considéré et comment apprécier ou chiffrer la stricte valeur de leur progression ?

Ensuite, en dehors de la difficulté de présenter le bilan exact de la cinématique des dunes, il en est une autre qui vise la durée et l'intensité des phénomènes comme le rythme et la vitesse de leur déplacement. La prépondérance actuelle du vent pose en effet la question de la permanence des conditions de l'évolution morphogéniques au cours de l'Antiquité. Autrement dit, assiste-t-on de nos jours à une accentuation de l'aridification avec un renforcement des alizés et une accélération du déplacement des dunes les plus mobiles ? Dans ces conditions, les vitesses actuelles ne sont-elles pas différentes de celles de temps plus lointains ? Ou bien, pendant l'Antiquité, des périodes plus humides ne peuvent-elles pas correspondre à des phases de calme des alizés permettant des ingressions plus prononcées de vent du sud, comme l'orientation de certains siffle-vents pourrait le faire penser au sommet de la butte de 'Ayn Manāwīr ? Ces incursions n'auraient-elles pas été alors plus favorables à l'existence de jours de brouillard, comme on l'observe actuellement parfois, avec des taux d'humidité de 100 %, et ne seraient-elles pas venues atténuer, durant quelques dizaines d'années, la tyrannie de l'aridité du moment et corriger la sécheresse édaphique des lieux en favorisant les rosées ? La conséquence n'aurait-elle pas été de ralentir la progression des dunes les plus mobiles en réduisant le nombre de jours efficaces et d'indurer l'intérieur de leur masse par agglutination des grains à partir de la fraction argileuse hygrophile qu'elles contiennent, comme certaines coupes peuvent le faire supposer ? On en déduirait qu'aujourd'hui le corps des dunes les plus volumineuses est relativement stable et que les secteurs les plus mobiles se réduisent à une enveloppe sableuse superficielle et à leurs cornes

latérales. Cette aridification ne se traduirait-elle pas aussi par l'érosion de la dune elle-même, comme peuvent le faire entendre les longs sillons qui affectent parfois ses flancs? Le changement de couleur des formations éoliennes est l'indice de l'arrivée d'un matériel autre, indice de la permanence du vent et des modifications qu'introduit dans le milieu l'effet de sa déflation et de son vannage considéré sur la longue durée et à une autre échelle spatiale. Mais il indique également une modification dans la cinématique des sédiments. Les accumulations limoneuses sont locales et leur incorporations au sable provoque le ralentissement pour les dunes les plus mobiles. Les barkhanes et les nappes de sable restent les formations éoliennes les plus mobiles tant qu'elles restent pauvres en limon. Ainsi le rapport entre dynamique et cinématique s'établit-il à travers la composition sédimentologique des formations sableuses.

Il semble enfin que l'installation des parcellaires sur les piémonts des buttes pendant l'Antiquité aurait profité toutefois d'une période de moindre déflation. À l'abri des effets de l'action permanente du vent qui caractérise leur environnement immédiat, les Oasis elles-mêmes présentent aussi une évolution scandée de phases. Les unes stipulent une maîtrise certaine de l'environnement à leur profit. Les autres expriment leur soumission au milieu et à sa dynamique. Ces états concomitants ou successifs pour la même oasis sont la preuve en dehors de l'influence de facteurs géographiques locaux d'un rythme dont l'origine doit autant à la dynamique du temps qu'à celle du climat et de son histoire.

Il est difficile de trancher par la simple considération des évolutions locales ou générales observées et signalées. Aussi bilan, rythme et vitesse doivent-ils être replacés dans l'histoire longue et plus récente des hautes pressions sahariennes, qui peuvent être interprétées comme des « agglutinations anticycloniques » (Leroux, 1996) dont dépend la dynamique du climat de ces régions. L'évolution de leur environnement relève de la sorte du régime des alizés. Elle devient le reflet d'une circulation à comprendre à partir de la dynamique des « anticyclones mobiles polaires » (Leroux, 1996), à l'échelle de l'hémisphère boréal, si ce n'est à l'échelle du fuseau planétaire eurafricain. Une preuve toutefois pourrait être avancée par une étude des parcellaires et par l'ouverture de coupes dans les nappes de sable qui atténuent la base des buttes et qui recouvrent les installations hydrauliques. Des indices le montrent en particulier à l'extrême ouest du site comme à l'est dans la plaine mise en valeur avant d'atteindre l'actuelle oasis de 'ezbet Douch.

4. Étude du mobilier archéologique

■ 4.1. Le matériel céramique

De nombreuses informations céramologiques (nature, faciès et datation) liées à tous les secteurs fouillés ont déjà été intégrées dans ce rapport (§ 1), nous n'y reviendrons donc pas dans le détail. Le but est plutôt de dégager les problèmes d'ordre chronologique auxquels on a à faire face, et d'envisager des ensembles cohérents dans le temps et dans l'espace pour la totalité des secteurs appréhendés cette année par les sondages et les prospections de surface.

La céramique d'époque perse n'a guère été privilégiée par la politique de sondages réalisés cette saison, la place de choix revient à la céramique d'époque ptolémaïque. Nous examinerons successivement les trois secteurs concernés par ce matériel qui ont déjà pu être isolés cette saison : deux sur le site de 'Ayn Manāwīr et un autre redécouvert cette année sur la surface de l'enclos nord du site de Douch.

La surabondance de céramique d'époque romaine a mobilisé quant à elle la plus grande part de nos efforts surtout au niveau du dessin, en effet les formes complètes ont été fréquentes et leur variété infinie !

4.1.1 La céramique ptolémaïque

L'existence d'une céramique d'époque ptolémaïque avait été notée depuis le début des fouilles dans le secteur de 'Ayn Manāwīr. Mais leur nombre était faible et les contextes archéologiques isolés, il s'agissait de céramiques découvertes au fond des regards, dans des zones hétérogènes. De plus la méconnaissance des céramiques de cette période tant dans l'oasis de Kharga que dans celle de Dakhla, ne pouvait qu'inciter à la prudence.

Pourtant la découverte fortuite de trois ostraca (fragments de jattes) au nom de « Ptolémée fils de Ptolémée » (n° inv. 3717, n° inv. 3718, n° inv. 3719) (fig. 60/d, e et fig. 60/a) en surface d'une maison près de la *qanât* Q2 ne laissait plus place au doute. On peut souligner que l'habitude perse d'inscrire de longs textes recto-verso sur des poteries parfois archéologiquement complètes, se perpétue pour notre plus grand bonheur à l'époque ptolémaïque. Nous possédons déjà quatre familles de jattes inscrites au nom de « Ptolémée fils de Ptolémée ». C'est cette opportunité qui nous a permis de remarquer, par comparaison entre les ostraca bien datés de l'époque perse et ceux de l'époque ptolémaïque, la persistance de familles morphologiques à évolution très lente, qui sans le secours des inscriptions auraient pu être comprises pour des variantes au sein d'une même époque. La découverte inespérée d'un matériel relativement abondant et varié va nous permettre de gagner du temps et d'assainir progressivement notre chronologie. Surtout pour les périodes de transitions qui relient la fin de l'époque perse à l'époque ptolémaïque.

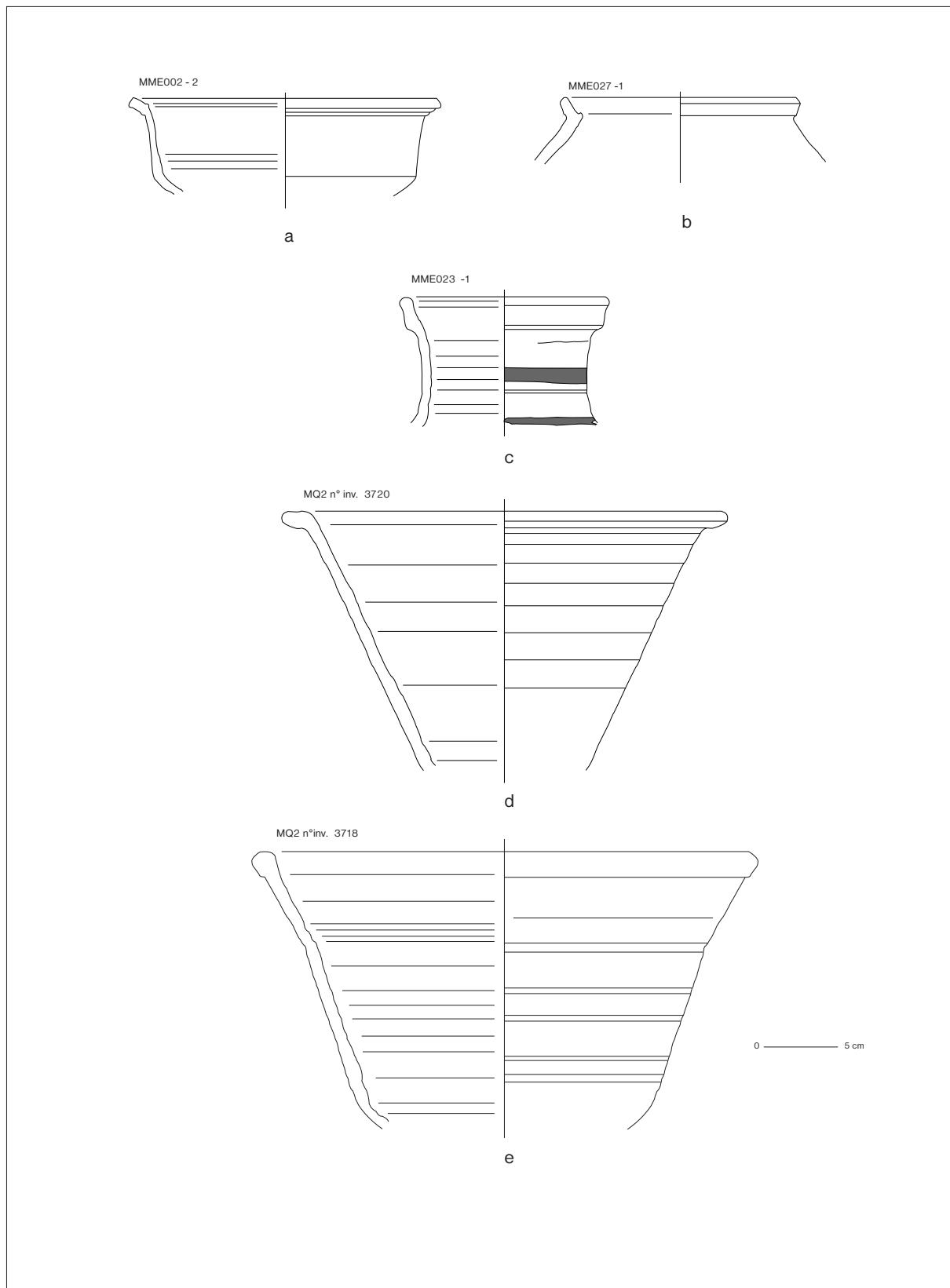


Fig. 59(a-c). Céramique d'époque ptolémaïque (MME).
(d-e). Ostraca d'époque ptolémaïque (MQ2).

LA MAISON BASSE SITUÉE EN MME EN BORDURE DE LA QANÂT Q2 (fig. 59)

Les informations essentielles ont déjà été livrées dans le cours de ce rapport, nous n'y reviendrons pas. Rappelons seulement que le matériel est plutôt représentatif d'une phase ancienne de l'époque ptolémaïque (III^e-début II^e siècle av. J.-C.). Un ostracon ptolémaïque (MME006 n° inv. 4665) (fig. 70/a) a d'ailleurs été découvert cette saison.

BUTTES COUVERTES DE TESSONS

SITUÉES ENTRE LES QANÂTS Q1 ET Q2 AU NORD DE MMF (fig. 64)

Cette butte couverte de tessons datés de l'époque ptolémaïque fera l'objet d'un sondage la saison prochaine. Gageons qu'elle augmentera considérablement notre connaissance de la céramique de cette période. D'ores et déjà on constate la similitude totale de ce matériel avec celui issu de MME, on retrouve les mêmes types de marmites et de jattes. Il convient de souligner la présence de quelques tessons qui appartiennent à l'époque perse

L'ENCLOS NORD DE DOUCH

B. Bousquet mentionne (Bousquet, 1996, p. 188) l'existence de maisons (situées dans l'enclos nord) dont il est sûr de l'ancienneté par rapport à la chronologie établie par les fouilles de Douch, c'est-à-dire le premier siècle de notre ère. Nous sommes revenus sur le secteur de cet enclos nord, nous avons collecté le plus important lot de céramiques d'époque ptolémaïque : formes presque complètes, nombreux tessons décorés, et enfin quatre ostraca inscrits recto-verso sur des formes archéologiquement complètes au nom de « Ptolémée fils de Ptolémée » (n° inv. 4660 à 4663) (fig. 60/b, c et 70/c).

Là encore il convient de souligner la persistance de formes (jattes) mais également du répertoire décoratif (bandes horizontales brunes, rouge avec larges aplats blanc, décor de grandes feuilles noires...) (fig. 68/b) qui connaissent tous deux une longue tradition bien ancrée chez les potiers locaux. Ces réalités ne recoupent pas nécessairement les ruptures dynastiques entre la période perse et ptolémaïque ancienne.

Si la titulature des Ptolémées ne permet pas de distinguer précisément lequel dans la dynastie, la persistance de ces héritages pharaoniques dans le matériel céramique permet d'envisager prudemment une phase ancienne dans la période ptolémaïque, dans le cours du III^e siècle av. J.-C. et éventuellement au début du II^e av. J.-C.

Le phénomène fréquent de persistance des traditions pharaoniques en plein cœur de l'époque ptolémaïque trouve ici une belle illustration.

Une faible part du matériel céramique découvert lors de cette prospection (famille des jarres-marmites à col) pourrait être plus ancienne. Cependant, il est encore trop tôt pour se prononcer, mais il est probable qu'un matériel perse soit à découvrir autour du tell de Douch.

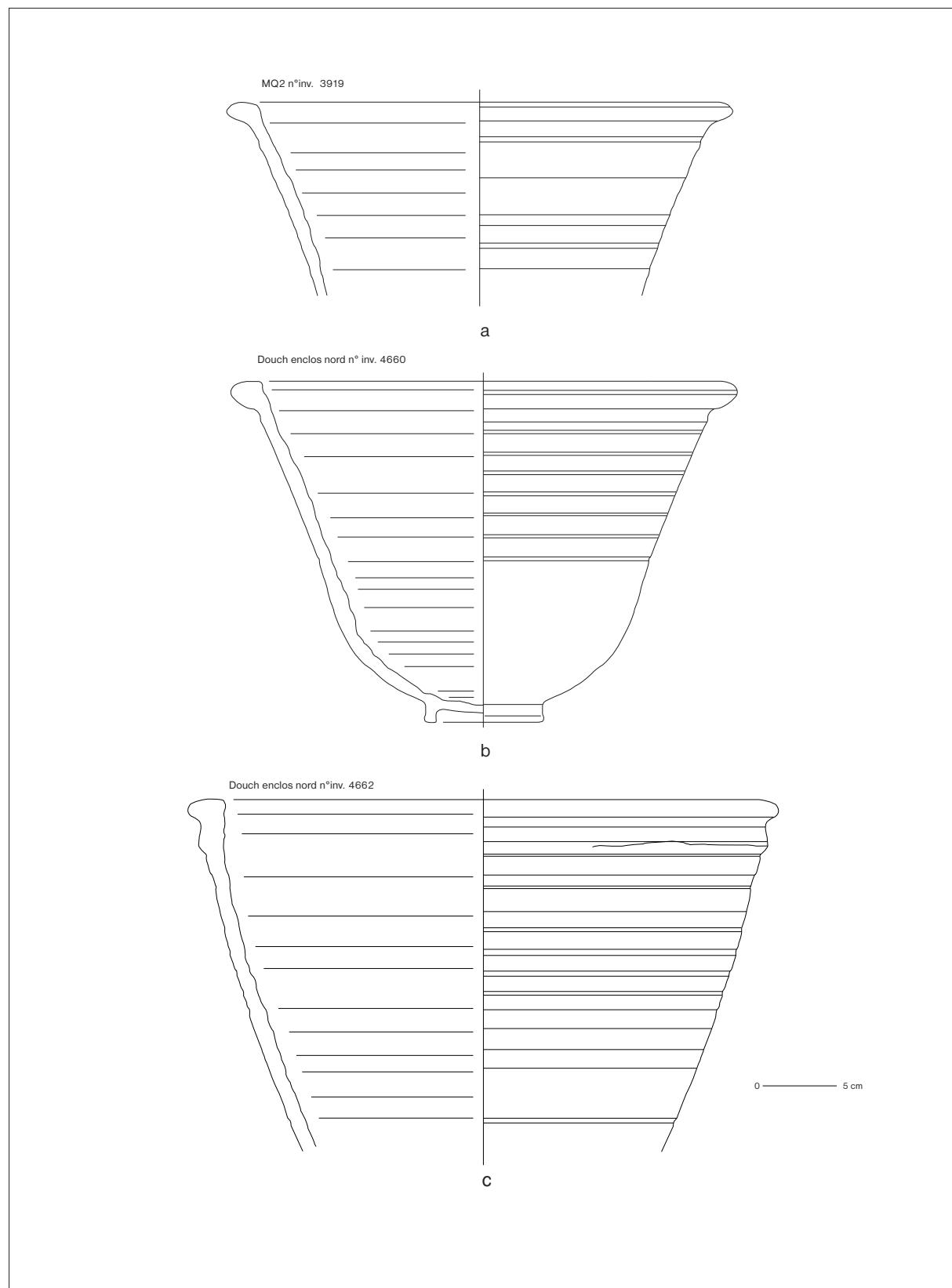


Fig. 60(a). Ostracon d'époque ptolémaïque (MQ2).

(b-c). Ostraca d'époque ptolémaïque (Douch, enclos nord).

4.1.2 La céramique romaine (fig. 68/c, e et 69/a, d)

La céramique de cette époque a été très privilégiée cette saison grâce à la campagne des sondages, et par les prospections de surface. Cependant, la masse de documentation recueillie ne permet pas encore de résoudre tous les problèmes essentiellement d'ordre chronologique qui sont soulevés depuis bientôt deux ans par ce matériel : le lien entre le Haut-Empire (et le problème de son homogénéité) et le III^e siècle apr. J.-C., que l'on circonscrit très imparfaitement.

Cependant il a été possible d'isoler deux phases : l'une couvrirait les I-II^e siècles de notre ère, et l'autre le III^e. Rien n'est véritablement définitif dans cette chronologie qui se voudrait absolue. La seule chose possible est de comparer avec le matériel de « l'église » de Douch que l'on sait être du milieu IV^e siècle qui nous fournit au moins une date butoir. Un constat s'impose, nous n'avons pas encore trouvé, à notre connaissance, de matériel aussi tardif dans les secteurs de 'Ayn Manāwīr prospectés et fouillés jusqu'à présent.

Dans l'état actuel de nos connaissances, seul le sondage MME100 permet d'appréhender réellement ces deux phases chronologiques bien distinctes : l'une ancienne, qui engloberait les deux premiers siècles de notre ère, et une phase plus récente à cheval sur le Haut-Empire et le III^e siècle ?, il est encore prématuré de le préciser.

Les autres secteurs étudiés cette année sont donc à positionner globalement dans la phase ancienne, c'est-à-dire les deux premiers siècle de notre ère.

L'étude des ostraca démotiques, peu nombreux (quatre seulement découverts lors des fouilles) mais parfois dans un bon contexte fournira un élément de réponse, de même que l'étude du matériel de faïence et le verre. Ces deux derniers représentent une part non négligeable du matériel recueilli lors des sondages et des prospections de surface (matériel actuellement à l'étude par M.-D. Nenna).

4.1.3. Rappel du cadre chronologique pour l'étude du matériel céramique de 'Ayn Manāwīr

Ce cadre chronologique ne possède aucun caractère restrictif ou définitif, de nouvelles découvertes archéologiques sont susceptibles de le modifier à tout moment.

Phase 0 : époque saïte.

Il n'existe qu'un *ostracon* isolé au nom d'Amasis. Un seul tesson appartient à son répertoire : *ostracon* en forme de jatte à bourrelet large rabattu.

Phase 1 : époque perse.

À partir du milieu du V^e siècle av. J.-C. C'est le matériel pour lequel notre documentation est la plus importante et la mieux connue⁴.

4 Un travail récent consacré à la céramique d'époque perse de Tell el-Herr présente le seul corpus céramique complet disponible pour le matériel de cette époque (Defernez, 1997).

Phase 2 : période post-perse.

Elle est identifiée sur le site par des documents épigraphiques (*ostraca* datés de la XXVIII^e et de la XXIX^e dynastie). Le matériel céramique est à rattacher à la phase 1. L'étude typologique en cours ne nous montre aucun changement notable dans le répertoire des formes et des techniques.

Phase 3 : période pré-ptolémaïque (IV^e siècle av. J.-C., cette époque couvrirait la XXX^e dynastie jusqu'à l'arrivée d'Alexandre).

Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'a pas été possible de reconnaître cette phase dans le matériel céramique exhumé jusqu'à présent.

Phase 4 : période ptolémaïque ancienne (fin IV^e-III^e siècle av. J.-C.).

La totalité du matériel céramologique hellénistique recueilli à ce jour sur le site est associé, selon toute vraisemblance, à cette période.

Phase 5 : période ptolémaïque (II^e siècle au I^{er} siècle av. J.-C.).

Aucun ensemble céramique daté de cette période n'a été recensé pour le moment.

Phase 6 : période romaine du Haut-Empire (I^{er}-II^e siècle apr. J.-C.).

Il s'agit du matériel le mieux représenté pour tout le site de 'Ayn Manāwīr, à l'exception de celui daté de la première domination perse.

Phase 7 : période romaine du Bas-Empire (III^e siècle apr. J.-C.).

Cette phase n'est apparue que tardivement dans le corpus des céramiques de 'Ayn Manāwīr. Le cadre chronologique est encore qu'imparfaitement circonscrit.

Phase 8 : période romaine (du IV^e siècle apr. J.-C.).

La céramique de cette période, aisément reconnaissable sur le site de Douch, est absente du site de 'Ayn Manāwīr.

■ 4.2. Les ostraca démotiques

Comme les fouilles de 1997 n'ont livré qu'un petit nombre de nouveaux documents, l'attention s'est portée, cette saison, essentiellement sur les ostraca mis à jour en 1996 et 1995. Parmi ceux-ci, la découverte la plus inattendue fut un contrat de mariage fragmentaire (n° 1044), daté de l'an 43 d'Amasis, mois de Pachons (ou Tybi?), c'est-à-dire de septembre (ou mai?) 528 av. J.-C. Reculant de plus de quatre-vingts ans l'ancienneté de la documentation écrite trouvée sur le site de Manāwīr, cet ostracon constitue un élément important de discussion pour l'histoire de l'oasis de Douch. Cependant, il crée également un hiatus dans la chronologie

jusqu'ici établie pour le site, puisqu'aucun texte daté des règnes de Darius I^{er}, de Xerxès ou des vingt premières années d'Artaxerxès I^{er} n'a pu encore être identifié. L'hypothèse d'une ancienne pièce d'archives familiales apportée par l'un des premiers colons de la communauté de Manāwīr n'est donc pas à exclure.

Les types de contrats jusqu'à maintenant les mieux représentés, et les plus typiques de l'organisation économique et sociale d'une communauté oasienne comme celle de Manāwīr, sont ceux traitant de la propriété et de l'usage de ces moyens d'irrigation que sont les *qanât*. Comme la distribution de l'eau d'irrigation pouvait être contrôlée par un système de bassins de répartition et de vannes qui permettaient de la diriger à volonté vers telle ou telle parcelle cultivée, l'utilisation des *qanât* était divisée en unités temporelles, c'est-à-dire en jours et en fractions de jour dont le nombre alloué à chaque parcelle était déterminé sur une base mensuelle. Comme les services du temple, ces jours d'irrigation pouvaient être vendus ou loués à bail. Les contrats concernant l'irrigation revêtent exactement la même portée et la même signification que les contrats fonciers dans la Vallée. Dans l'oasis, la propriété de la terre n'est rien en soi car la terre sans eau n'est que du désert. Le sol n'appartient de fait qu'à celui qui peut l'irriguer. Céder ou louer un droit d'usage sur une *qanât* revient donc à céder ou louer la parcelle de terrain qui peut être ainsi cultivée.

Le n° 661 permet de comprendre le fonctionnement de ce système : le bailleur, Harsiésé fils d'Ounamenheb, partage la propriété d'une *qanât* avec Hor fils de Horkheb, ce qui lui vaut un droit d'usage de quinze jours d'irrigation chaque mois. Il afferme la moitié de sa part, soit sept jours et demi, à Hor fils de Horoudja. Le montant du loyer qui devra être acquitté par ce dernier est fixé au sixième du produit des parcelles voisines irriguées avec le reste de l'eau fournie par la *qanât*, soit vingt-deux jours et demi, ce qui équivaut en fait à la moitié théorique de la récolte moyenne obtenue grâce à l'eau ainsi affermée. Il s'agit donc bien d'un contrat de métayage avec partage de la récolte entre propriétaire et exploitant. Le mode bien particulier de calcul du loyer est révélateur : la base prise en compte n'est pas la propre parcelle de l'exploitant, mais les autres parcelles irriguées par la même adduction. Un tel système constraint le paysan à travailler dur sur sa parcelle, s'il veut tirer un produit suffisant de son exploitation, puisque le montant de son loyer est fonction de la récolte que ses voisins auront obtenue. L'accent ainsi mis sur l'émulation est typique d'une économie de pénurie où la survie de tous dépend du travail de chacun, dans un milieu hostile où le désert menace sans cesse de reconquérir ce que l'homme lui a arraché, si la vigilance de ce dernier se relâche.

On peut supposer, même si cela n'est pas indiqué, que l'entretien et la maintenance du système d'adduction sont à la charge du bailleur, responsabilité suffisamment lourde pour justifier la part léonine qu'il prélève sur la récolte de l'exploitant. Le même contrat semble aussi faire mention d'une paire de chameaux (*gmr*) qui seraient fournis par le bailleur comme animaux de labour. Si la lecture de cette clause était confirmée, il s'agirait de l'une des plus anciennes attestations de cet animal en Égypte, peut-être même en l'occurrence d'une importation due à l'occupant perse.

Il faut remarquer également l'importance des arbres dont la présence en limite des parcelles cultivées est un effet secondaire de l'irrigation. Ceux-ci sont cependant l'objet de clauses particulières spécifiant les modalités du partage de leurs fruits et de leur bois entre bailleur et exploitant. Un contrat (n° 1114) daté de l'an 7 de Darius II, mois de Pharmouthi (juillet 417) concerne justement la vente d'un palmier, situé « au nord d'un réservoir (?) qui est alimenté (?) par l'eau (de la *qanât* dit) "des Sycomores" ». Cette *qanât* "des Sycomores" est citée dans plusieurs autres documents et il serait bien sûr du plus haut intérêt de pouvoir la situer sur le terrain. L'acheteur de ce palmier est une femme, Ta-di-Hathor fille d'Onnofré.

Le nombre important de femmes parmi les contractants des ostraca de Manawîr est notable, mais non surprenant. Les autres dossiers démotiques d'époque saïto-perse présentent des cas analogues, ainsi les archives de Tsenhor récemment publiées par P.W. Pestman. La documentation de Manawîr ne fait que confirmer l'importance du rôle social et économique, ainsi que la capacité juridique, des femmes égyptiennes à cette époque. En particulier, tous les ostraca trouvés dans la cachette aménagée dans la pièce AD du bâtiment MMA (Grimal, 1997, p. 341) sont des contrats au nom d'une femme, Ésortaïs fille de Hor. Parmi ces documents, on remarque un acte de divorce (n° 1230), ainsi que plusieurs titres de propriété concernant des prébendes et des droits d'irrigation. Particulièrement intéressants sont les n°s 1234 et 1235. Ils proviennent en effet du même fragment de poterie soigneusement scindé en deux parties presque égales par le scribe qui a utilisées celles-ci pour rédiger deux contrats différents au nom de cette même Ésortaïs. Malheureusement, le n° 1235 est pratiquement illisible, hormis la date et, en partie seulement, le nom des contractants, si bien qu'il est impossible d'établir le lien entre ces deux actes vraisemblablement dressés le même jour, au mois d'Éiphi de l'an 13 de Darius II (octobre 411). Malgré tout, le n° 1234 donne une idée des biens acquis par la dame en question : dix jours de service annuel dans le temple de Manawîr et un droit d'usage sur un total de six *qanât* dûment désignées ! Il est vrai que ces parts sont à chaque fois assez modestes, puisque le total est inférieur à sept jours d'irrigation par mois.

Concernant une autre grande dame, le n° 1157 est au nom de Khaous-Bastet. Celle-ci n'est autre que la fille du désormais fameux Harsiésé – le personnage dominant de Manawîr à cette époque –, et donc la sœur d'Ounamenheb. Par cet acte qui date du premier mois de l'an 2 d'Achôris (décembre 393), Khaous-Bastet acquiert un certain patrimoine appartenant à Hor fils de Horkheb, à savoir toutes les propriétés que ce dernier a reçues en héritage de ses parents "dans le temple et dans la ville". La clause de garantie prévoit une indemnité non négligeable de 10 *débens* (environ 910 grammes) en argent, à verser par un éventuel tiers qui revendiquerait la propriété des biens en question.

Enfin, on peut signaler un contrat d'association (n° 1154) entre deux individus qui s'engagent à fabriquer en commun l'huile de ricin pour le compte du temple d'*Osiris-iou*. La date est l'an 35 d'Artaxerxès, mois de Tybi (avril-mai 430). Un tel texte, d'un type non encore attesté dans notre documentation, permet de mieux comprendre l'organisation de la production d'une denrée qui semble revêtir une importance particulière à Manawîr.

■ 4.3. Le mobilier métallique

La collection de statuettes en bronze découverte en 1994 et 1995 lors de la fouille du temple en briques crues constitue un lot cohérent des points de vue chronologique et technologique. Abandonné au plus tard vers 390 av. J.-C., il se situe dans la période des dernières évolutions de la métallurgie qui précèdent l'assimilation massive des techniques romaines (usage du laiton et des alliages quaternaires). La collection est essentiellement constituée de bronzes au plomb, alliage qui apparaît massivement en Égypte à la Troisième Période intermédiaire. Des objets similaires à ceux découverts à 'Ayn Manāwīr sont nombreux dans les collections des musées, mais ils restent, pour beaucoup d'entre eux, mal datés et de provenance incertaine.

Les nettoyages en cours de ces objets ont livré beaucoup d'informations sur la technique de fabrication. Tous ces objets sont coulés. Les plus petites statuettes ont été coulées en moule monovalve ouvert : elles présentent une face plate. Celles de dimensions intermédiaires ou de forme complexe (taureau Apis, orant, Isis *lactans* etc.) ont été réalisées dans des moules fermés (au moins deux valves). Les plus grandes ont été indiscutablement réalisées selon la technique de la cire perdue (Osiris, n° inv. 3321 par exemple), le noyau argilo-sableux apparaissant parfois au travers des produits de corrosion dans des trous ou cassures. Plusieurs types d'investigations techniques ont été menées :

- recensement des indices révélant le mode de fabrication ;
- macrophotographie de ces indices et des faciès de corrosion (à l'usage également d'études plus générales des mécanismes de corrosion) ;
- analyse de la composition élémentaire par fluorescence-X avec l'appareil portable XMET 960 ;
- pesée ;
- tous les restes pouvant être attribués à une activité de fabrication locale ont été systématiquement collectés sur le site pour une étude ultérieure.

L'une des questions auxquelles nous cherchons à répondre par cette étude est évidemment la détermination du lieu de production. Les deux dernières campagnes nous ont livré, outre les produits finis, des scories métallurgiques (dépotoir MDA), des fragments de creusets et de parois de fours (habitat MMA et MMB), un fragment de moule (MMA), tous datés de la première domination perse, et du mineraï de cuivre (déblais de la *qanât* MQ10, non datés pour l'instant) (fig. 73). Il reste évidemment à vérifier si tous ces éléments ont appartenu à une même chaîne de production. Fondait-on à 'Ayn Manāwīr du bronze importé en lingots, refondait-on des objets hors d'usage, réduisait-on le mineraï disponible sur place ?

4.3.1. Étude de la composition élémentaire

MÉTHODE

La méthode employée est une analyse de surface. Le faisceau issu de l'appareil a une profondeur de pénétration qui n'excède pas 100 m. La mesure est une intégration du faisceau réémis par une surface d'environ 0,5 cm². La mesure nous livre un spectre qui reflète la composition élémentaire moyenne de cette surface, qu'elle soit constituée de produits de corrosion stratifiés ou du métal lui-même. La lecture du spectre nous fournit la liste des éléments présents en quantités supérieures aux traces. Ces dernières sont détectables dans des conditions opératoires particulières, utilisées dans certains cas.

La quantification des résultats implique une calibration de l'appareil. Celle que nous avons utilisée jusqu'à présent est approximative mais toutes nos mesures sont enregistrées et les valeurs de composition pourront être recalculées dès que nous disposerons des matériaux de référence adéquats. Les chiffres cités ici n'ont donc qu'une valeur indicative et provisoire.

Sur un certain nombre d'objets il n'a pas été possible d'effectuer de mesures sur des surfaces métalliques, soit que l'objet ait été totalement minéralisé, soit qu'il n'ait pas été souhaitable d'exposer le métal pour ne pas perdre les informations archéologiques portées par la surface des couches d'oxydes. Il est bien connu que la plupart des mécanismes de corrosion des bronzes peuvent aboutir à la formation de composés très variés et stratifiés. La distribution des éléments métalliques ou alliants n'est pas homogène sur la surface analysée. Elle est certainement différente de la composition du métal inaltéré. Plusieurs approches⁵ ont été tentées pour approcher la composition originelle :

- multiplication des mesures sur plusieurs zones corrodées d'un même objet, en des points où, visuellement, on identifiait des formations différentes ;
- répétition des mesures aux mêmes points au cours des étapes du dégagement des produits de corrosion, pendant les travaux de restauration ;
- examen métallographique de la structure du matériau sur des coupes transversales dans les quelques cas où des prélèvements ont pu être faits ;
- enregistrements photographiques de l'état de surface des zones analysées.

RÉSULTATS

280 mesures portant sur 164 objets constituent les données collectées pendant cette première étape. À celles-ci s'ajoutent près de 400 macrophotographies.

On trouvera ci-dessous (fig. 61-62) les résultats d'une première exploitation des mesures, faite sur les moyennes, pour chaque objet, des valeurs normalisées (total des constituants ramené à 100 %).

5 La réalisation de matériaux de référence certifiés adaptés aux usages de l'archéométrie et la pertinence de l'utilisation des différentes données collectées ici sont deux des aspects développés par les recherches entreprises dans le cadre du projet IMMACO, mené à l'Ifao avec le soutien de la Commission européenne.

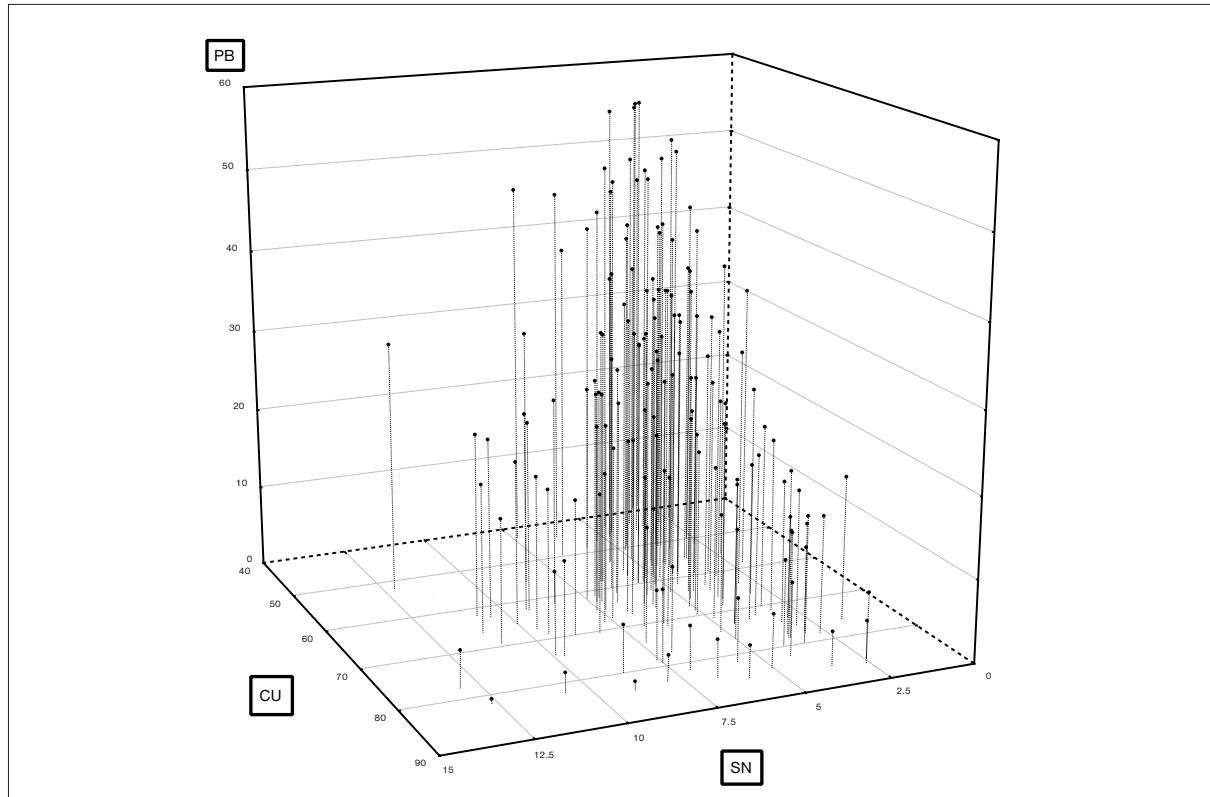
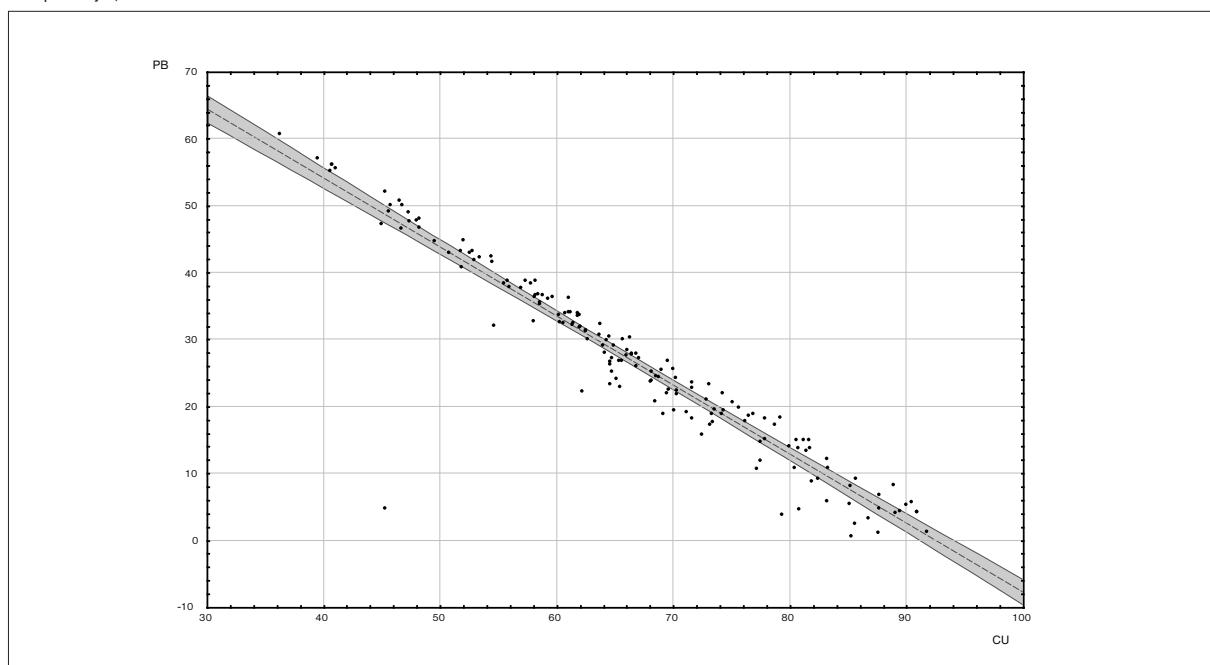


Fig. 61. Compositions élémentaires des 164 objets analysés représentée selon les teneurs en cuivre, étain et plomb (valeurs moyennes normalisées des mesures sur chaque objet).

Fig. 62. Corrélation linéaire entre les teneurs en cuivre et en plomb des 164 objets analysés (valeurs moyennes normalisées des mesures sur chaque objet).



La corrélation linéaire observée entre les teneurs en cuivre et en plomb (fig. 62) dans une très large plage de concentrations n'est guère explicable autrement que par des phénomènes de ségrégation lors de la coulée, ou par le fait que l'on mélangeait le plomb et le bronze d'étain juste avant la fusion, en fonction des besoins (taille de l'objet, qualité souhaitée). Si on retient l'hypothèse de l'utilisation du minerai de cuivre local, il faut supposer que les artisans de 'Ayn Manāwīr ont nécessairement importé des lingots d'étain et de plomb.

■ 4.4. Les restes végétaux

Le texte qui suit, rédigé en anglais, expose les résultats d'un premier examen, sur place, d'une sélection de restes végétaux collectés pendant les deux dernières campagnes. Les références des échantillons sont données de la manière suivante : « n° provisoire-unité stratigraphique/lieu-n° inventaire Ifao ». Une de ces indications manquantes est remplacée s'il y a lieu, par « * ».

4.4.1. Samples collected during 1996 season (27th dynasty)

Plant	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Wood fragments					+++					
Charcoal							+			+
<i>Mimusops laurifolia</i>				2	20	5	1	1		
<i>Phœnix dactylifera</i>					9		23	5	37	17
<i>Hordeum vulgare</i>		42								
<i>Phragmites</i>					1					
<i>Cenchrus sp.</i>										
<i>Balanites aegyptiaca</i>	1		2							
<i>Olea europea</i>					11					

Plant	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23
Charcoal									++	++	+++	+++	+++
<i>Mimusops laurifolia</i>					1						4		4
<i>Phœnix dactylifera</i>			70	138	63	+++	+++	200		1			9
<i>Hordeum vulgare</i>	2	1											
<i>Cenchrus sp.</i>													
<i>Balanites aegyptiaca</i>													
<i>Olea europea</i>													

- | | |
|---|---|
| 1. 1378-MMB2/P-4579
<i>Balanites aegyptiaca</i> 1 non-carbonised stone (fig. 63/i). | 13. *-MMB5/A-4637
<i>Phœnix dactylifera</i> 70 non-carbonised stones. |
| 2. 1163-MMB2-4383
<i>Hordeum vulgare</i> 42 non-carbonised grains (fig. 63/o). | 14. 1261-MMB/F2-4385
<i>Phœnix dactylifera</i> 138 non-carbonised stones. |
| 3. *-MMB8/6-4486
<i>Balanites aegyptiaca</i> 2 non-carbonised stones. | 15. 1065-MMA1-4379
<i>Phœnix dactylifera</i> 63 non-carbonised stones
<i>Mimusops laurifolia</i> 1 fruit
charcoal fragments. |
| 4. 1341-MMA157/AH-4367
<i>Mimusops laurifolia</i> 2 carbonised fruits. | 16. 1204-MMA107-4374
<i>Phœnix dactylifera</i> large quantity of non-carbonised stones, jar contents. |
| 5. 1192-MMB2-4382
<i>Phœnix dactylifera</i> 9 partially carbonised stones
<i>Olea europaea</i> 11 non-carbonised leaves (fig. 63/c)
<i>Mimusops laurifolia</i> 20 non-carbonised leaves (fig. 63/b)
<i>Phragmites</i> culm fragment and straw (fig. 63/e, f)
Several wood fragments (fig. 63/p)
2 Charcoal fragments. | 17. 1205-MMA107-4375
<i>Phœnix dactylifera</i> large quantity of non-carbonised stones, jar contents (fig. 63/n). |
| 6. 1350-MMA78/AH-4425
<i>Mimusops laurifolia</i> 5 carbonised fruits (fig. 63/l). | 18. 1242-MMB2/F-4381
<i>Phœnix dactylifera</i> ca. 200 non-carbonised stones. |
| 7. 1112-MMA17/AP-4371
<i>Mimusops laurifolia</i> 1 carbonised fruit
<i>Phœnix dactylifera</i> 23 carbonised stones and 1 fruit
Charcoal fragments. | 19. 1245-MMA154/AL-4370
Large quantity of charcoal from oven. |
| 8. 1340-MMA71/AN-4368
<i>Mimusops laurifolia</i> 1 whole carbonised fruit and fragments
<i>Phœnix dactylifera</i> 5 non-carbonised stones. | 20. 1198-MMA160/AJ-4378
<i>Phœnix dactylifera</i> 1 non-carbonised stone
Large quantity of charcoal. |
| 9. 1230-MMB9/5S-4380
<i>Phœnix dactylifera</i> 37 non-carbonised stones. | 21. 1132-MMA43/AD-4373
<i>Mimusops laurifolia</i> 4 carbonised fruits
Large quantity of charcoal from kitchen? |
| 10. 1127-MMA43/AD-4372
<i>Phœnix dactylifera</i> 17 non-carbonised stones
Charcoal fragments. | 22. *- MMB142/AA-4388
Large quantity of big charcoal fragments from ovens. |
| 11. *-MMB85/AA-4580
Graminae 2 spikes (<i>Cenchrus</i>). | 23. 1321-MMB92/R-4384
Large quantity of charcoal from oven (fig. 63/a)
<i>Phœnix dactylifera</i> 9 carbonised stones
<i>Mimusops laurifolia</i> 4 carbonised fruits
basketry fragments
Large quantity of big charcoal fragments. |
| 12. 1369-MMB70/R-4589
Graminae 1 spike (<i>Cenchrus</i>) (fig. 63/g, h). | |

4.4.2. Samples collected during 1997 season (Roman period)

	S1	S2	S3	S1'
Acacia nilotica	+			
Phœnix dactylifera			+	2
Vitis vinifera				4
Straw			+	
Charcoal		+		+

1. 1592-MME2/*qanât* 2-*

Acacia nilotica pod fragments (fig. 63/d).

2. 1436-MME115-*

Phœnix dactylifera stones

Charcoal fragments.

3. 1593-MME2-*

Grass straw (fig. 63/m).

4. *-MQ5d5-*

Vitis vinifera 4 seeds

Phœnix dactylifera 2 stones

Charcoal fragments.

The results of the botanical analysis provide evidence for the presence and use of several plants in the site during the occupation period. Date palm seems to have been an important plant as food as well as for other purposes, since every part of the palm is used: basketry, mats, wood, etc. A large number of date stones were among which are the contents of 2 jars used for storage of dates. The grasses are represented by cultivated barley: for bread or beer as well as fodder for animals. Two other grasses were identified from the material which are the Phragmites and Cenchrus both of which could have been used for mats and baskets. Olive though rare is found in the form of stones and leaves, grapes by pips, both plants must have been cultivated in the area.

Two particularly interesting plant finds were the Heglig: *Balanites aegyptiaca*, a wild tree growing nowadays in Kharga Oasis (near Baris) in what is considered as the unique population of the plant in the Western Desert. It has been used to extract the balanos oil, its fruits are said to be antidiabetic. Persea: *Mimusops laurifolia* is also an interesting tree which has disappeared from Egypt at present. It was an important and widespread plant during Antiquity. The tree had been introduced from Ethiopia and had a religious importance as a sacred tree, once this significance declined, the plant was neglected and disappeared.

4.4.3. Samples collected from middens (undertermined period)

S1-S4 were collected from a midden like area to the west of the temple around the terminal zone of *qanât* MQ-1. It consists of a series of structures containing concentrations of plant remains embedded in consolidated sediments. This area seems to have been the place where residues of activities involving plants were discarded.

Small samples were collected from four of these concentrations for preliminary analysis. The sediments were dry sieved on 3.0 and 1.6 mm standard metallic sieves.

The results of the analysis of the samples are shown in table :

	S1	S2	S3	S4
Olea europea	14	1	17	35
Phœnix dactylifera flowers	2	xx	xx	xx
Phœnix dactylifera fruits	1	1	1	7
Vitis vinifera	65	55	250	25
Acacia nilotica	13	16	3	xx
Mimusops laurifolia	xx	1	xx	xx
Charcoal	2	20	2	xx

The plant remains identified included mainly olive stones (fig. 63/j), grape pips, Acacia pod fragments (fig. 63/k), few datepalm stones (fig. 63/k) and 1 perseae seed. Little charcoal was recovered. These results have re-enforced the assumption that the sediments are remains of activities related to the plants mentioned above: the remaining residues from olive pressing, manufacture of raisin or date wine, date paste or beer. The Acacia pods could have been used for tanning of leather, Persea for flavouring of various beverages.

These sediments are of special interest and further study of the plant remains as well as the systematic excavation of the structures should be undertaken in order to reveal their age and function.

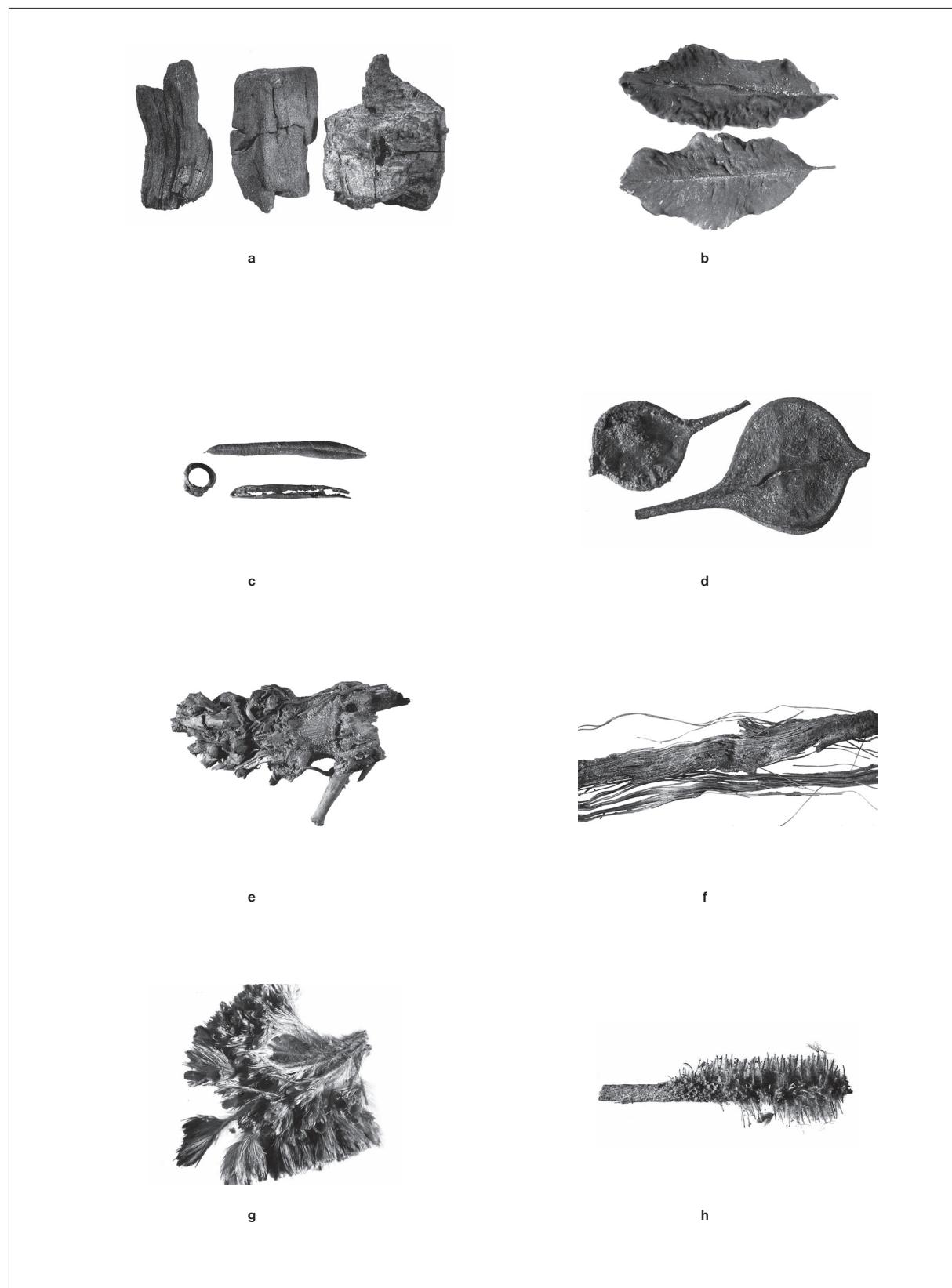


Fig. 63. Restes végétaux étudiés pendant la campagne 1997. Pour la légende de chaque échantillon, voir le texte.

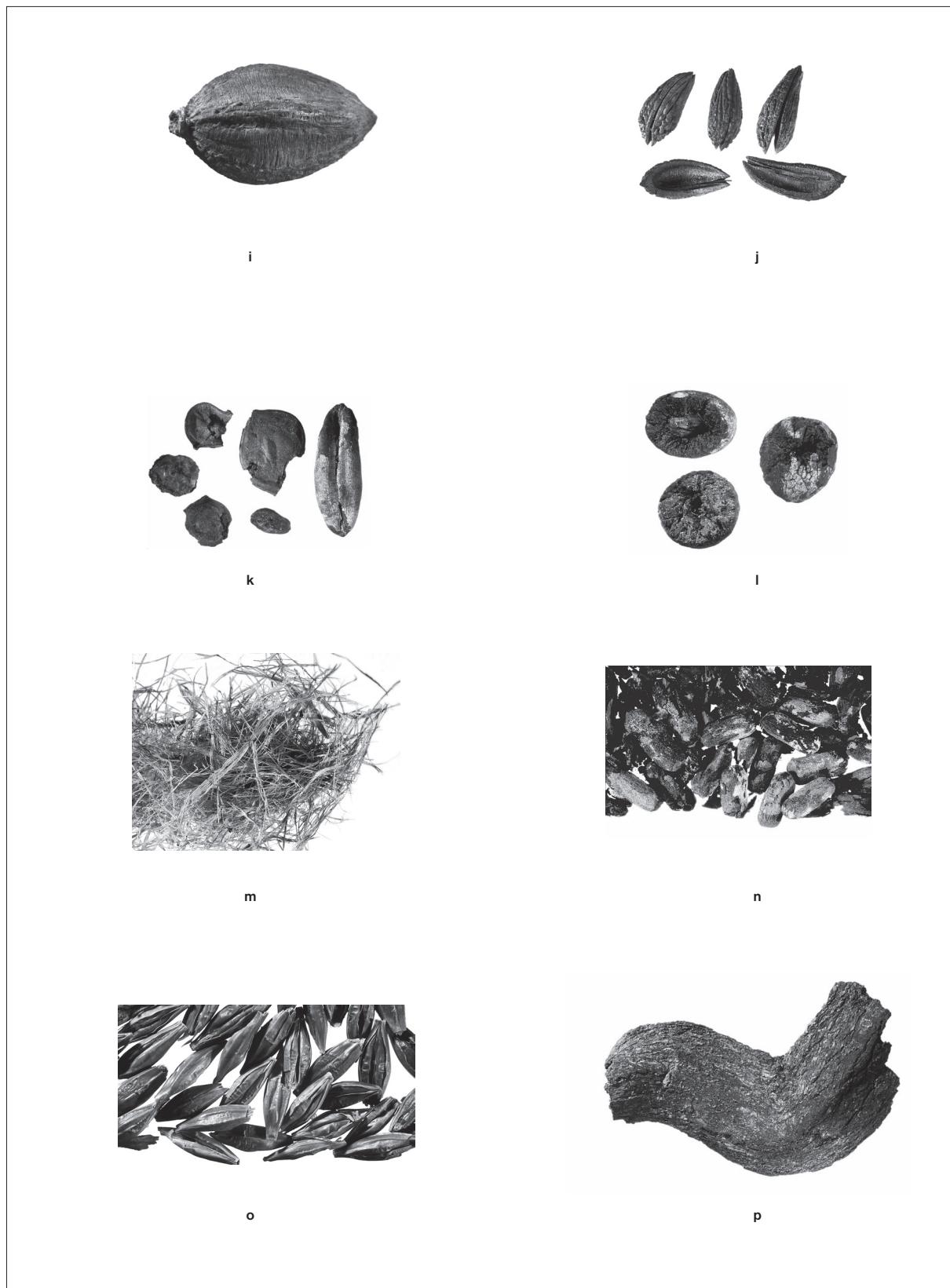


Fig. 63. Suite.

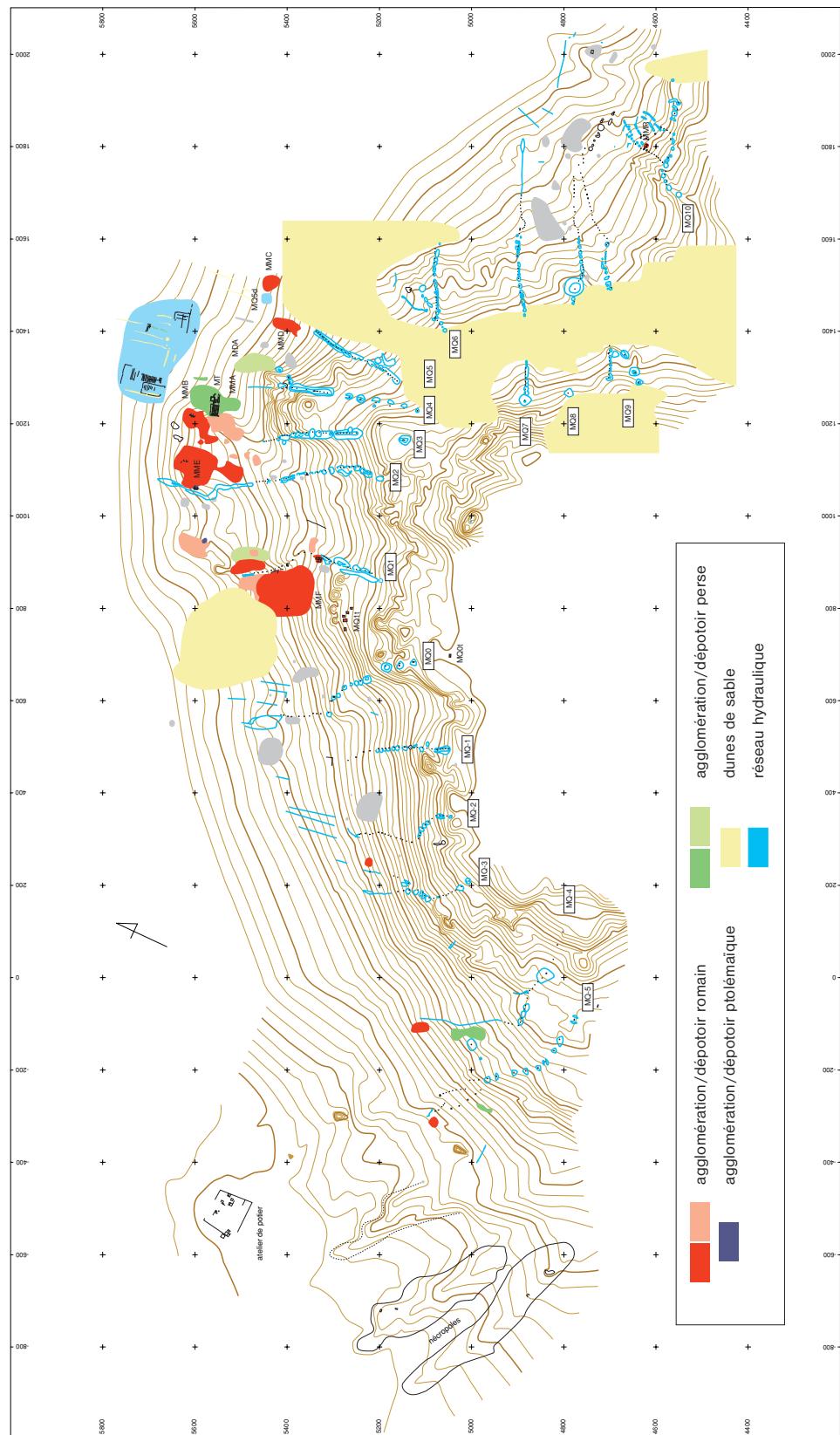


Fig. 64. Plan topographique de ‘Ayn Manāwir.



Fig. 65. Plan du bassin et de ses abords après dégagement (état d'abandon).

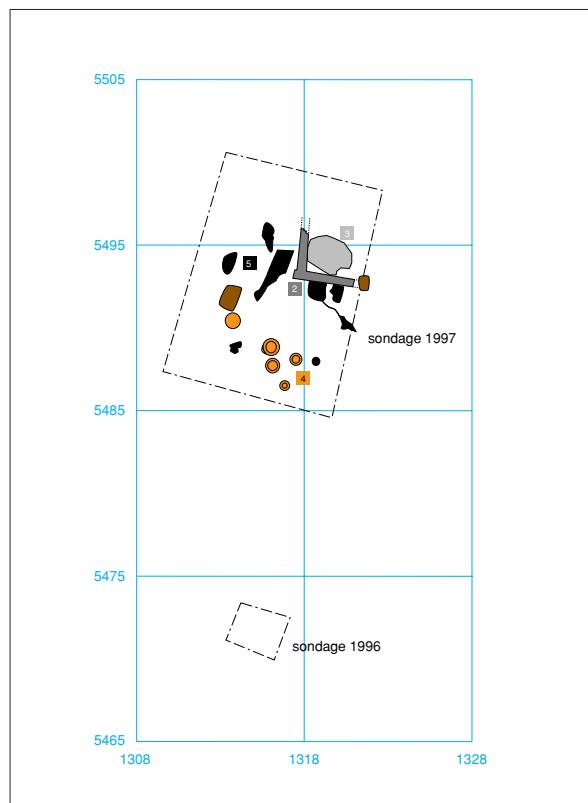


Fig. 66.

Position des sondages et plan des structures mises au jour dans le dépotoir MDA.

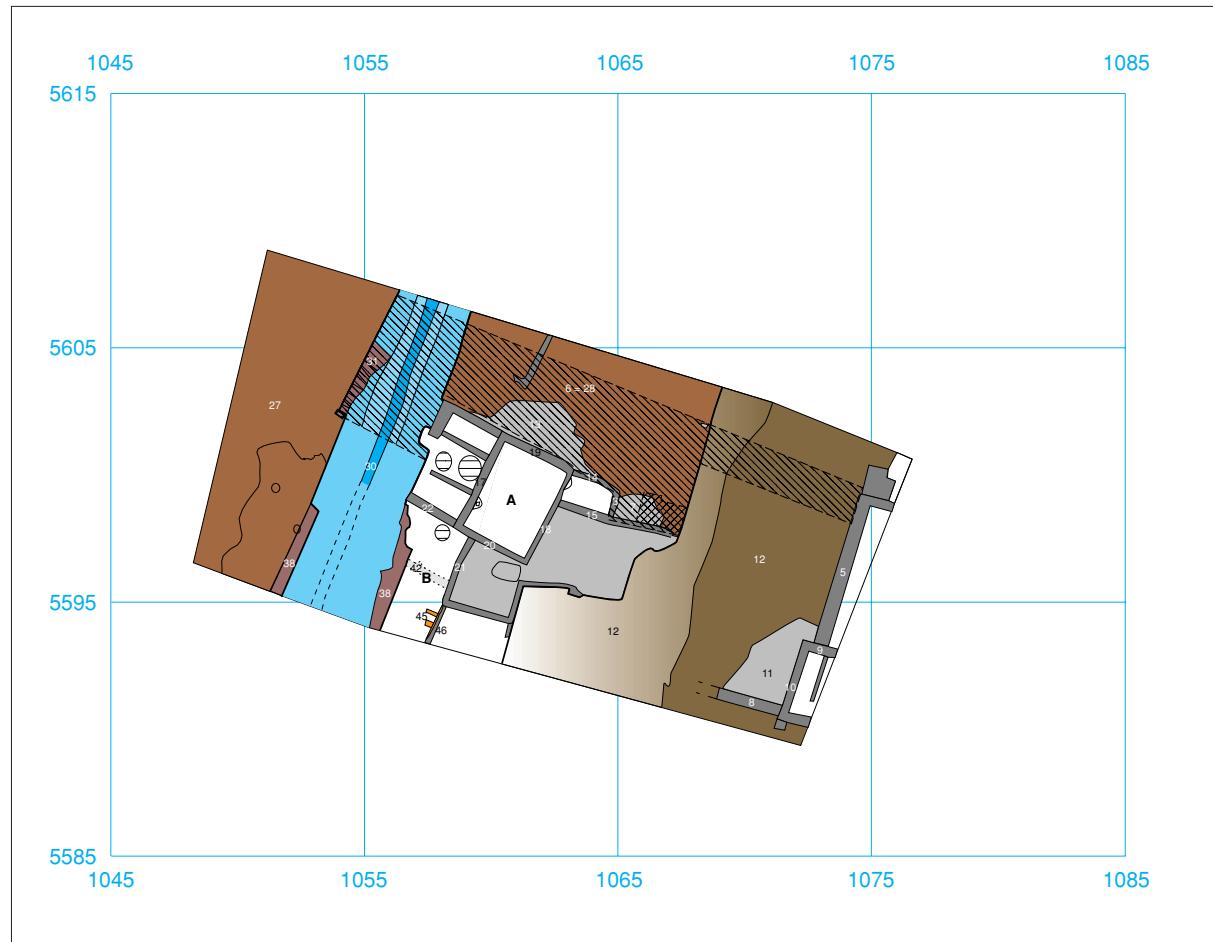


Fig. 67. Plan du sondage en MME, en bordure de la qanât Q2. Les principaux états sont reproduits superposés.

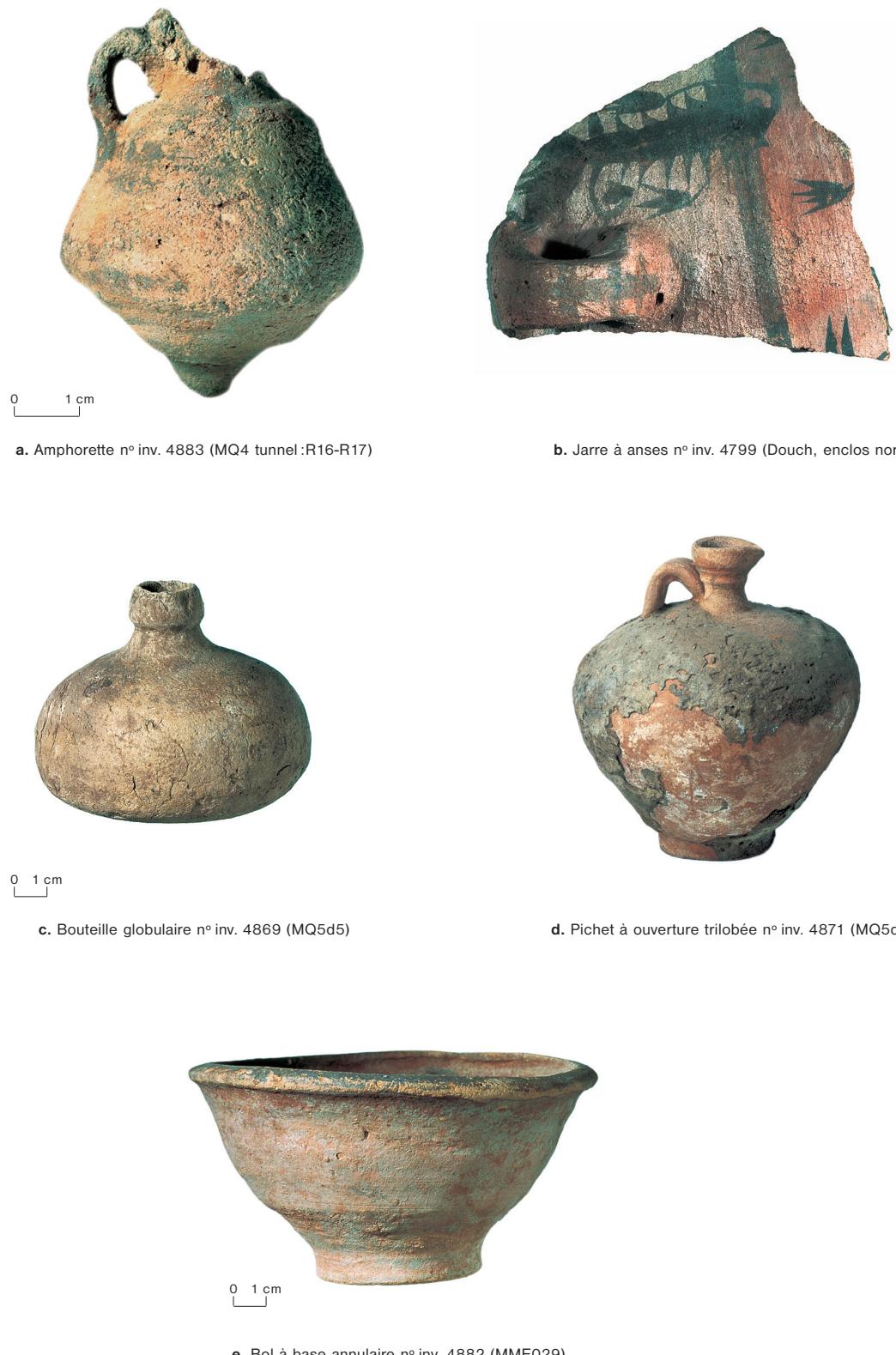


Fig. 68. Matériel céramique ptolémaïque (a, b) et romain (c, d, e).

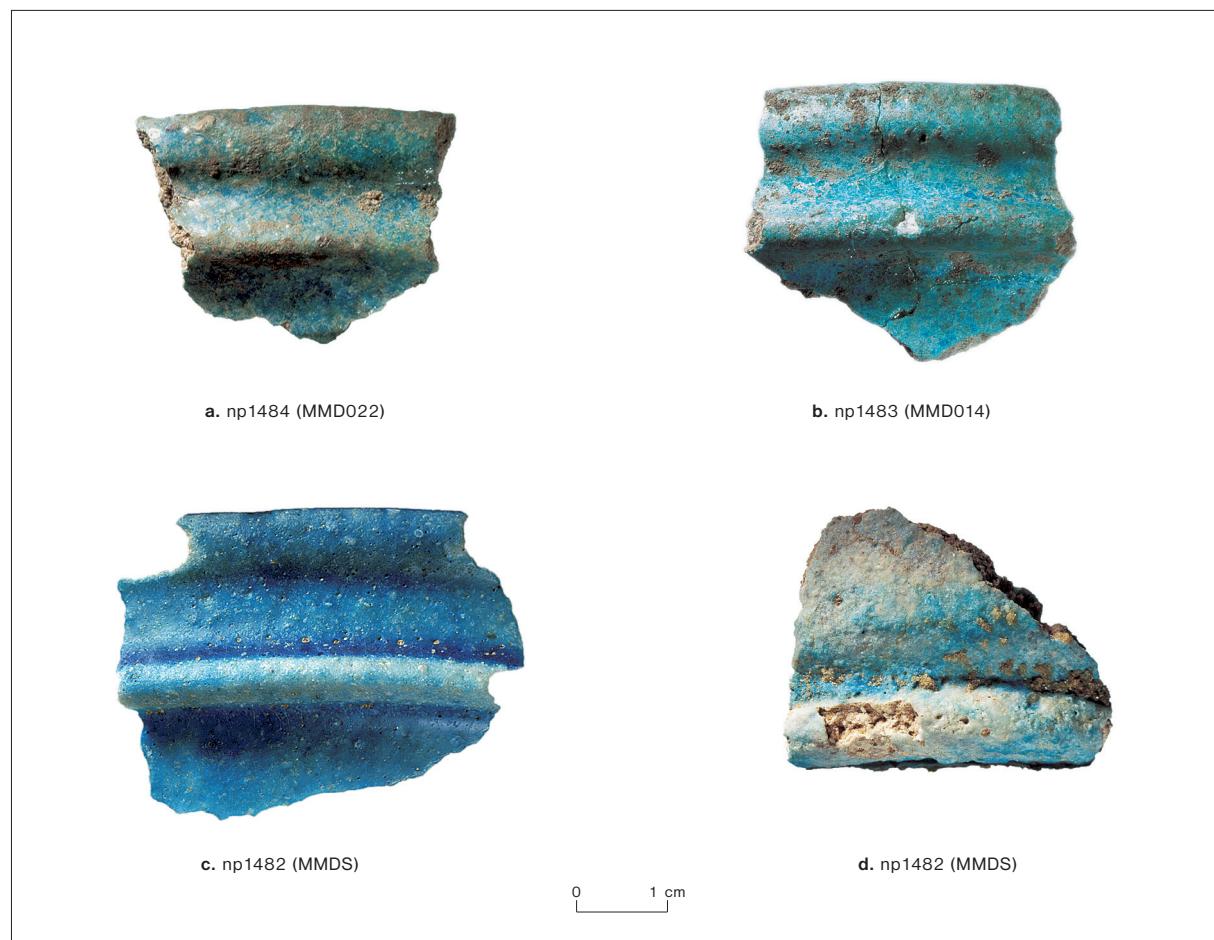


Fig. 69. Bols à double collarète en faïence bleue (MMD).

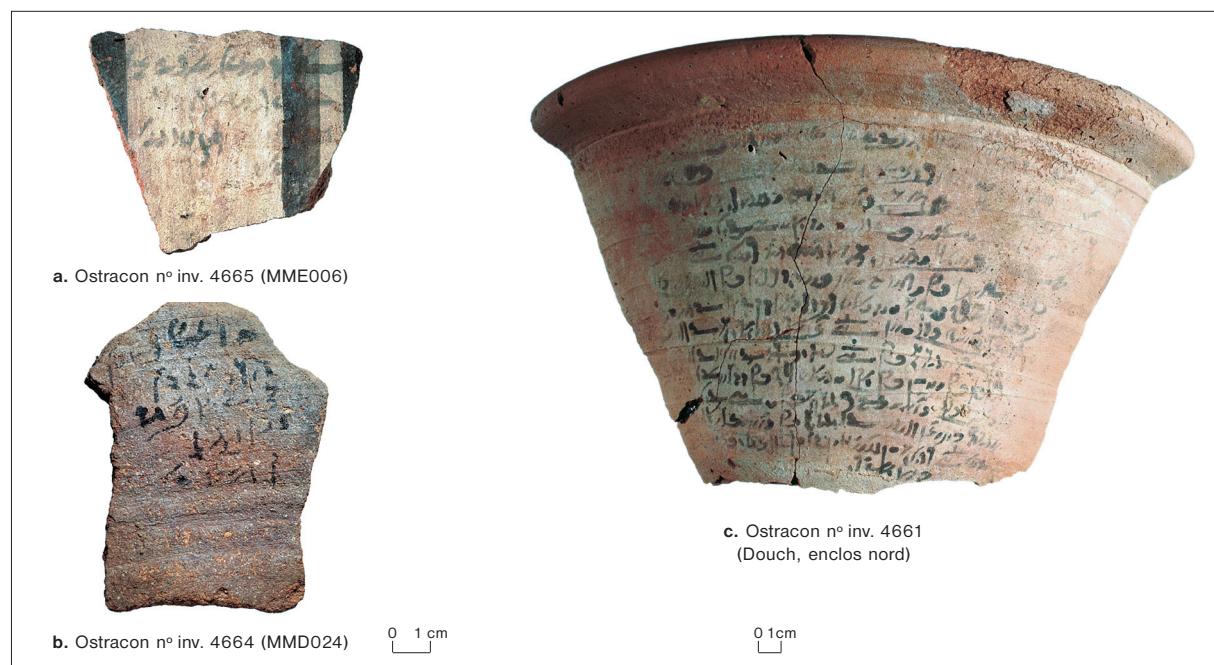


Fig. 70. Ostraca démotiques ptolémaïques (a, c) et romain (b).



Fig. 71. Perles en matériaux divers.

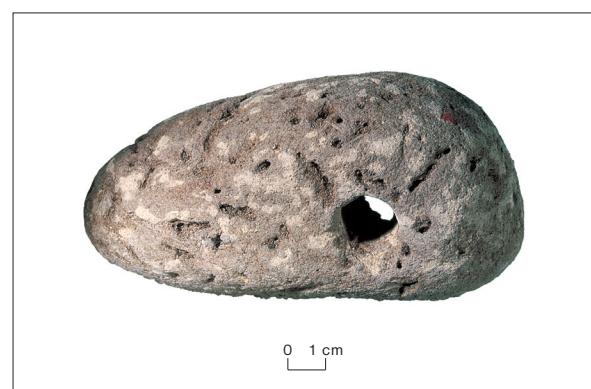


Fig. 72.
« Peson » en terre crue. n° inv. 4719 (MME130).

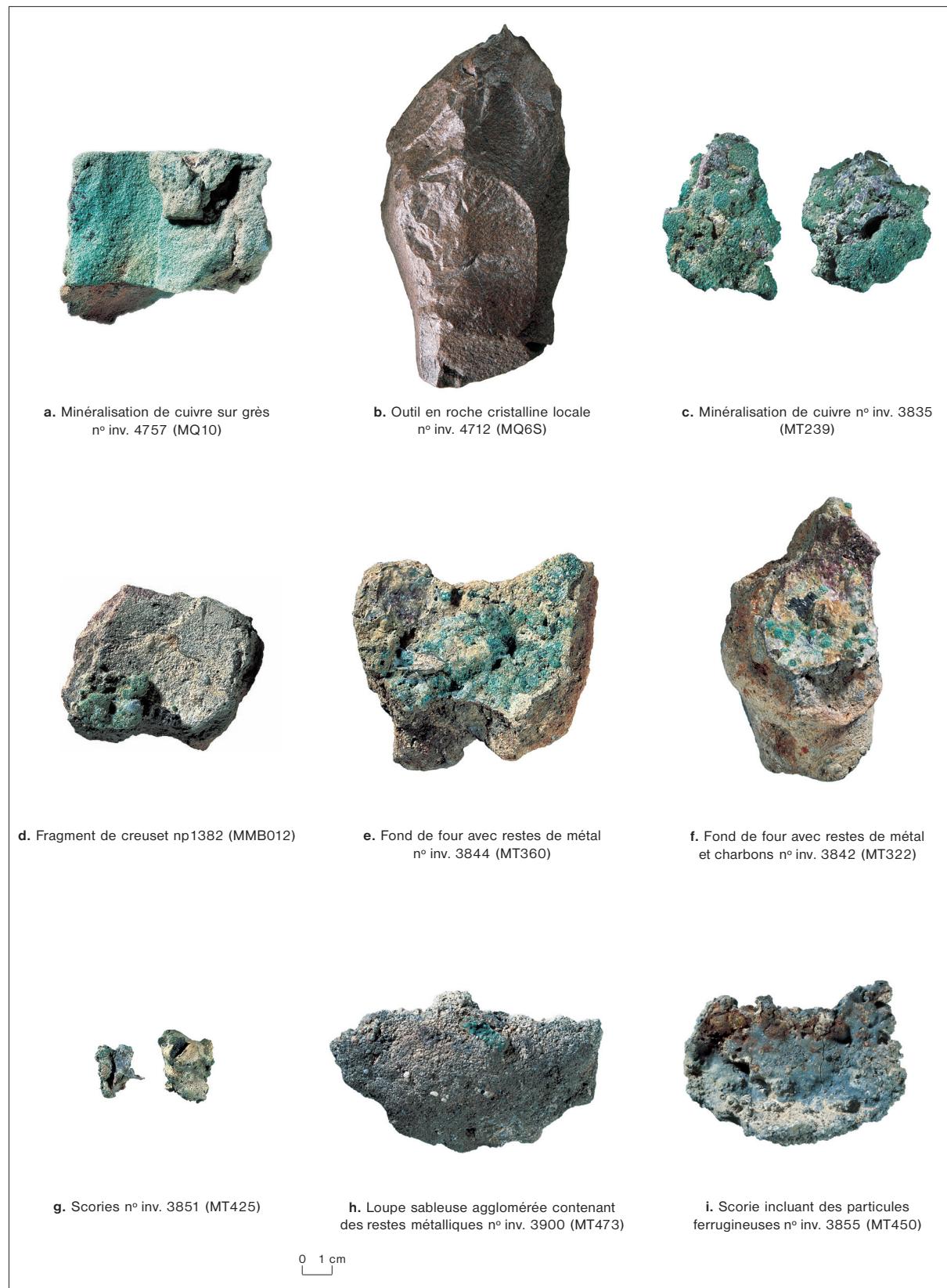


Fig. 73. Éléments liés ou possiblement liés à une activité métallurgique sur le site.

5. Bilan et programme

Au terme de quatre campagnes de fouilles, c'est l'occupation du site de 'Ayn Manāwīr pendant la première domination perse qui est la mieux définie. La documentation démotique nous assure de l'existence au moins partielle du réseau de *qanât* et des cultures qu'elles irriguent pendant cette période. Si le document isolé daté de l'an 43 d'Amasis (= 528 av. J.-C.) ne suffit pas à fournir un *terminus post quem* pour l'occupation du site, la masse des ostraca découverts tant dans le temple, le bâtiment de service qui lui est accolé et les deux agglomérations (MMA et MMB) qui l'entourent nous assurent la continuité du peuplement du milieu du V^e siècle jusque vers la fin de la première décennie du IV^e siècle av. J.-C.

Certaines observations faites à la fin de la dernière campagne, et qui demandent à être confirmées, nous suggèrent l'existence, à cette époque, d'un paysage de cultures en champs ouverts très proches de l'habitat. Vers la fin du fonctionnement du temple des dépôts dunaires commencent à s'accumuler contre l'arrière du temple et y provoquent des désordres importants. Autre acquis récent, la présence d'un habitat daté de la première domination perse sur le flanc ouest de la colline de Manāwīr, entre les tracés des *qanât* MQ-4 et MQ-5, soit à environ 2 km du temple.

La « maison basse » observée dans le sondage MME a livré du matériel céramique attribuable au début de la période ptolémaïque. L'occupation du site à cette période avait déjà été détectée lors de l'examen du matériel abandonné dans le tunnel de la *qanât* MQ4, le puits P2 de la *qanât* MQ4' et le dépotoir accumulé dans un regard effondré de la *qanât* MQ2. Il faut ajouter à ces éléments les ostraca démotiques ptolémaïques découverts de manière fortuite à la surface d'un parcellaire au pied nord est du tell de Douch.

Pendant le Haut-Empire romain le site est habité de manière très dense (agglomérations MMC, MMD, MME, MMF, bassin répartiteur de la *qanât* MQ5, le flanc est de la colline). Les maisons sont parfois implantées sur le sommet de dunes stabilisées par des apports de terre (MME). Les parcellaires, reportés au loin dans la plaine sont maintenant de grands champs clos. Des jardins et des arbres couvrent les ruines du temple et des maisons qui l'entouraient. L'abandon définitif du site semble se situer au début du III^e siècle de notre ère.

Nous espérons, par la poursuite des sondages dans les différentes agglomérations préciser ce canevas chronologique. Y a-t-il eu un premier abandon, temporaire, du site au IV^e siècle av. J.-C., puis un second à la fin de la période ptolémaïque? Ces abandons, s'ils sont confirmés, seraient-ils les conséquences de modifications de l'environnement (envahissements dunaires, modifications des ressources en eau)?

Si l'agriculture n'a cessé d'être l'occupation principale des habitants de 'Ayn Manāwīr, et a été probablement la raison qui a conduit à créer cette implantation ex nihilo, le seul artisanat reconnu pour l'instant est une petite activité métallurgique pendant la première domination perse.

Dans le futur, l'examen des transformations du réseau de *qanât* et le dégagement de quelques parcellaires devraient permettre de mieux cerner leur chronologie relative et l'évolution dans le temps des ressources en eau disponibles et de celles effectivement utilisées pour l'irrigation.

L'étude des restes végétaux, remarquablement bien conservés, devrait préciser la nature des productions agricoles et nous permettre une meilleure restitution du paysage.

À l'exception des quelques tombes romaines situées à mi-pente du flanc nord de la colline, nous ne pouvons pas situer avec certitude les nécropoles où étaient enterrés les habitants de 'Ayn Manāwīr. Quelques explorations préliminaires nous font seulement soupçonner l'éventuelle existence d'une nécropole d'époque perse à l'ouest, dans une zone impropre à la culture en contrebas de la colline. Quant à la grande nécropole romaine située à 2 km au nord du temple, rien ne nous permet, pour l'instant de l'associer à 'Ayn Manāwīr.

On devrait pouvoir maintenant estimer à deux ou trois campagnes le temps nécessaire pour achever l'étude globale du site et décider de la meilleure stratégie pour exploiter les bénéfices de cette première phase. Sera-t-il souhaitable d'élargir territorialement l'étude du peuplement du sud de l'oasis de Kharga à un même niveau de détail, ou, au contraire, se restreindre en étendue et étudier de manière plus approfondie l'occupation de la première domination perse ?

Bibliographie

- ASHRI, 1973 = « The Movement of Sand Dunes at Kharga Oasis », *Egyptian Journal Geology* 17, 1, 1973, p. 37-46.
- BEADNELL, 1910 = « The Sand-Dunes of the Libyan Desert », *Geographical Journal* 35, 1910, p. 379-395.
- BOUSQUET, 1995-1996 = « Permanence et précarité : espace de danger et contraintes éco-géographiques d'ordre technique. Exemple de Tell Douch (Égypte) », *Cahiers Nantais*, n° 44-45, 1995-1996, p. 215-252.
- BOUSQUET, 1996 = *Tell Douch et sa région. Géographie d'une limite de milieu à une frontière d'Empire*, DFIAO 31, 1996.
- BOUSQUET, (à paraître) = « Les paysages irrigués des oasis égyptiennes de l'Antiquité », in : *Actes du Colloque Journée d'études sur l'Afrique antique*, 18 mai 1996, Nantes, à paraître.
- BRIANT, 1997 = « Bulletin d'histoire achéménide I », *Topoi Orient-Occident*, Supplément 1, 1997, p. 6-127.
- COLLET, 1926 = « L'oasis de Kharga dans le désert Libyen », *AnGeo*, 1926, p. 528-535.
- DEFERNEZ, 1997 = *La céramique d'époque perse à Tell el-Herr. Étude chrono-typologique et comparative*, Thèse de doctorat, Lille-3, 1997.
- EMBABI, 1982 = « Barchans of the Kharga Depression », in : F. el Baz et T.A. Maxwell (éds), *Desert landforms of southwest Egypt*, NASA CR 3611, Ch.11, 1982, p. 141-155.
- FINKEL, 1961 = « The Movement of Barchan Dunes Measured by Aerial Photogrammetry », *Photogrammetric Engineering*, Vol. XXVII, 1961, p. 439-444.
- GRIMAL, 1997 = « Travaux de l'Institut français d'archéologie orientale en 1996-1997 », BIFAO 97, 1997, p. 339-356.
- HARDING KING, 1918 = « Study of a Dune Belt », *Geographical Journal* 51, 1918, p. 16-33.
- HAYNES, 1982 = « The Darb El-Arbai'n Desert: a Product of Quaternary Climatic Change », 1982, in : F. el Baz et T.A. Maxwell (éds), *Desert landforms of southwest Egypt*, NASA CR 3611, Ch.9, 1982, p. 91-117.
- LE NÉEL, 1995 = *La cinématique des dunes dans la région de Tell Douch, désert libyen - Égypte. Étude à partir de deux images SPOT*, Mémoire de Maîtrise, inédit, Nantes, IGARUN-IMAR, 1995.
- LE NÉEL, 1996 = *Cartographie du site de 'Ayn Manāwīr à partir d'une couverture aérienne prise par cerf-volant*, Mémoire de DEA, inédit, IGARUN-IMAR, Université de Nantes, 1996.
- LEROUX, 1996 = *La dynamique du temps et du climat*, Paris, 1996.
- MAINGUET, 1992 = « Système expert pour l'évaluation de la dynamique éolienne et la protection contre les effets traumatisants du vent », *Rev. Geom. Dyn.* XLI, n° 4, 1992, p. 113-136.
- MAXWELL, STRAIN, 1987 = « Discrimination of Sand Transport Rates and Environmental Consequences in Central Egypt from SPOT Data », in : *SPOT 1, Utilisation des images, bilan, résultats*, Colloque Paris, CNES, 1987, p. 209-214.
- MEISSNER, WYCISK, 1993 = (éds), *Geopotential and Ecology - Analysis of a Desert Region*, Cremlingen-Desteldt : Catena Verl., Catena supplément 26, 1993.
- ROBIN, 1995 = *La Télédétection*, Paris, 1995, p. 148-153, 1995.
- ROBIN, BOUSQUET, 1994 = « Étude statistique de la cinématique des dunes de la dépression de Khargé d'après deux images Spot », in : Colloque en l'honneur du professeur R. Coque, *Les milieux arides et semi-arides, héritages et dynamiques actuelles*, 1994, p. 689-739.
- ROGNON, 1989 = *Biographie d'un désert*, Paris, 1989.
- SAÏD (R.), (éd.) = *The Geology of Egypt*, A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield, 1990.
- WENDORF, SCHILD, 1980 = *Prehistory of the Eastern Sahara*, Studies in Archaeology, New York, 1980.
- WUTTMANN et al., 1996 = « Premier rapport préliminaire des travaux sur le site de 'Ayn Manāwīr (oasis de Kharga) », BIFAO 96, 1996, p. 385-451.