

**Un système d'irrigation par gravité  
depuis les nappes souterraines  
dans la péninsule d'Oman  
au III<sup>e</sup> millénaire avant notre ère**

***An irrigation system using gravity  
to carry water from the underground water table  
in the Oman Peninsula  
during the III<sup>rd</sup> Millennium BC***

**Serge CLEUZIQU**

CNRS, UMR 7041 ArScAn, Maison de l'archéologie et de l'ethnologie  
21, allée de l'Université, 92023 Nanterre cedex (France)  
cleuziou@mae.u-paris10.fr.

**Résumé**

Les débuts de l'agriculture irriguée dans la péninsule d'Oman se situent aux environs de 3000 av. J.-C. Il existe plusieurs systèmes d'irrigation en Arabie : dérivation des eaux de crue au Yémen, sources artésiennes à Bahreïn, galeries drainantes (*falaj*) en Oman, ce terme désignant tout transport de l'eau par gravité, qu'il soit en tunnel ou de surface. Il semble maintenant acquis que ces systèmes étaient en place dès le III<sup>e</sup> millénaire. En Oman, contrairement à la tradition historique qui situe l'établissement des plus anciens réseaux de *falaj* aux environs de 1000 av. J.-C., les fouilles de Hili dans l'oasis d'al-Aïn ont permis de mettre en évidence la présence d'un système d'irrigation par gravité vers 2700-2400 av. J.-C. et de documenter son évolution par rapport à celle de la nappe phréatique. En l'absence de tout cours d'eau permanent, il devait déjà utiliser l'eau des nappes souterraines du piémont des montagnes voisines. Seules des fouilles ciblées permettraient d'aller plus loin et de dire s'il s'agit d'un véritable système d'écoulement en tunnel ou d'une tranchée couverte, les deux systèmes existant toujours à l'heure actuelle. Étant donné les nombreux transferts de technologie depuis l'Iran oriental, documentés par l'archéologie en Oman aux alentours de 3000 av. J.-C., il est tout à fait possible que son origine soit à rechercher dans le monde iranien où l'agriculture est plus ancienne de quelques millénaires, mais où ces questions n'ont jamais fait l'objet d'aucune recherche sérieuse.

**Abstract**

Irrigation began around 3000 BC in the Oman Peninsula. At least three different irrigation systems are used in Arabia: derivation of rainwaters in the lowlands of Yemen, artesian wells at Bahrain and draining galleries (*falaj*) in Oman, *falaj* meaning any type of transport of water using gravity, tunnels or surface canals. All these techniques appear to have been already in use during the third millennium BC. In Oman, and contrary to the historical tradition that suggests the construction of the earliest *falaj* around 1000 BC,

excavations at Hili in the al-Ain oasis allowed to establish the presence of an irrigation system using gravity between 2700 and 2400 BC, and to document its evolution in relation with of the underground water table. In the absence of any permanent watercourse, water was probably tapped from the underground water table at the piedmont of the mountains. Only especially dedicated excavation would allow to go further and to verify if there was already a tunnel or of a cut and covered trench. Both systems are still in use nowadays in the region. Considering the many technological transfers from south eastern Iran into Oman around 3000 BC, it is very likely that the origins are to be searched in the Iranian world, where agriculture was already present since at least three thousand years, but where these questions have never been addressed.

\* \* \*

L'irrigation est une évidente nécessité de toute agriculture en Arabie, et la découverte récente de civilisations pratiquant l'agriculture dès l'âge du bronze, à partir de 3000 av. J.-C., pose la question des techniques utilisées à cette époque. Les études paléoclimatiques montrent, en effet, que les conditions arides actuelles prévalaient déjà sur le territoire des pays de *Dilmoun* (la côte et les îles du Koweït au Qatar) et le pays de *Magan* (la péninsule d'Oman)<sup>1</sup>, de même qu'au Yémen, sur ce qui deviendra le territoire de la civilisation sud-arabique et du royaume de *Saba*.

Il est intéressant de constater que, dans chacune de ces régions, l'agriculture traditionnelle dépendait encore il y a peu de systèmes d'irrigation distincts et bien particuliers. À *Dilmoun*, la dérivation des flux de sources artésiennes issues de la nappe d'Umm ar-Radumah assurait une partie des nécessités en eau des oasis de l'intérieur comme al-Hasa (Vidal, 1954, pp. 419-421) ou de la partie nord de l'île de Bahreïn. En Oman, fonctionne encore le système du *falaj*, par lequel sont désignés divers modes de transport et d'acquisition de l'eau, souterrains ou en surface, à partir de sources ou plus fréquemment par captage des nappes de sous-écoulement des oueds. Le système du *sawaqi*, dont les murets, canaux, barrages et citernes canalisent et stockent l'eau utilisée pour l'agriculture en terrasse, est encore en usage dans les hautes terres du Yémen, tandis que, dans les basses terres, l'écoulement violent des oueds dévalant les montagnes, le *sayl*, est détourné et canalisé vers les jardins. Les recherches archéologiques ont montré l'existence de ces modes d'acquisition de l'eau et d'irrigation dans chacune de ces régions dès le troisième millénaire avant notre ère, qu'il s'agisse du Hasa (Larsen, 1983a, pp. 144-146) et de Bahrain (Larsen, 1983b, pp. 16-17) dans l'ancien pays de *Dilmoun* ou des hautes terres (Wilkinson, 1998, pp. 297-298) et des piémonts (Brunner, 1997) au Yémen. Nous voudrions ici apporter quelques éléments à l'appui de la possible exploitation, dès la même époque, des nappes de sous écoulement des piémonts des montagnes d'Oman au moyen de galeries drainantes, sur le territoire de l'antique pays de *Magan*.

---

<sup>1</sup> Ainsi nommés d'après les textes cunéiformes mésopotamiens de la seconde moitié du III<sup>e</sup> millénaire.

Les grandes oasis omanaises sont situées au débouché des principaux oueds issus des montagnes et le long de leurs cours, lorsque ceux-ci s'encaissent dans les playas de la zone désertique. Là, en effet, se rencontrent à la fois des ressources en eau suffisantes et des zones pouvant être mises en culture, ce qui permet le développement de palmeraies dont l'irrigation est entièrement assurée par un système de galeries drainantes souterraines, connues localement sous le nom de *falaj* (plur. *aflâj*)<sup>2</sup>. Le livre de John Wilkinson (1977) donne de ce système et de son fonctionnement technique et social une description très complète. Les fouilles conduites de 1976 à 1984 par l'auteur de cet article à Hili, sur le territoire de l'oasis d'al-Aïn/Buraïmi aux Émirats arabes unis, ont montré que le mode agricole caractéristique de ces oasis remontait aux environs de 3000 av. J.-C., avec déjà l'exploitation du palmier dattier, de légumineuses, de plantes fourragères et de céréales (Cleuziou, 1989 ; Cleuziou et Costantini, 1980). Ceci pose, bien entendu, la question du mode d'irrigation utilisé, sachant que prévalaient certainement déjà les conditions hyper-arides actuelles, où les piémonts ne reçoivent en moyenne que 80 mm de précipitations annuelles. Seules les montagnes qui s'échelonnent entre 2 000 et 3 000 m en reçoivent davantage, de l'ordre de 200 à 300 mm au maximum.

Peu d'auteurs sont enclins à faire remonter à cette date le système des galeries drainantes souterraines dont l'origine est réputée se trouver en Iran dans la seconde moitié du second millénaire av. J.-C. (Goblot, 1979), voire plus tard. Pour John Wilkinson, le système aurait été introduit depuis l'Iran au début du premier millénaire av. J.-C. Ceci a l'avantage de coïncider avec la date du développement des nombreux sites de l'âge du fer, dont il est certain qu'une partie au moins était alimentée en eau par un *falaj*, et même avec la tradition omanaise qui en rapporte la construction à l'époque pré-islamique, alors que le pays était sous domination perse, voire l'attribue à *Sulayman bin Dawûd* (le Roi Salomon)<sup>3</sup>. On en trouvera une description complète dans Mouton et al-Tikriti (2001, article *falaj* ; cf. aussi Boucharlat, 2001). À leur liste qui comprend Hili, al-Madam, Bida Bint Saud, Muweilah et Maysar, il faut ajouter a'Raddah près de Nizwa, dont l'utilisation la plus ancienne est datée du IX<sup>e</sup> siècle av. J.-C. par le <sup>14</sup>C (Clark, 1987, p. 173). Quant aux périodes antérieures, on en est réduit aux conjectures : la plupart des sites du III<sup>e</sup> millénaire ont livré des puits (voir plus loin), mais ceux-ci avaient une fonction plus domestique qu'agricole. L'une des idées les plus fréquemment admises est la possibilité d'un système de *gabarbands*, ces barrages bas qui retiennent en amont sédiment et humidité et sont, de nos jours, utilisés au Baluchistan, où ils sont attestés dès le III<sup>e</sup> millénaire (Raikes, 1965), et dont on pense pouvoir faire remonter les premières attestations au V<sup>e</sup> millénaire (Prickett, 1979). Un système de ce type, attribué à l'âge du bronze, aurait été reconnu à Maysar dans le Wâdî Samad (Weisgerber, 1980, fig. 31), un

---

<sup>2</sup> Par commodité, nous utiliserons le seul terme *falaj* pour le singulier comme pour le pluriel.

<sup>3</sup> Ce qui n'est pas contradictoire, le Salomon de la tradition arabe étant aussi le fondateur de Persépolis. La tradition précise même qu'il aurait fait creuser par les esprits qui le servaient 10 000 *falaj* en dix jours, l'occasion d'arrêts dans son trajet quotidien entre Persépolis et Jérusalem (Wilkinson, 1983, p. 187).

autre à Bat (Frifelt, 1985, p. 99), sans qu'il ait, à notre connaissance, été procédé à de plus amples vérifications sur le terrain. Cette hypothèse, destinée à compenser l'absence supposée du *falaj*, est en fait liée à l'acceptation sans discussion de la validité de « données » historiques et archéologiques qu'il conviendrait de discuter plus avant et sur lesquels nous reviendrons à l'issue de cette présentation.

## 1. Les données de l'archéologie : les sites<sup>4</sup>

On possède des indices d'occupation de l'âge du bronze sur le territoire de pratiquement toutes les oasis actuelles dans les piémonts ouest et sud de la cordillère omanaise, depuis la région de Shimal où les montagnes rejoignent la côte du Golfe, dans l'Émirat de Ra's al Khaimah jusque dans le cours du Wādī al-Batha qui draine vers l'océan Indien la majeure partie des écoulements issus de la partie orientale du massif (Figure 1).

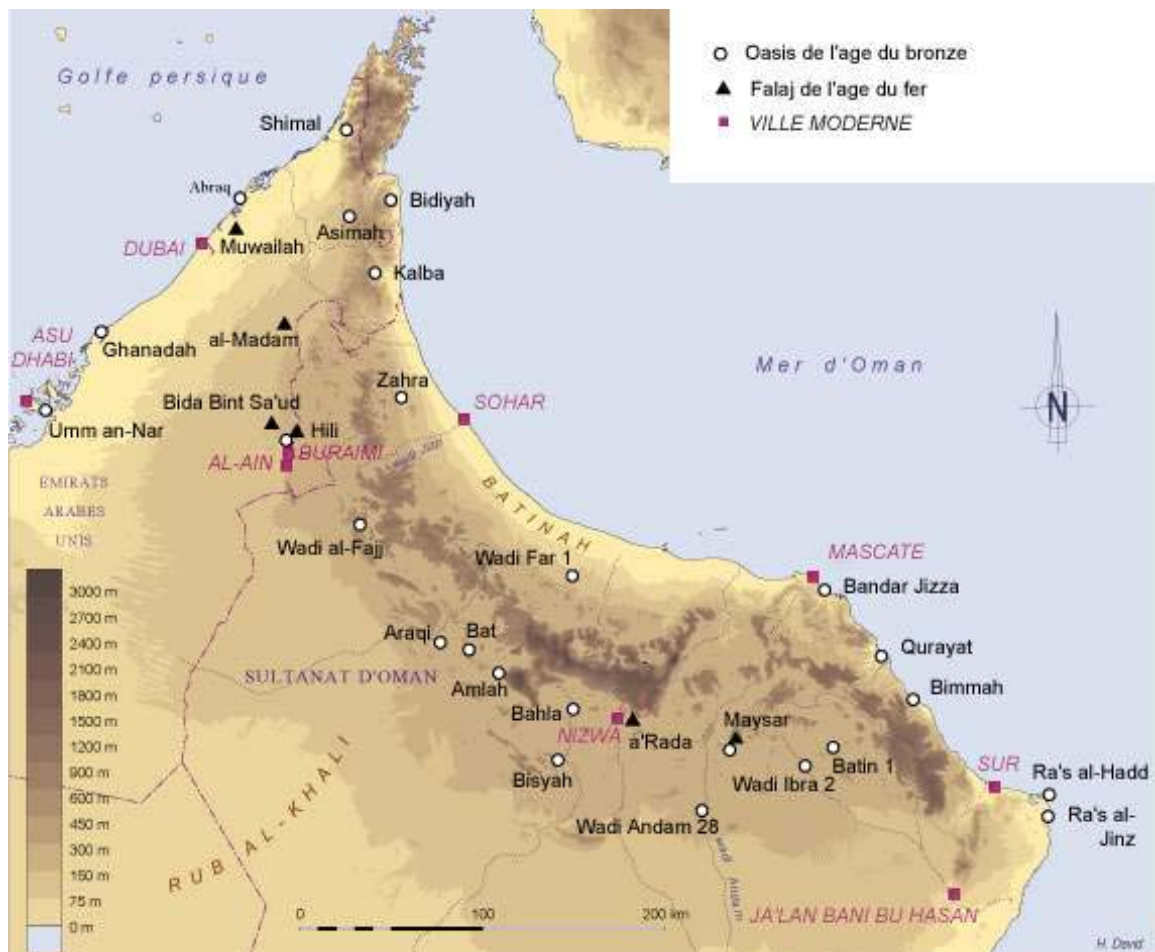


Figure 1 : La péninsule d'Oman.

Carte des sites de l'âge du bronze et des *falaj* reconnus de l'âge du fer (H. David).

<sup>4</sup> Les documents graphiques ont été réalisés par Hélène David.

Seuls quatre sites ont fait l'objet de fouilles archéologiques, aux marges d'une des plus importantes de ces oasis, Hili dans l'oasis d'al Aïn, ou sur le terroir d'établissements plus petits (Bat, Bisya, Maysar). D'un point de vue topographique, Bat et Maysar sont encore dominés par des collines dans la partie moyenne du cours d'un oued, al-Aïn est au débouché de plusieurs oueds vers le désert, ce qui caractérise la plupart des grandes oasis, tandis que Bisya se situe à quelque distance des montagnes, alors que les écoulements creusent leur lit dans les graviers des playas. Tous ces lieux utilisaient encore, il y a peu, des *falaj* comme unique système d'irrigation, ce qui fournit un point d'ancrage non négligeable pour notre réflexion : à quelques variations près, qui peuvent être retrouvées et analysées, les oasis de l'âge du bronze se trouvaient dans une situation où le système pouvait déjà être mis en œuvre, si du moins on le connaissait. On a même d'excellentes raisons de penser que l'habitat et les jardins modernes, liés aux mêmes conditions physiques, ont souvent détruit une partie importante des vestiges anciens.

Les quatre programmes de fouille ont été d'une ampleur variable, et leurs résultats ne sont pas toujours aisément comparables. Nous avons des éléments suffisants pour affirmer que ces quatre sites, comme sans doute beaucoup d'autres, furent occupés dès 3000 av. J.-C., mais la seule séquence couvrant l'ensemble du troisième millénaire est celle établie par notre équipe à Hili, et c'est elle qui nous servira de référence. Comme Bat et Bisya, l'oasis de Hili était structurée autour de plusieurs tours en briques crues, séparées de 100 à 300 m les unes des autres, sur une surface d'environ quinze hectares (Figure 2). Trois ont été fouillées dont Hili 1 (Frifelt, 1975, p. 369, et fig. 3), Hili 8 (Cleuziou, 1989), et Hili 10 (inédit)<sup>5</sup>. Bat pourrait en avoir compté six, tout comme Bisya. Ces monuments pouvaient être construits en briques crues (Hili) ou en très grandes pierres (Bat, Bisya, Khashbah), parfois une combinaison des deux (Bat, Maysar, al-Abraq). Le plan pouvait être carré à angles arrondis (période la plus ancienne de Hili 8, Kalba), rectangulaire (Khashbah) ou plus généralement circulaire. L'élévation originale est estimée à une dizaine de mètres, voire davantage<sup>6</sup>, la base étant pleine sur plusieurs mètres de hauteur, tandis que, dans la partie haute, des pièces semblent s'être réparties, sur un étage ou davantage, autour d'un espace central où s'ouvrait un puits assurant un ravitaillement en eau autonome. Ceci nous incite à attribuer à la superstructure un rôle d'habitation (temporaire ou permanente) plutôt que de stockage. Les monuments les plus importants pouvaient avoir de 35 (Hili 10) à 40 m (al-Abraq) de diamètre. On a montré à Bat et Maysar que des maisons plus petites, associant des pièces rectangulaires et une cour, se groupaient à leur voisinage, ce qui conduit à les interpréter comme des fortifications ou les résidences fortifiées de potentats locaux.

---

<sup>5</sup> Ce monument a été fouillé vers 1990 par le Département des antiquités de l'Émirat d'Abou Dhabi.

<sup>6</sup> Ces estimations sont, entre autres, fondées sur la tour 1145, fouillée à Bat par la mission danoise. Construite en pierres, elle était encore préservée sur sept mètres de haut, constituant, sur toute cette hauteur, une base pleine.

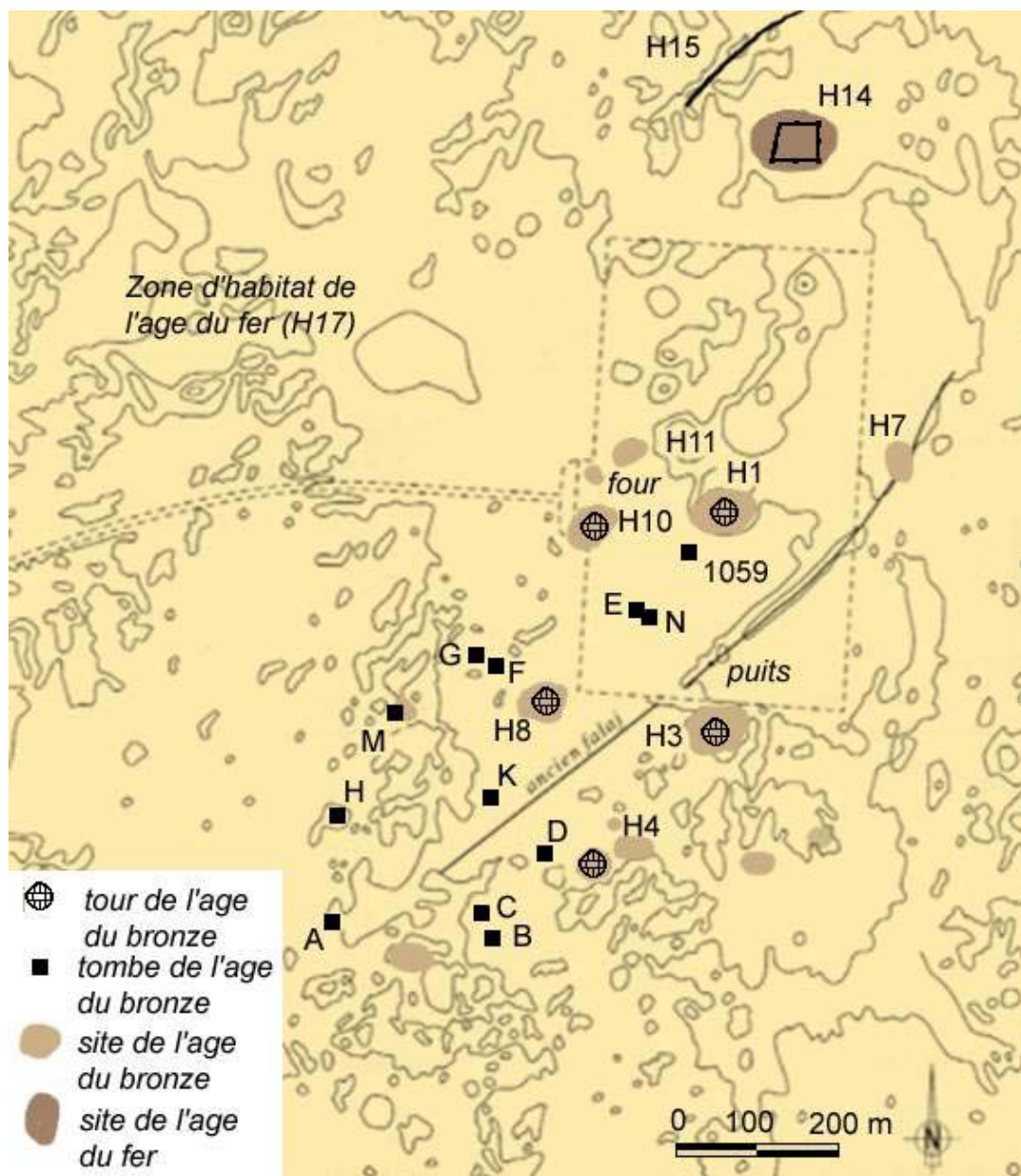


Figure 2 : Plan général du site de Hili.

La fouille de Hili 8 (Figure 3) a révélé la présence de trois monuments successifs, deux tours circulaires de 22 (bâtiment IV), puis 25 m de diamètre (bâtiment I), succédant à la tour originelle, carrée à angles arrondis, de 16 m de côté (bâtiment III), et permis d'en documenter l'évolution culturelle sur plus d'un millénaire.

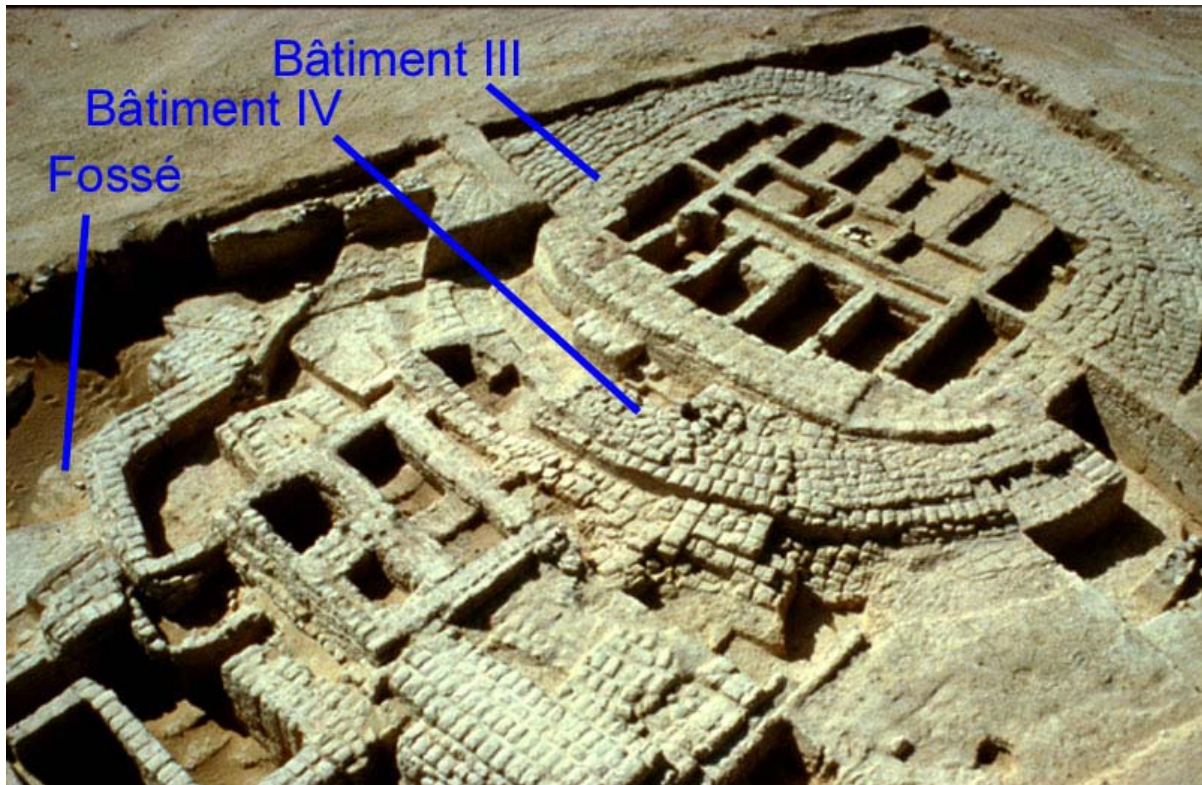


Figure 3 : Vue générale des fouilles de Hili 8 en 1981.  
Le bâtiment IV qui recouvre la tranchée T1 n'a pas encore été enlevé.

C'est là que, dès la période I (3100-2800 av. J.-C. env.)<sup>7</sup> apparaît pleinement constituée la nouvelle économie agricole. L'essentiel des données provient de contextes de rejet datés de la phase Ib (vers 3000-2900 av. J.-C.) comblant la partie haute de la tranchée T1 (ci-dessous et figure 4 n° 9, sous le mur 80), le long du mur ouest de la tour (Figure 5). Un tamisage à sec du sédiment a permis de recueillir les graines brûlées de trois variétés d'orge (*Hordeum distichum*, *Hordeum vulgare*, *Hordeum vulgare* var. *nudum*), deux variétés de blé (*Triticum dicoccum*, *Triticum* cf. *aestivum*) et du sorgho (*Sorghum bicolor* ssp. *bicolor durra*), ces identifications étant complétées par des empreintes dans les briques crues (Cleuziou et Costantini, 1980). La présence de légumineuses (pois) est également attestée. Plus de soixante-dix noyaux de dattes (*Phoenix dactylifera*) ont été retrouvés dans le même contexte, ainsi qu'une centaine de noyaux de Jujube (*Zizyphus* sp.). L'étude préliminaire de plusieurs centaines d'ossements par Hans-Peter Uerpmann révèle, quant à elle, une prédominance massive de la faune domestique, qui forme plus de 95 % de

<sup>7</sup> Nous disposons, pour le niveau le plus ancien de deux dates <sup>14</sup>C sur deux échantillons provenant de deux foyers différents qui ont tous deux été mesurés à 4400±100 BP (Mc 2266 et 2267), soit une date moyenne calibrée de 3260 (3021) 2915 BC. Toutes les dates calibrées sont ici calculées à 1σ, avec le programme CALIB 4.3. Cette date absolue est confirmée par la présence d'un vase mésopotamien importé attribuable à la période Jemdet Nasr, généralement datée de 3200-3000 BC dans la chronologie mésopotamienne traditionnelle.

l'assemblage. Les bovins constituent l'essentiel de l'échantillon (plus de la moitié), suivis par les ovi-caprinés. L'âne (*Equus asinus*), probablement déjà domestique, et le chameau, probablement encore sauvage, sont représentés par quelques os. L'économie du site reposait donc complètement, dès cette époque, sur la domestication des plantes et des animaux.

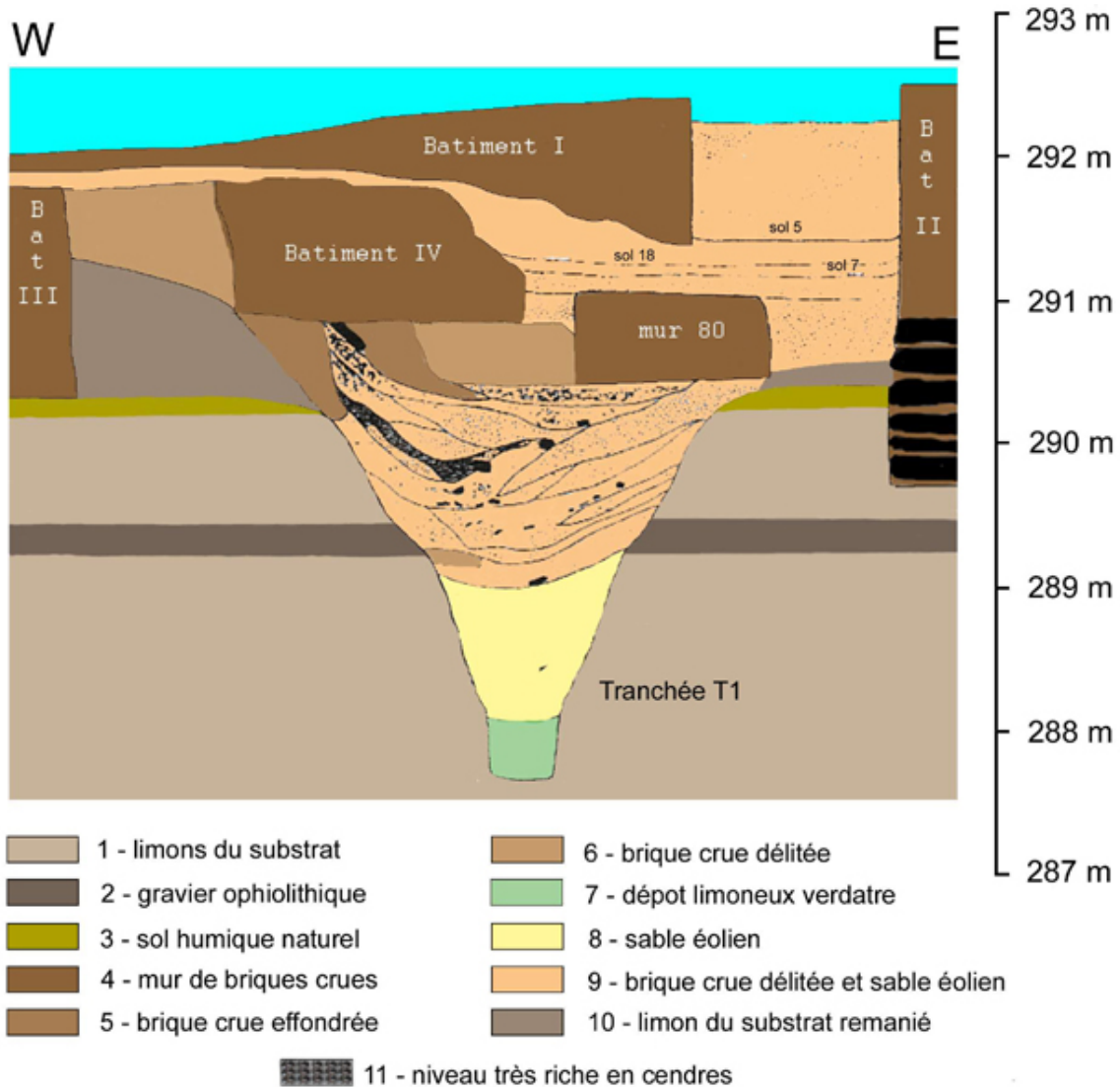


Figure 4 : Hili 8, section est-ouest à l'extrémité nord de la tranchée T1.

La présence du palmier dattier permet de reconstruire un système agricole très proche de celui des oasis omanaises actuelles, où il crée un environnement artificiel protégeant plantes et humains du soleil écrasant de l'été. Sous son ombre poussent toute l'année des arbres fruitiers et des légumineuses, dont seuls pour l'instant témoigneraient les pois. Les céréales et un certain nombre de plantes fourragères qui sont récoltées au printemps croissent dans des champs irrigués adjacents à la palmeraie, de même que le sorgho, récolté en automne, qui



résiste bien aux chaleurs excessives et dont les feuilles sont cueillies avant d'être desséchées par le soleil pour servir à l'alimentation du bétail. Ces associations permettent une production étalée dans le temps, limitant ainsi les ruptures, et portent essentiellement sur des produits transformables, stockables, dont la consommation peut être différée. Il est donc probable que des tours comme celle de Hili 8 se dressaient, comme les habitats actuels, à proximité immédiate des palmeraies. Il est, par contre, peu probable qu'elles aient eu un rôle dans le système d'acquisition de l'eau pour irriguer ces mêmes palmeraies, comme on l'a parfois supposé (Frifelt, 1989, p. 113) : par sa dimension, leur puits ne peut avoir eu qu'une fonction domestique et l'on voit mal pourquoi on se serait donné la peine de monter l'eau si haut au-dessus du niveau de la plaine, s'il s'agissait simplement d'arroser les champs. Ceci ne veut pas dire que ces tours n'étaient pas liées en quelque manière au réseau d'irrigation.

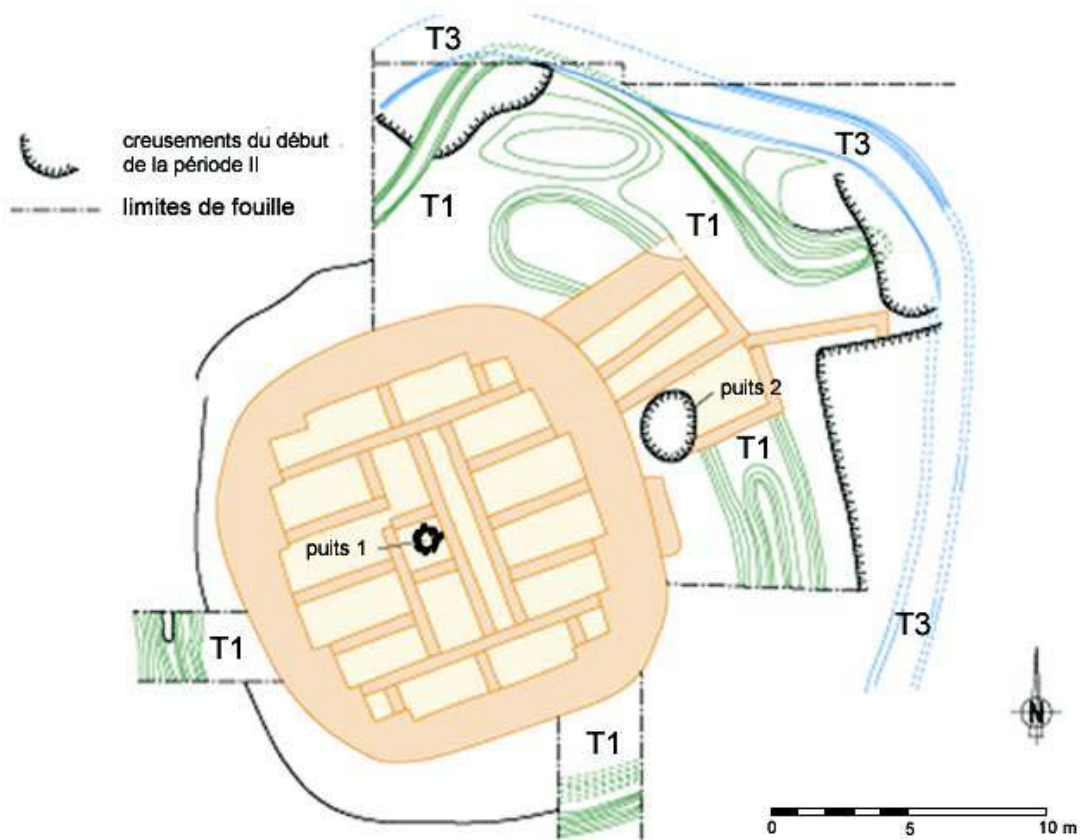


Figure 5 : Plan de Hili 8 à la période I (H. David).

## 2. La situation hydrologique

Hili est situé dans la plaine d'al-Jaww, couverte d'une steppe arborée (*Acacia tortilis* et *Prosopis cineraria*) aujourd'hui très dégradée, deux kilomètres à l'ouest du chaînon calcaire le plus occidental bordant à cet endroit la cordillère omanaise

(Figure 6). La plaine en légère pente vers l'ouest est entaillée de quelques mètres, à deux kilomètres au nord et au sud, par le cours moderne de deux oueds dont le cours, en amont de leur jonction, a limité l'emprise des formations dunaires qui se développent entre les montagnes et la côte du Golfe.

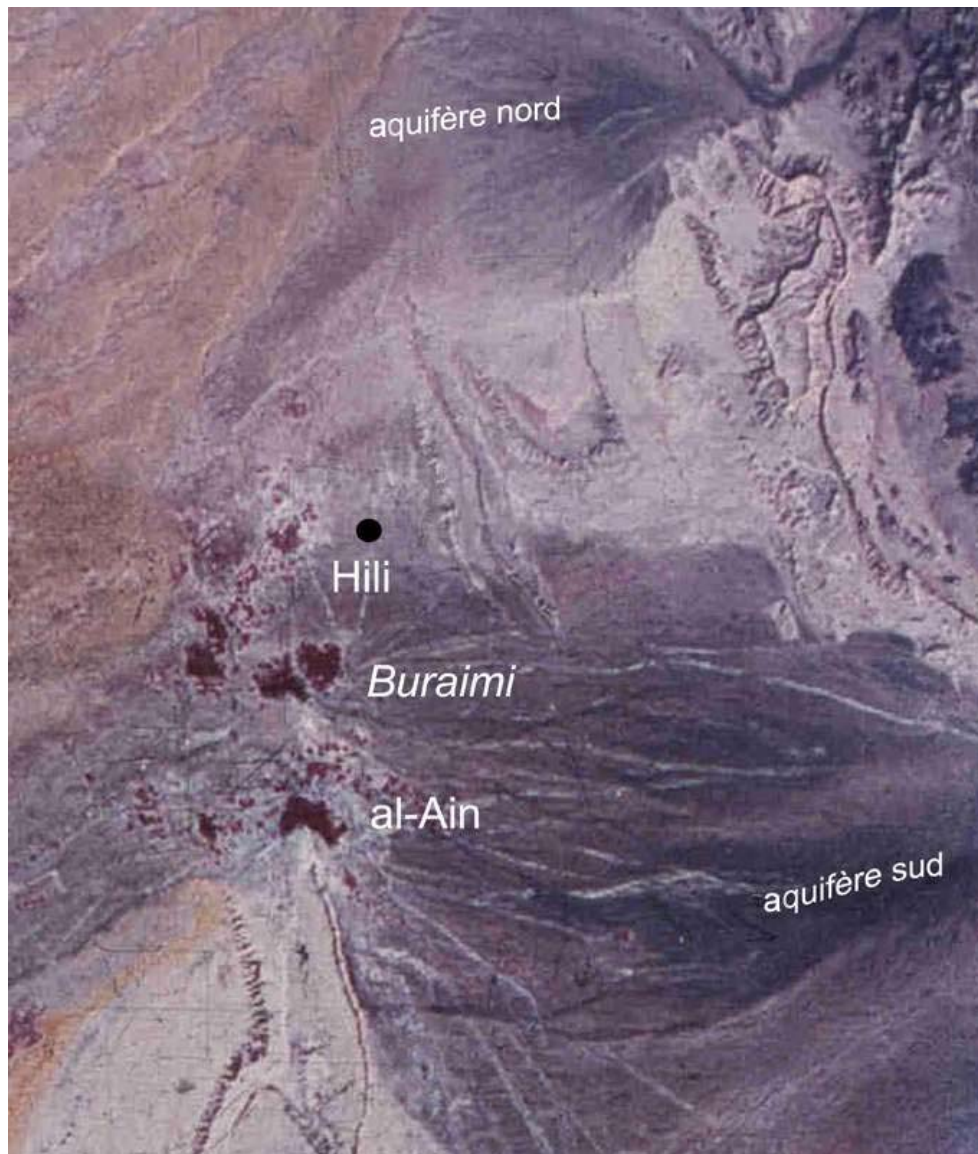


Figure 6 : Le site de Hili dans son environnement, d'après une scène Landsat (1982).

La tour la plus ancienne fut construite à la surface d'une couche humique épaisse d'environ 15 cm (Figure 4 n° 3), enfouie sous 50 cm de dépôts plus récents d'origine éolienne<sup>8</sup> Les limons argileux gris clair, fortement carbonatés,

<sup>8</sup> Le niveau 0 de la fouille a été fixé au niveau de la plaine à cet endroit, à une altitude absolue de 291 m. Sur le site lui-même, dont la partie la plus haute atteignait 293 m, le sol vierge a été retrouvé à la cote -0,55, soit 290,45 m. Sauf indication contraire, toutes les altitudes relatives

du substrat, d'épaisseur variable, seraient le produit d'une sédimentation en bassin fermé dans les creux formés par une phase d'érosion antérieure (Stevens, 1969, pp. 15-16). Leur épaisseur diminue graduellement vers l'ouest sur l'ensemble de la plaine. Des zones lacustres holocènes caractérisées par la présence de *Melanoïdes tuberculata* ont été reconnues une vingtaine de kilomètres au sud, à Aïn al-Faidah où trois phases de dépôts sont datées de 9247-8922, 5875-5724 et 4774-4502 cal BC (Gebel *et al.*, 1989, table 2)<sup>9</sup>, cette dernière s'approchant de celles du dernier épisode humide reconnu par les études paléoclimatiques (pour des données récentes, Lézine *et al.*, 1998).

De nombreux indices attestent d'une nappe phréatique peu profonde vers 3000 av. J.-C., et d'un abaissement important de cette nappe au cours du III<sup>e</sup> millénaire. Le fond du puits de la première tour a été atteint à 3,9 m sous la surface ancienne (Figure 7, puits 1).

Une tranchée (T1) longe à deux mètres de distance les côtés est, sud et ouest du bâtiment, laissant un espace plus vaste au nord et au nord-est. Elle est large de 40 cm, les parois verticales s'évasant vers le haut, sans doute du fait de l'évolution ultérieure du profil originel (Figure 4). Le fond en pente douce part de - 1,20 m au nord-est pour atteindre - 1,90 m au nord, - 2,60 m à l'est et - 2,70 m à l'ouest (Figure 5). Dans la dernière section, le fossé était rempli sur plus de 50 cm d'un sédiment lité verdâtre de consistance très fine (Figure 4 n° 7), déposé alors que la tranchée était en eau. De multiples surfaces planes, indurées et blanchâtres, y correspondent à des phases successives d'assèchement et de mise en eau avant un comblement par du sable éolien (Figure 4 n° 8). Nous proposons d'y voir un dispositif de drainage, comparable aux fossés qui entourent chaque maison des villages néolithiques du Tavoliere en Italie méridionale. Les conditions naturelles, bien que moins extrêmes, y sont assez similaires à Hili, avec des étés très chauds et secs, des sols lourds fortement carbonatés (Jarman *et al.*, 1982, p. 163). Hili devait alors se trouver dans un milieu encore humide : il est fréquent de constater la présence de coquilles brûlées de *Melanoïdes tuberculata*, venues avec le bois utilisé comme combustible, dans les foyers de la période I, où de nombreuses traces de roseaux brûlés ont également été observées.

---

données dans cet article le sont par rapport au sol vierge sur lequel le site fut installé, puisque c'est lui qui est le plus pertinent pour notre démonstration.

<sup>9</sup> Dates réalisées sur des échantillons de *Melanoïdes tuberculata* (O.F. Mueller, 1774), respectivement 9700±90 BP (Hv 12708), 6930±75 BP (Hv 12709) et 5795±100 BP (Hv 10917). On sait que les dates obtenues sur ce type de matériel peuvent être trop vieilles d'un demi-millénaire, voire davantage.

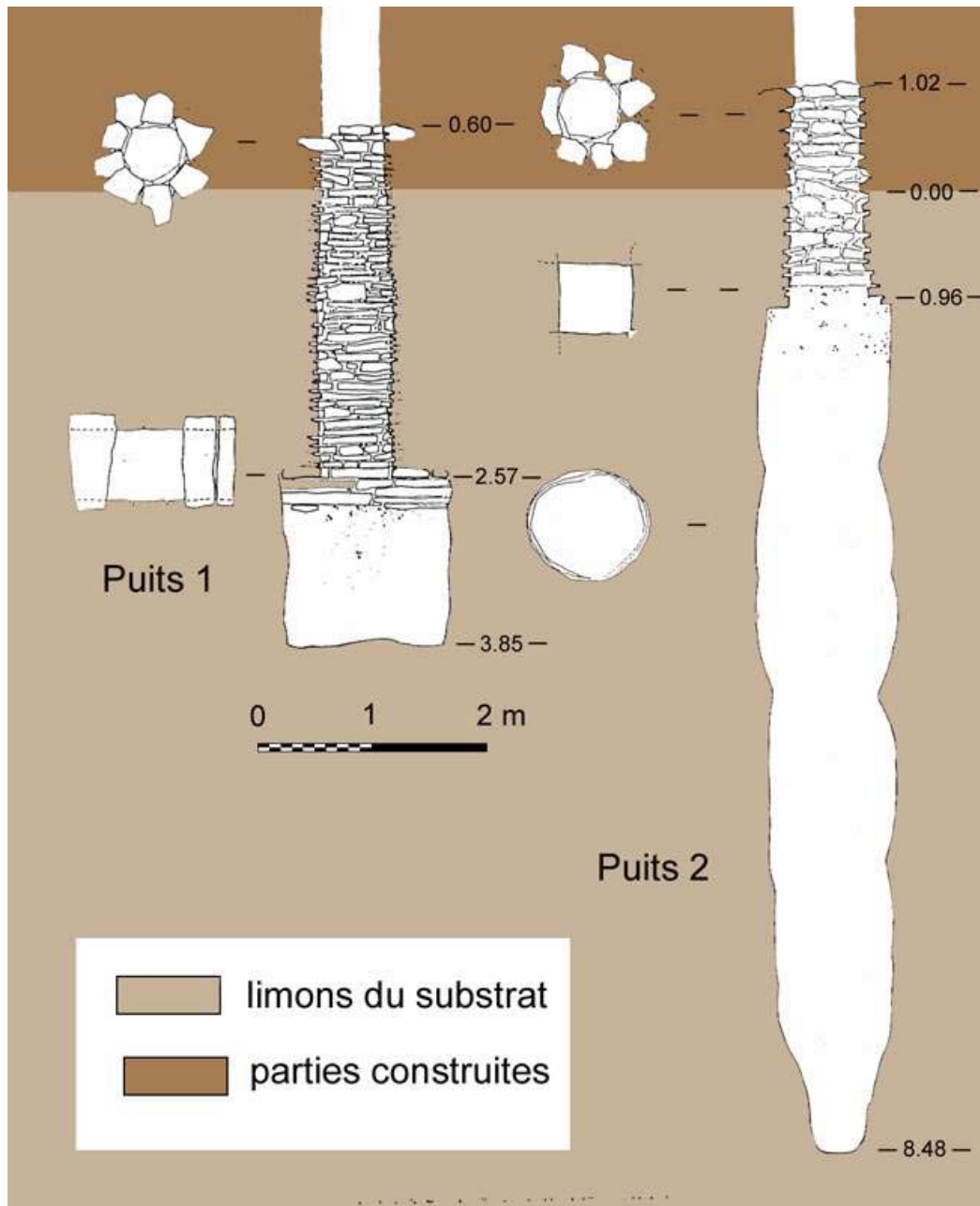


Figure 7 : Hili 8, section des deux puits.

Le puits 1 fut abandonné lors de la construction de la seconde tour (bâtiment IV), elle-même munie d'un puits (Figure 7, puits 2) qui fut ensuite incorporé dans la troisième (bâtiment I) et constamment utilisé jusqu'à la période III, dans les premiers siècles du second millénaire av. J.-C., avant d'être comblé lors de la ruine du monument. L'analyse du profil de ce puits montre qu'il fut recreusé à diverses reprises. Au moment de son abandon, le fond se trouvait à 8,4 m sous la surface originale de la plaine, soit 4,5 m plus bas que celui du puits 1 lors de son abandon, ce qui suggère que la nappe phréatique qui alimentait les puits a baissé d'autant en un millénaire environ. Trois niveaux

temporaires sont clairement marqués par une coloration plus foncée de la paroi au-dessus d'un rétrécissement, à 4,80 m, 5,10 m et 7,50 m au-dessous du sol vierge. Au début des années 1970, la nappe était à 11 m sous la surface actuelle, avant d'être pratiquement détruite par les pompages pratiqués pour les besoins de l'agriculture moderne. L'oasis dépend aujourd'hui presque entièrement de pompages profonds dans les nappes fossiles et une énorme conduite devrait bientôt y amener de l'eau depuis une usine de dessalement située sur la côte, à 150 km de là.

### 3. Éléments pour la reconstruction d'un système d'irrigation

Les données que nous utilisons ici proviennent des premières phases de notre période II, contemporaines de la première tour circulaire qui fut construite vers 2800 av. J.-C.<sup>10</sup> Un fossé au profil en U, large de 4 ou 5 m et profond de 2,5 m, isola une surface d'environ 900 m<sup>2</sup> où se dressaient la tour et un petit bâtiment annexe. Des fossés similaires sont connus à Bat et Hili 1, 400 m au nord-ouest de Hili 8. Karen Frifelt (1975, p. 368) pensait que ceux-ci n'étaient pas remplis d'eau, mais nos observations montrent le contraire. Le remplissage du fond s'est clairement déposé en milieu humide, caractérisé, outre le sédiment, par la présence de nombreuses pupes d'insectes. Il est probable que le fossé était régulièrement curé et que les niveaux en question, très peu épais, soient simplement liés à la fin de son utilisation, vers 2500 av. J.-C.

Une série de tranchées retrouvées à l'est du fossé (Figure 8) ont pu être datées de ces périodes, nos phases IIa à IIc1. Dans cette partie de la fouille, le sol humique original avait disparu après qu'on eut enlevé les limons, sur près d'un mètre d'épaisseur, pour atteindre, à la cote absolue 289,50, un niveau épais de 10 à 15 cm, riche en gravillons ophiolitiques, résultat d'une phase de dépôt plus active (Figure 4 n° 2). Ce travail considérable correspond, sur la seule emprise de la fouille, au maniement de plus de 300 m<sup>3</sup> de terre compacte. Il intervint probablement lorsque, à la fin de la phase Ia, le fossé T1 fut comblé et remplacé par un autre (T3), plus large et moins profond, qui en marque la limite occidentale (Figure 5). Le niveau de gravillons, reconnu partout dans la plaine, était délibérément recherché lors de l'établissement de nouveaux jardins, sans doute parce qu'il favorise la circulation de l'eau d'irrigation. On y redépose le sol humique, gardé séparément des terres sous-jacentes. L'ensemble des données analysées ci-dessous nous conduit à penser qu'à Hili 8 aussi, il s'agit d'un creusement lié à l'établissement des jardins de l'oasis.

---

<sup>10</sup> En l'absence de date <sup>14</sup>C, cette date est fondée sur des comparaisons typologiques.

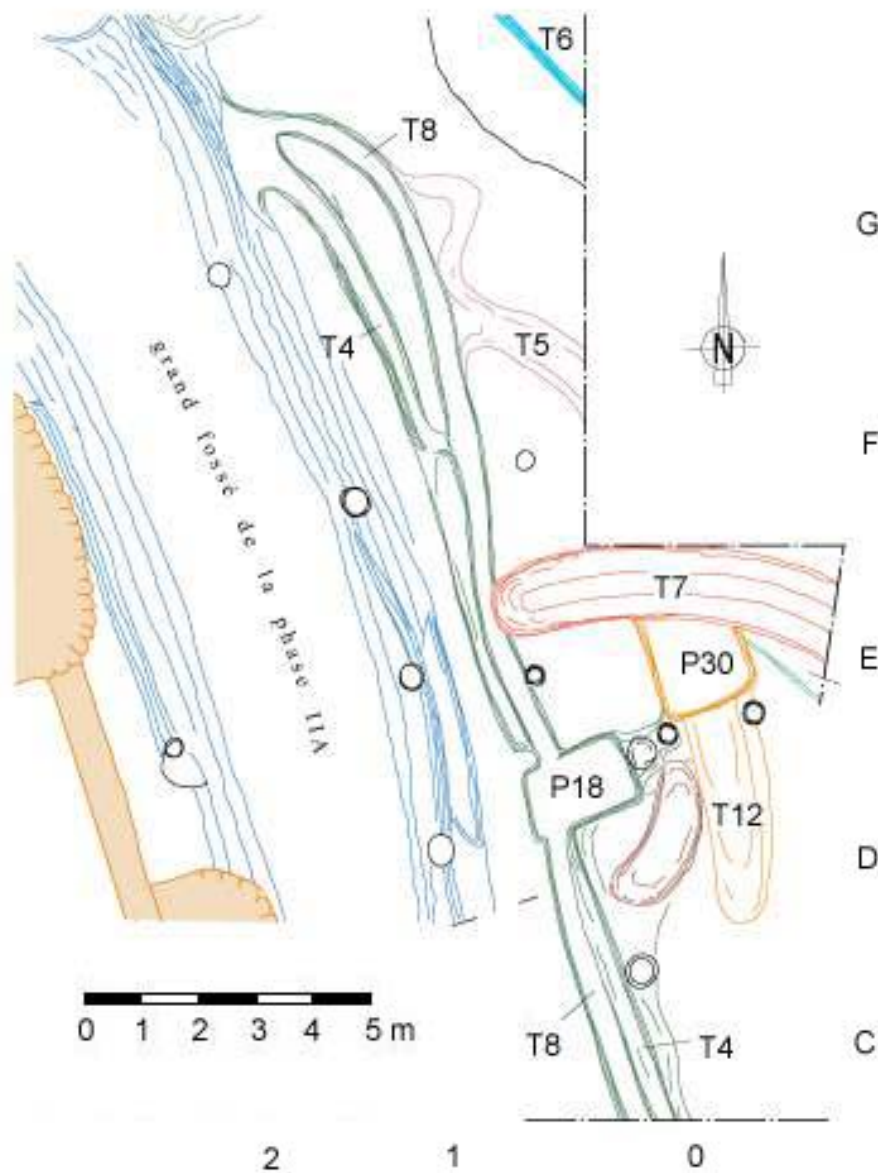


Figure 8 : Hili 8, plan des tranchées des phases IIa-c1 (H. David).

L'analyse des recoupements des tranchées nous a permis d'en établir la séquence. La plus ancienne est constituée de deux tronçons, T5 et T12, séparés par un bassin rectangulaire (P30). Elle suit une orientation SSE/NNW, avant de s'incurver vers l'ouest pour déboucher dans le fossé exactement au même endroit que les tranchées T4 et T8, qui l'ont occultée (Figure 9). Elle n'est profonde que de 10 à 15 cm (le bassin étant profond d'environ 50 cm) et n'existe qu'à partir de notre carré de fouille D0 (Figure 10). La seconde tranchée, T4, est observée sur près de 20 m, parallèlement au fossé, où elle aboutit au même endroit que la précédente. Large de 40 cm, avec des parois verticales et un fond plat, elle est profonde de 30 à 35 cm, en légère pente vers le nord. Son tracé exact est en partie occulté par celui de T8 qui peut en être considérée comme un

réaménagement, de largeur et de profil identique, un peu plus profonde (35 à 40 cm). T8 et peut être déjà T4 traversaient un bassin rectangulaire aux parois verticales et au fond plat, un peu plus profond que les tranchées (P18). Deux grandes pierres plates trouvées au débouché vers l'aval de T8 pourraient avoir appartenu à un dispositif de fermeture. Ces tranchées étaient recoupées par la tranchée T7, orientée est/ouest, qui entaille le tracé de T4/T8, mais s'arrête avant d'atteindre le grand fossé. Elle était profonde d'un mètre, large au fond de 40 cm, mais de plus d'un mètre au niveau du sol de creusement. La largeur du fond correspond sans doute à la largeur originelle de la tranchée (qui s'évasait peut-être toutefois au niveau du sol) et le profil tel qu'il ressort de la fouille n'est certainement qu'un profil d'usure, résultat de l'effondrement progressif des parois dans une eau stagnante.



Figure 9 : Hili 8, les tranchées des phases IIa-c1 à l'est du grand fossé, vues du nord.

De leur profil et de leur remplissage, on peut déduire que les tranchées étaient destinées à transporter de l'eau. Elles rappellent par leur largeur les canaux d'irrigation des oasis actuelles, lesquelles circulent au-dessus de la surface du sol cultivé afin que l'eau puisse être dérivée vers les champs, par des brèches pratiquées dans les parois. Celles de Hili 8, encaissées dans le sol, n'avaient donc pas une fonction d'irrigation, du moins dans les sections mises au jour. Les niveaux situés au-dessus du sol vierge ont été fortement remaniés par la suite et tout aménagement associé aux tranchées au dessus de celui-ci a disparu. Cela

permet peut-être d'expliquer pourquoi T12 apparaît brusquement (Figure 10) : nous pourrions n'avoir sur la zone fouillée que des tranchées encaissées dans le sol vierge, prolongeant des canaux qui coulaient entre des murets au-dessus du sol cultivable jusqu'à l'endroit où, en aval de la zone cultivée, le trop-plein de l'eau d'irrigation venait se déverser à l'occasion dans le fossé. Les bassins que traversent T12 et T8 indiquent que cette eau était aussi utilisée à d'autres fonctions, qu'il nous est impossible de préciser.

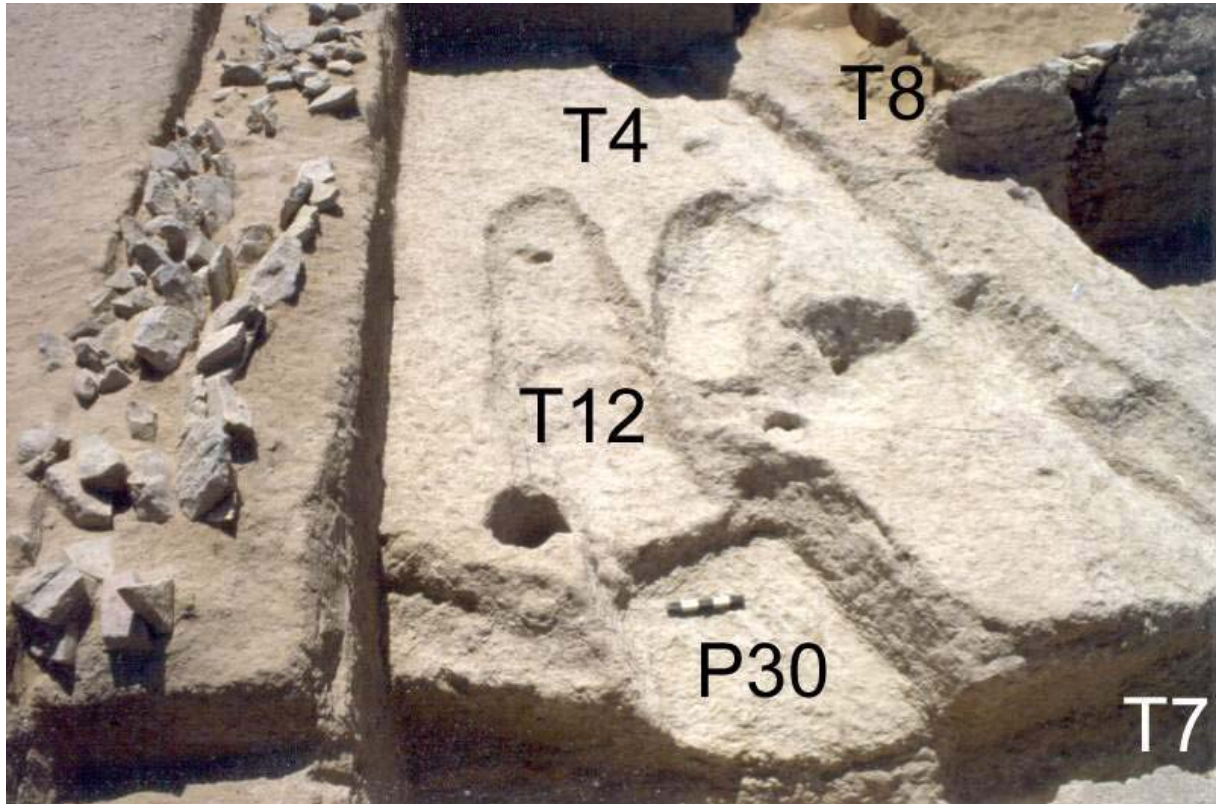


Figure 10 – Hili 8, les tranchées des phases UUa-c1, vues du sud.

Nous sommes donc en présence de trois tranchées successives<sup>11</sup> conduisant de l'eau vers Hili 8 depuis une zone située au sud-est en alimentant au passage un bassin rectangulaire, à savoir dans l'ordre chronologique T5/12, T8 puis T4. T7 qui s'incurve nettement vers le sud peut avoir rejoint, hors de l'emprise de la fouille, la même direction que les précédentes. Son profil, son remplissage, le fait qu'elle se termine abruptement avant d'atteindre le grand fossé, indiquent davantage une stagnation qu'une circulation de l'eau. Il semble qu'elle n'ait plus eu pour fonction de transporter de l'eau jusqu'au fossé, dont elle n'aurait guère pu remplir que le fond, mais d'amener cette eau à proximité du site, à l'endroit où se trouvaient auparavant les bassins rectangulaires. Le fait que les tranchées

<sup>11</sup> Il existe au moins une autre tranchée trouvée sur un mètre de long dans l'angle nord-est de la fouille (T6). Elle était profonde de 60 cm, large d'au moins 80, et ne peut pas être interprétée en l'état actuel.



soient d'autant plus profondes qu'elles sont récentes indique un abaissement similaire du niveau de l'eau en amont, qu'on peut évaluer à 90 cm en deux ou trois siècles, ce qui est cohérent avec l'abaissement de la nappe phréatique documenté par les puits. Cette baisse peut aussi être mise en rapport avec l'abandon du fossé qui, n'étant plus jamais inondé, avait perdu son intérêt défensif et fut occupé par des constructions adventices (Figure 3). Ces interprétations ont deux implications majeures : d'une part, qu'il était possible d'obtenir de l'eau en quantité suffisante pour maintenir un système d'irrigation et occasionnellement en dériver vers le fossé ; d'autre part, que le niveau où cette eau pouvait être amenée a varié avec le temps.

Le niveau de la nappe phréatique et le gradient des galeries (entre 0,7 et 2 ‰) sont deux paramètres déterminants dans le fonctionnement d'un *falaj*. En réponse à une baisse de la nappe phréatique, on peut soit déplacer les champs vers l'aval en recreusant et allongeant la galerie, soit abaisser leur niveau sur place en les recreusant. Les deux choix sont attestés en Oman, le second notamment ayant conduit à un abaissement considérable du niveau des jardins dont les déblais de creusement entourent les oasis de la région d'al-Aïn<sup>12</sup>. Dans les deux cas, cela implique qu'on puisse recreuser le *falaj* lui-même, une pratique attestée dès l'âge du fer (Weisgerber, 1981, pp. 245-247), faute de quoi tout le système doit être abandonné (Wilkinson, 1977, p. 87).

Les *falaj* actuels de l'oasis d'al-Aïn sont longs de 3,5 à 10 km, avec des puits-mère (*Umm*) dont la profondeur varie de 5 à 15 m (Wilkinson, 1977, p. 83). On conçoit qu'avec un aquifère beaucoup plus proche de la surface, tel qu'il est documenté au début du III<sup>e</sup> millénaire av. J.-C., la longueur et la profondeur des captages pouvaient être plus réduites, ce qui permet d'envisager, au lieu d'un tunnel, une tranchée creusée sur toute sa longueur, et éventuellement couverte. Selon Wilkinson (1977, p. 80) certains *falaj* drainant une eau peu profonde sont entièrement construits ainsi (technique dite du *cut and cover*). Cela renvoie à des travaux que la société qu'on peut restituer à Hili 8 était tout à fait capable de mettre en œuvre. Le seul *falaj* ancien attesté avec certitude à Hili date pour l'instant de l'âge du fer (Hili 15) et se trouve au nord de la zone occupée par l'oasis de l'âge du bronze, clairement associé aux habitats de Hili 2 et Hili 17 et à la forteresse de Hili 14 (Mouton et al-Tikriti, 2001 ; Boucharlat, à paraître). Ce système conduisait l'eau à une altitude de 289,5 m environ depuis une zone de captage située vers le nord, alors que le système mis en évidence à Hili 8 arrivait déjà à une altitude inférieure dans son utilisation la plus récente (de 289,40 m à 288,50 m). Sans doute faut-il admettre que le système de Hili 8 captait l'eau d'un aquifère différent, au sud, ce que suggère l'orientation de nos tranchées. De nos jours, tous les *falaj* en usage dans l'oasis d'al-Aïn proviennent de cet aquifère, à

---

<sup>12</sup> La couverture humique est gardée à part et remise sur la surface du jardin recreusé. Les déblais forment des buttes (appelées *nudûd*) à la lisière des jardins. Lorsque des travaux récents ont éventré ces buttes, on y a trouvé, en coupe, un certain nombre de tessons, stratifiés, qui permettent de les dater. Nous en connaissons près de Hili dont la constitution commence à l'âge du fer, date probable à laquelle furent fondés certains jardins de l'oasis actuelle.

l'exception précisément de celui qui alimente Hili et qui provient du même endroit que le *falaj* de l'âge du fer, mais est beaucoup plus profond.

#### 4. Discussion

Si notre lecture des données et l'interprétation que nous en faisons sont correctes, le système des galeries drainantes souterraines serait apparu en Oman avec les premières oasis de l'âge du bronze, celles-ci étant situées dans un environnement qui en facilitait la mise en œuvre. Écrire cela revient à prendre une position très tranchée dans le débat sur l'origine des galeries drainantes souterraines, généralement englobées sous l'appellation *qanâts*, à partir d'arguments dont nous avons conscience qu'ils sont relativement ténus. On peut, par exemple, nous objecter que l'eau parvenant au grand fossé par les canaux était acquise par des puits dans la zone agricole, faciles à creuser puisque alimentés, surtout au début du III<sup>e</sup> millénaire, par des nappes peu profondes. Cela implique qu'on se serait donné beaucoup de peine pour remplir périodiquement ou occasionnellement le fossé, ce qui est possible, d'autant plus que les bovins et ânes domestiques présents sur le site ont pu être utilisés. Mais ceci n'explique pas la baisse régulière du niveau des circulations d'eau, qui ne peut avoir un sens que si le niveau où cette eau était captée a lui-même baissé. Cette objection levée, du moins l'espérons-nous, nous voudrions développer l'argument plus avant.

Un premier point concerne l'origine du système. Selon notre hypothèse, il apparaîtrait en Oman aux alentours de 3000 av. J.-C., avec l'agriculture d'oasis dont il aurait permis le développement. Sans exclure *a priori* une origine locale, il est alors possible, compte tenu de ce que l'on sait de l'évolution culturelle, de suggérer que cette technique d'irrigation est venue de l'Iran oriental, à l'instar d'un certain nombre des composantes agricoles (Costantini et Audisio, 2000, p. 153 ; Tengberg, 1998, pp. 249-250) et technologiques (Méry, 2000 ; Cleuziou et Méry, à paraître) utilisées en Oman à cette période. Une telle proposition se heurte, bien entendu, à l'absence d'antécédents datés dans la région supposée d'origine, un problème relativement banal en archéologie. Les fouilles déjà anciennes de Bampur, Tal-i Iblis et Tepe Yahya nous assurent que l'agriculture y était présente dès le V<sup>e</sup> millénaire et devait certainement déjà nécessiter une irrigation. Celle-ci nous est inconnue, mais on doit bien admettre que les *gabarbands* de Martha Prickett restent une hypothèse au même titre, avec le seul avantage d'une certaine vraisemblance, laquelle se nourrit avant tout du fait que cette technique semble, selon nos critères, plus aisée à mettre en œuvre.

À l'inverse, cela n'est toutefois pas suffisant pour assurer que la technique est d'origine omanaise. L'argument est avancé par Peter Magee (2000, p. 37) avec une argumentation révélatrice. Après avoir situé son apparition en Oman au début de l'âge du fer, comme nombre d'autres auteurs, il constate qu'il s'agit des plus anciennes attestations puisqu'il faut attendre la fin du VIII<sup>e</sup> siècle av. J.-C. pour en avoir retrouvé une ailleurs, dans un texte assyrien qui relate une campagne dans l'actuel Azerbaïdjan iranien, sur le territoire du royaume

d'Urartu. L'auteur oublie bien sûr, ce faisant, que la première mention textuelle d'un *qanât* en Oman date du début du IX<sup>e</sup> siècle de notre ère (Wilkinson, 1983, p. 182). Le texte indique certes clairement que le système existait déjà depuis longtemps, mais le texte assyrien lui-même n'explicite nullement une nouveauté. Il décrit un canal dont il n'est même pas sûr qu'on puisse l'assimiler à un *qanât* !

La plupart des arguments avancés contre la possibilité d'irrigation par galeries drainantes au III<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. sont fortement influencés par l'idée que les connaissances, les savoir-faire et les techniques requises n'existaient pas à cette époque, et ne pouvaient en outre pas être mis en œuvre par les sociétés d'Oman ou du plateau iranien.

Les premiers tiennent à la complexité des opérations requises pour repérer une nappe phréatique indécélable en surface, forer le puits-mère, puis guider le creusement de la galerie vers la zone à irriguer. Ceci nécessite qu'on établisse, dès l'origine, un rapport topographique entre les points d'acquisition et d'utilisation de l'eau par le biais de la pente, un savoir-faire qui ne manque pas d'être impressionnant pour des observateurs occidentaux, lesquels conçoivent mal de tels travaux sans recourir à des connaissances scientifiques et à des instruments de mesure sophistiqués. Ce n'est bien entendu pas le cas des spécialistes, *Muqannis* de Perse ou *Awamr* d'Oman qui ne prennent pas de mesures (Birks et Letts, 1976, p. 97)<sup>13</sup>. On a aussi voulu voir dans l'utilisation du treuil et du palan pour remonter les déblais un facteur limitant, ceux-ci n'étant attestés qu'au II<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. dans les exploitations minières (Conrad *et al.*, 1980, pp. 78-80)<sup>14</sup>. On objectera qu'on savait creuser des puits depuis bien longtemps, les allées et venues (y compris éventuellement celles servant à évacuer les déblais), se faisant au moyen de petites cavités servant de points d'ancrage dans les parois<sup>15</sup>. Nous les avons retrouvées au puits 2 de Hili 8 et elles existaient dans ce qui est, à ce jour, le plus ancien puits connu, le puits 116 de Milouthkia à Chypre, daté par le <sup>14</sup>C du milieu du IX<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. (Peltenburg, à paraître)<sup>16</sup>. La plupart de ces arguments relève autant du préjugé que d'une connaissance réelle des techniques du passé.

Le second groupe d'arguments est lié à des conceptions sur la nécessaire existence d'une puissante société hiérarchisée pour développer des systèmes

---

<sup>13</sup> Selon ces auteurs qui ont observé le travail des *Awamr* omanais, « la mesure de l'avancement des travaux (qui est, soit dit en passant, la seule occasion où des mesures sont prises)... [est effectuée]... avec un stipe de palmier ». Celles-ci ne sont donc pas destinées aux ouvriers pour l'organisation de leur travail, mais à leurs commanditaires afin qu'ils soient assurés d'en avoir pour leur argent.

<sup>14</sup> Ce qui n'empêche pas d'autres auteurs d'admettre que dès le III<sup>e</sup> millénaire, des animaux aient pu être utilisés pour tirer l'eau d'un puits, avec des moyens identiques, voire plus complexes.

<sup>15</sup> C'est d'ailleurs l'absence de trous d'ancrage pour un tel dispositif au sommet des puits les plus anciens qui conduit les auteurs à dater cette innovation du II<sup>e</sup> millénaire avec J.-C.

<sup>16</sup> Le puits est profond de huit mètres, et trois dates <sup>14</sup>C obtenues sur des échantillons collectés dans son remplissage, s'établissent à 8410-8264, 8686-8475 et 8410-8462 cal BC (respectivement 9110±70, 9235±70 et 9315±60 BP). On a fouillé à peu de distance un second puits daté de la fin du VIII<sup>e</sup> millénaire.

d'irrigation de grande ampleur, héritées de la « société hydraulique » de Wittfogel (1957), lesquelles n'ont plus cours depuis longtemps. Les textes mésopotamiens ne mentionnent jamais de travaux à l'initiative de l'instance étatique et, lorsqu'il en exista, à l'époque hellénistique, il s'agissait de mobiliser à grande échelle les techniques existantes au service des nouveaux maîtres du pouvoir et nullement d'en développer de nouvelles. Dans le même ordre d'idées, John Wilkinson constate que le système de tenure agricole égalitariste des oasis omanaises traditionnelles « *représente pratiquement l'extrême opposé du type d'organisation des terres qu'on attendrait d'une société ayant construit les qanât* », laquelle serait, selon lui, hiérarchique et centralisée, ce qui le conduit à conclure que le système est bien venu d'ailleurs (Wilkinson, 1983, pp. 180-181). Il est deux réponses à ceci. La première est que le lien qu'on prétend établir entre système d'acquisition de l'eau et organisation foncière est illusoire, voire relève d'un déterminisme tombé en désuétude. La seconde est que le creusement d'une galerie drainante est d'abord affaire de temps et de quelques spécialistes, capables de manier le marteau et le ciseau dans un espace étroit et confiné, sur le front de boyaux humides creusés dans un terrain très dangereux. Les cohortes de main d'œuvre asservie des despotes orientaux de Wittfogel n'y seraient d'aucune utilité. Ajoutons à cela que, si la population des oasis d'Oman devait rarement dépasser un millier de personnes, l'archéologie a démontré depuis longtemps la présence de sociétés hiérarchisées complexes et de villes au peuplement important sur le plateau iranien dès la fin du IV<sup>e</sup> millénaire.

Dans un article récent, où les mots *prudence* et *précaution* reviennent, il est vrai beaucoup plus souvent que sous notre plume, Rémy Boucharlat (2001) met en garde contre l'assimilation de toute technique utilisant des galeries de captage avec le *qanât*, dont *falaj* est généralement accepté comme un équivalent en Arabe<sup>17</sup>. Il insiste sur la nécessité de distinguer le captage de nappes de sous-écoulement des oueds, bien documenté en Oman à l'âge du fer, de ce qu'il appelle les « *eaux cachées* », c'est-à-dire les nappes de piémont indécélables depuis la surface si ce n'est par un expert, comme il ressort, par exemple, du traité du géographe médiéval al-Karagi, vers l'an mil de notre ère. Ces dernières ne seraient exploitées, selon lui, que dans le cours du premier millénaire de notre ère. Sans remettre en cause les données de Hili 8, il s'interroge sur leur relation possible avec celles de l'âge du fer, par-delà un millénaire et demi dont une grande part, tout le second millénaire, fut longtemps considérée comme une période où toute occupation agricole sédentaire avait disparu. Nous savons maintenant qu'il n'en est rien, et la continuité locale de la technique est, selon nous, une hypothèse vraisemblable.

Ce type d'hypothèse n'est acceptable que si des vérifications sont possibles, et si, à défaut de les effectuer dans l'immédiat, on peut en envisager les procédures de façon réaliste. Une des règles quasi intangibles des recherches

---

<sup>17</sup> En fait, le terme *falaj* est appliqué, en Oman, à toute canalisation conduisant l'eau, qu'elle soit aérienne ou souterraine, et quel qu'en soit le mode d'approvisionnement.

archéologiques est que tout trou creusé dans le sol, même rempli par la suite, laissera immédiatement des traces tant que ce sol lui-même n'aura pas disparu, du fait de facteurs naturels ou humains. Tel est bien le cas des galeries drainantes : si elles ont existé dès l'âge du bronze, elles sont encore inscrites dans le sous-sol de l'Oman ou de l'Iran. Quelques essais de prospection par résistance magnétique ont été annoncés, sans qu'aucun résultat en soit encore publié, mais il est très probable que quelques tranchées profondes, judicieusement placées en amont des sites de l'âge du bronze, apporteraient à ces questions des réponses intéressantes. Karen Frifelt et Pierre Gentelle semblent ainsi avoir documenté des sols agricoles et des canaux anciens, dont certains à plus de deux mètres sous la surface actuelle, dans une tranchée creusée pour la construction d'un nouveau *falaj* en amont de l'oasis actuelle de Bat (Frifelt, à paraître, p. 92). De notre expérience dans la zone de Hili, il n'est pas une tranchée creusée pour les besoins d'aménagement urbain moderne qui n'ait recoupé des tranchées plus anciennes, souvent très profondes, et qu'il serait tout à fait possible de dater si l'on s'en donnait les moyens. Nos hypothèses sont peut-être encore fragiles, des éclaircissements typologiques sont sans doute nécessaires, mais, pour peu qu'on s'en donne les moyens, l'archéologie du *qanât* est certainement une spécialité prometteuse.

## Bibliographie

- Birks J.S. and S.E. Letts, 1976: The 'Awamr : Specialist Well and Falaj-Diggers in Northern Interior Oman, *Journal of Oman Studies* 2: 93-100.
- Boucharlat R., 2001 : Les galeries de captage dans la Péninsule d'Oman au 1<sup>er</sup> millénaire avant J.-C. Questions sur leurs relations avec les galeries du Plateau iranien, in P. Briant (dir.), *Irrigation et drainage dans l'Antiquité. Qanât et canalisations souterraines en Iran, en Égypte et en Grèce* (Persika 2), Paris, pp. 157-183.
- Brunner U., 1997: The history of irrigation in the Wādī Marhah, *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies* 27: 75-85.
- Clark I.D., 1987: *Groundwater Resources in the Sultanate of Oman: Origin, Circulation Times, Recharge Processes and Palaeoclimatology. Isotopic and Geochemical Approaches*, Thèse de Doctorat, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay.
- Cleuziou S., 1989: Excavations at Hili 8: a preliminary report on the third to seventh seasons of excavations at Hili 8, *Archaeology in the United Arab Emirates* V: 61-87.
- Cleuziou S. et L. Costantini, 1990 : Premiers éléments sur l'agriculture protohistorique de l'Arabie orientale, *Paléorient* 6, pp. 255-61.
- Cleuziou S. and S. Méry, to be published: In between the Great Powers: Bronze Age Oman Peninsula, in S. Cleuziou, M. Tosi and J. Zarins (dir.), *Essays in the Late Prehistory of Arabia*, Serie Orientale Roma, IsMEO, Rome.

- Conrad H.G., L. Foer, A. Hauptmann, W. Lieder, I. Ordentlich und G. Weisgerber, 1980 : Untersuchungen zur der Bergbautechnik und ihre Interpretation, *in* H.G. Conrad & B. Rothenberg (eds.), *Antikes Kupfer im Timna-Tal*, der Anschnitt, Beiheft 1, Bochum, pp. 69-94.
- Costantini L. and P. Audisio, 2000: Plant and insect remains from the site of Ra's al-Jinz (RJ-2), Sultanate of Oman, *Paléorient* 26/1: 143-156.
- Frifelt K., 1975: On Prehistoric Settlements and Chronology of the Oman Peninsula, *East and West* 25: 329-424.
- , 1985: Further Evidence of the Third Millennium BC Town at Bat in Oman, *Journal of Oman Studies* 7: 89-104.
- , 1989: Third Millennium Irrigation and Oasis Culture in Oman, *in* M. Kenoyer (dir.), *Old Problems and New Perspectives in the Archaeology of South Asia*, Wisconsin Archaeological reports 2: 102-113.
- , to be published: Bat, a centre in Third Millennium Oman, *in* S. Cleuziou, M. Tosi and J. Zarins (dir.), *Essays in the Late Prehistory of Arabia*, Serie Orientale Roma, IsMEO, Rome.
- Gebel H.G., C. Hanns, A. Liebau and W. Raehle, 1989: The Late Quaternary Environment of 'Ain al-Faidha/al-'Ain, *Archaeology in the United Arab Emirates* 5: 9-48.
- Goblot H., 1979 : Les Qanats, une technique d'acquisition de l'eau, Mouton, La Haye
- Jarman M.R, G.N. Bailey and H.N. Jarman, 1982: Early European agriculture: its foundations and development, papers in economic prehistory written in honour of Eric Higgs, Cambridge University Press, Cambridge.
- Larsen C.E., 1983a: *Life and Land Use on the Bahrain Islands: the Geoarchaeology of an Ancient Society*, Prehistoric Archaeology and Ecology Series, The University of Chicago Press, Chicago.
- , 1983b: The Early Environment and Hydrology of Ancient Bahrain, *in* D.T. Potts (dir.), *Dilmun, New Studies in the Archaeology and Early History of Bahrain*, Berliner Beiträge zum Vorderen Orient 2, D. Riemer, Berlin: 3-34.
- Lézine A.M., J.F. Saliège, C. Robert, F. Wertz and M.L. Ihizan, 1998: Holocene lakes from Ramlat As-Sab'atayn (Yemen) illustrate the impact of monsoon activity in Southern Arabia. *Quaternary Research* 50: 290-299.
- Magee P., 2000: Patterns of Settlement in the Southeast Arabian Iron Age, *Adumatu* 1: 29-39.
- Méry S., 2000 : *Les céramiques d'Oman et l'Asie moyenne, une archéologie des échanges à l'Âge du Bronze*, Monographies du CRA n° 23, CNRS Éditions, Paris.
- Mouton M. and W.Y. al-Tikriti, 2001: *The architectural remains of the Iron Age sites in the United Arab Emirates and Oman*, Documents d'archéologie orientale n° 2, CD-Rom, Maison de l'Orient, Lyon.
- Peltenburg E.J., to be published: Evidence from the Kissonerga-Mylothkia wells for settled farmers of the x<sup>th</sup>-ix<sup>th</sup> Millennium BP in western Cyprus, *in* J. Guilaine et A. Le Brun, *Le néolithique de Chypre*.

- Prickett M.E., 1979: Settlement and the development of agriculture in the Rud-i Gushk drainage, south-eastern Iran, *Akten des VII internationale Kongresse für Iranische Kunst und Archäologie, München*, D. Riemer, Berlin: 47-56.
- Raikes R.L., 1965: The ancient gabarbands of Baluchistan, *East and West* XV: 26-35.
- Stevens J.H., 1969: *The soils and agriculture of the al-Ain oases*, Department of Geography, University of Durham, Durham.
- Tengberg M., 1998 : *Paléoenvironnements et économie végétale en milieu aride, Recherches archéo-botaniques dans la région du golfe arabo-persique et dans le Makran pakistanais*, Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, Montpellier.
- Vidal F.S., 1954: Date culture in the oasis of al-Hasa, *the Middle East Journal* 9/4: 416-428.
- Weisgerber G., 1980 : ... und Kupfer in Oman, *der Anschnitt* 32: 62-111.
- , 1981 : Mehr als Kupfer in Oman, Ergebnisse der Expedition 1981, *der Anschnitt* 32: 174-263.
- Wilkinson J.C., 1977: Water and Tribal Settlement in South-East Arabia: a study of the *aflāj* of Oman, Clarendon Press, Oxford.
- , 1983: The origins of the *aflāj* of Oman, *Journal of Oman Studies* 6/1: 177-194.
- Wilkinson T.J., 1998: Human Environments Interactions in the Highlands of Yemen, in C.S. Phillips D.T. Potts and S. Searight (eds.), *Arabia and its Neighbours, Essays on Prehistorical and Historical Developments*, Abiel II, Brepols, Louvain: 291-302.