

**LES PAYSAGES CONSTRUITS A TRAVERS LES GALERIES D'EAU SUR LES DEUX
RIVES DE LA MEDITERRANEE
ET AU MOYEN-ORIENT**

*The landscapes built through the water galleries on both shores of the
Mediterranean and in the Middle East*

**MEGDICHE-KHARRAT Fairouz^{1,2,3}, REJEB Hichem¹, RAGALA Rachid², MOUSSA
Mohamed³**

¹ Université de Sousse BP47, 4042 Sousse- Tunisie, ISA-IRESA- Unité de recherche « Horticulture, Paysage, Environnement » (UR13AGR06),

² Université Paris-Sorbonne (Paris IV-PSUAD), Centre d'Analyse et de Mathématique Sociales (CNRS-EHESS),

³ Institut des Régions Arides, Médenine – Tunisie, Laboratoire d'Érémologie et Lutte Contre la Désertification, feirouzmekdish@gmail.com, hrejeb62@yahoo.fr, rachid.ragala@paris-sorbonne.fr, mohamed.moussa@ira.rnrt.tn

Résumé

Les galeries d'eau renvoient à une terminologie riche et diversifiée dont *aflaj*, *foggaras*, *qanâts*, termes qui désignent des techniques et des pratiques ancestrales rencontrées dans les écosystèmes arides, notamment dans le Moyen-Orient et sur les deux rives de la méditerranée. Ces techniques et pratiques millénaires d'une grande ingéniosité consistent en une gestion efficace des ressources en eau en utilisant les systèmes de drainage souterrains des aquifères. Une valorisation et des échelles de distribution sont organisées en faveur des utilisateurs et des usagers communautaires. On tentera tout au long de ce travail d'identifier des vestiges de galeries d'eau et l'implication de ces dernières dans la genèse de paysages typiques. Il s'avère que ces systèmes génèrent et animent des vies humaines et non humaines dans des pays aussi différents que l'Iran, Oman, la Tunisie et l'Espagne. La construction des paysages à travers ces infrastructures se matérialise notamment par les oasis, les forts, les moulins à eau, les réservoirs d'eau et les tours à vent. Cette recherche propose une approche spatiale des galeries d'eau issues de contextes différents et étudie les méthodes et les matériaux de construction des tunnels souterrains et de leurs édifices annexes. Ces pratiques traditionnelles et de savoir-faire anciens émanent de peuples marqués par leur diversité géographique, sociale et culturelle, édifiant ainsi un patrimoine paysager qui défie les limites territoriales et retrace les conquêtes de l'Homme sur l'aridité de la nature dans sa quête de stabilité et d'expansion, depuis le Moyen-Orient jusqu'aux deux rives de la Méditerranée. Ce patrimoine, à la fois commun et varié, fait face à plusieurs enjeux qui parfois en menacent l'existence ; pour cela, il est nécessaire de le revaloriser et de l'intégrer dans des contextes spatiaux profitables (culturellement et économiquement), vivables et surtout durables.

Mots clés : Galeries d'eau, paysage, savoir-faire, transmissibilité, partage

Abstract

Water galleries are characterized by a rich and diverse terminology as *afraj*, *foggaras*, *qanats*, which designates ancestral techniques and practices commonly encountered in arid ecosystems, such as in the MENA region (Middle East and North Africa) and on both shores of the Mediterranean. This millennium ingenuity involves an efficient management of water resources by using underground drainage systems of aquifers. This works through organized distribution scales that serve local beneficiaries and community users. This research tries to identify some vestiges of water galleries and their implications in the genesis of typical landscapes. It appears that these systems build and animate human and non-human lives in countries as diverse as Iran, Oman, Tunisia and Spain. The construction of landscapes through these infrastructures is materialized notably by oasis, forts, watermills, water reservoirs and wind towers. This research proposes a spatial approach to water galleries from different contexts and explores the building materials and methods of underground tunnels and related buildings. These traditional practices and indigenous knowledge emanating from people marked by their geographic, social and cultural diversities; thus building a landscape heritage that challenges the territorial boundaries and recounts the conquests of man on the aridity of nature in its quest for stability and expansion from the Middle East to the two shores of the Mediterranean sea. This heritage, both common and varied, faces several issues that sometimes threaten its existence; for this, it requires being valorized and integrated in profitable spatial contexts (culturally and economically), that are livable and principally sustainable.

Keywords: Water galleries, landscape, know-how, transmissibility, sharing

Introduction

Depuis la préhistoire, les sociétés ont essayé de capter et de gérer l'eau par le biais de divers processus qui sont le fruit du génie de l'homme faisant face à son environnement immédiat. Les galeries d'eau en sont un bon exemple : elles constituent « (...) un procédé d'acquisition ou d'amenée d'eau » durable, depuis les nappes phréatiques (Goblot, 1979, p.10). Cette technique est fréquemment utilisée dans les zones arides et semi-arides où les précipitations sont rares et irrégulières. En effet, il s'agit de pratiques ancestrales communes aux sociétés hydrauliciennes du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord pratiquant l'irrigation, et qui ont été aussi transmises aux communautés de l'Europe méditerranéenne (Al-Ghafri et al., 2003b cité par Megdiche-Kharrat et al., 2017a, p. 121). Il s'avère que ce savoir-faire participe à la construction de paysages typiques.

Cette recherche propose une approche spatiale des galeries d'eau construites dans des contextes différents et de leurs paysages associés et ce, en essayant d'identifier des spécificités communes aux vestiges liés à ces systèmes, ainsi que la nature de l'occupation du sol générée en conséquence.

Cette recherche a aussi comme objectif de promouvoir un patrimoine paysager riche commun, qui fait face à plusieurs enjeux qui parfois en menacent l'existence. Cette introduction propose une approche générale, d'une part du terme « paysage » en spécifiant ses aspects et son processus de construction, et d'autre part du système de galerie d'eau en présentant son origine et en décrivant son mécanisme de fonctionnement.

1. Le paysage

1.1 Définition et aspects

Le terme paysage est polysémique. Il englobe les concepts de *lieu, espace, territoire, nature, environnement...*etc. F.Dastur (2011, p. 1) renvoie le terme de *paysage* au mot « pays », il le définit comme « l'ensemble des formes et des reliefs d'un espace limité ». De même, le mot « paysage » existe dans les langues européennes avec des nuances originelles pour signifier le pays (*landschaften* en allemand, *landskap* en flamand), ou bien la représentation artistique ou littéraire de ce pays (paysage en français, *paesaggio* en italien) (Donadieu et al, 2009, p. 9). Le paysage désigne aussi un genre pictural qui fut mentionné pour la première fois en 1521 (Lacoste, 2009, p. 291). Il s'agit d'une « représentation figurée, destinée à séduire l'œil du spectateur, par le moyen de l'illusion perspectiviste » (Cauquelin, 2011, p. 29).

Le Petit Larousse (1974) définit le paysage entant qu'« étendue de pays qui présente une vue d'ensemble : admirer le paysage » (cité par Pitte, 1989, p. 14). Selon un sens naturaliste, le mot « paysage » renvoie à l'aspect de la surface de la terre (Pitte, 1989, p. 14).

« Le paysage est donc la pellicule de la réalité géographique, la partie émergée de l'iceberg. » (Pitte, 1989, p. 23). Aussi, en évoquant le paysage comme produit naturel, J.Tricaret (1979) le décrit « (...) comme la traduction concrète et spatiale d'un écosystème. » (Cité par Pitte, 1989, p. 15). En se référant au paysage comme produit culturel, J.-R. Pitte le qualifie de « réalité culturelle » car selon lui le paysage « est non seulement le résultat du labour humain, mais aussi objet d'observation, voire de consommation » (Pitte, 1989, p. 23).

1.1.1. La construction du paysage

Le paysage représente « une partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de facteurs naturels et/ou humains et de

leurs interrelations ; » (Article 1 de la *Convention européenne du paysage* signée à Florence, le 20/10/2000). La construction du paysage implique, ainsi, l'action de déterminants humains et non humains. Les forces non humaines regroupent les forces naturelles qui façonnent le cadre physique d'un site. Ce dernier est généralement étudié et décrit par les professionnels du paysage selon sa topographie, son hydrographie et sa géologie (Davodeau, 2008, p. 2).

Le deuxième groupe de déterminants de la construction du paysage regroupe les forces humaines qui interagissent avec leurs milieux et les modifient. En effet, les communautés remodelent leurs espaces géographiques naturels à travers la modification physique de l'environnement, qui constitue la synthèse de leurs expériences et leur aptitude à transmettre leur savoir-faire ; « Le paysage en effet, plus que de nature, est affaire de culture, au double sens du terme, celui du sol et celui de la pensée » (Montillet, 2011, p. 1).

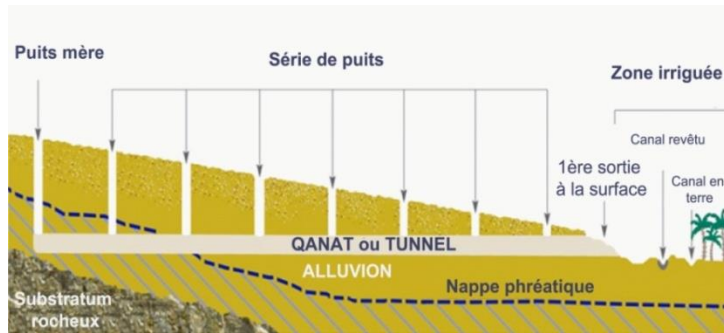
1.2. Les galeries d'eau

Les galeries d'eau se caractérisent par une terminologie riche et diversifiée, selon le pays ou la région, comme *aflaj*, *foggaras*, *qanâts*, etc. (Megdiche-Kharrat et al., 2015). Cet héritage, à la fois commun et varié, a permis à des populations de s'établir et de s'accroître dans des conditions climatiques sévères. Ces populations, organisées en petites et moyennes communautés, voient leurs liens sociaux tissés autour de systèmes judicieux de partage de l'eau, en assurant une gestion efficace et durable de cette ressource rare (Megdiche-Kharrat et al., 2017a, p. 126).

1.2.1. Description et mécanisme

Les galeries d'eau (Fig 1), notamment les *qanâts*, sont généralement décrites comme des installations minières permettant d'extraire l'eau des profondeurs de la Terre *via* des réseaux de tunnels (Lambton, 1989, p. 5). Beaumont (1971), le *qanat* est un procédé d'exploitation des eaux souterraines qui se compose d'un ou de plusieurs tunnels en pente douce conduisant l'eau par écoulement gravitaire, depuis la nappe phréatique (à son extrémité supérieure) jusqu'à sa sortie à la surface du sol (à son extrémité inférieure) d'où l'eau est acheminée par le biais d'un réseau de canaux d'irrigation vers les communautés d'utilisateurs (cité par Megdicheet Moussa, 2014, p. 2). À l'extrémité supérieure du tunnel souterrain, il existe un puits (dit mère) le reliant verticalement à la surface du sol ; et tout le long du tunnel, à section elliptique d'environ 1,2 x 0,8 m², une série de puits verticaux, apparaissant comme une chaîne à la surface et dont l'espacement varie de quelques dizaines à une centaine de mètres (Fig 2), assurent la ventilation pour les travailleurs et facilitent le retrait du sable et des rochers (Beaumont, 1971, p. 40).

Figure 1. Section longitudinale typique d'une galerie d'eau



Source : Adapté de Hermosilla et Moussa, 2011, p. 32, cité par Megdiche-Kharrat et al., 2017a, p. 120.

Figure 2. Séries de puits de qanâts dans la province de Yazd, en Iran (8 août 2017), Coordonnées : 32°22'24,14"N ; 54°02'32,55"E ; élévation k81028m ; eye alt 1,62 Km



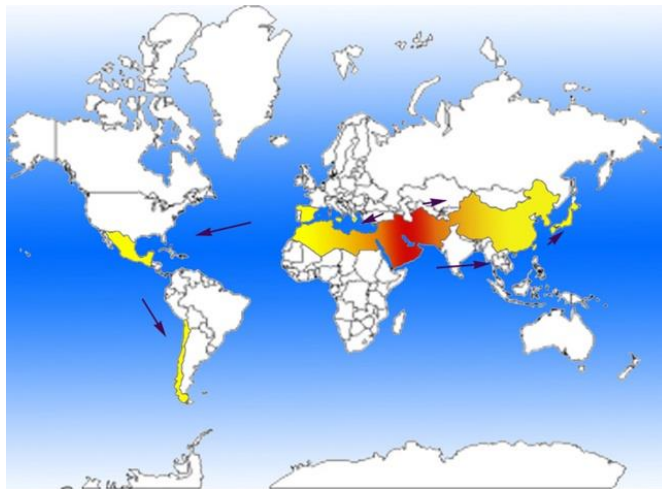
Source : Google Earth Pro.

1.2.2. Origine et propagation de la technique

Selon P. W. English (1968, p. 175), la technique de *qanât* (galerie d'eau) est originaire des hauts plateaux de l'ouest de l'Iran, du nord de l'Irak et de l'est de la Turquie, et date d'environ 2500 ans. P. M. Costa (1983, p. 275) pensait que ce système avait été inventé dans le Sud de la péninsule Arabique (spécifiquement Oman), en assimilant les connaissances et les techniques de l'exploitation minière du cuivre (au milieu du 3^{ème} millénaire avant J.C.) à celles utilisées pour exploiter et drainer l'eau souterraine vers les aires d'exploitation. La figure 3 explique comment ce savoir-faire a été exporté depuis le Moyen-Orient, d'une part vers l'Afrique du Nord et l'Europe méditerranéenne puis vers les Amériques, et d'autre part vers l'Asie orientale (Al-Ghafri et al., 2003, p. 33). Cependant, certains scientifiques, s'appuyant sur les récentes datations de *qanâts* de pays autres que

ceux du Moyen-Orient, émettent l'hypothèse que cette technique s'est développée indépendamment dans plusieurs régions du monde. Malgré cette diversité géographique, les galeries d'eau présentent le même mécanisme ; cependant, elles se caractérisent par une terminologie très diversifiée dont : *aflaj* en Oman, *khattara* au Maroc, *Mkoula* ou *Ngoula* en Tunisie, *fouggar* en Algérie et *galerias* en Espagne (3).

Figure 3. Origine et diffusion du système de galeries d'eau dans le monde et ses appellations diverses selon les pays



Pays	Nom donné au système
<u>Afghanistan</u>	<u>Kariz</u>
<u>Algérie, Tunisie, Lybie</u>	<u>Fouggara, Mkoula, Ngoula</u>
<u>Chine (Xinjiang Uyghur)</u>	<u>Kanjing, Karez</u>
<u>Iran</u>	<u>Qanat</u>
<u>Italie (Sicile)</u>	<u>Ingruttato (s.), Ingruttati (pl.)</u>
<u>Japon</u>	<u>Mambo, Mappo</u>
<u>Corée</u>	<u>Ma-nan-po</u>
<u>Amérique Latine</u>	<u>Galerias, Puquio</u>
<u>Maroc</u>	<u>Khattara, Rhettara</u>
<u>Oman</u>	<u>Falaj (s.), Aflaj (pl.)</u>
<u>Espagne et les îles Canaries</u>	<u>Galerias, Mayrit</u>
<u>Syrie</u>	<u>Qanat Romani</u>
<u>Yémen</u>	<u>Felledj, Ghail, Mivan</u>

Source : Adapté de Al-Ghafri et al. 2003, p. 33, cité par Megdiche-Kharrat et al., 2015, p. 221.

1.2.3. Gestion des galeries d'eau et partage de l'eau

Le système de galeries drainantes constitue une propriété commune. Il est géré par un comité administratif et les usagers eux-mêmes. Dans la plupart des cas, les parties prenantes se partagent la responsabilité d'élire un responsable (*Mirab* en Iran, *Wakil* en Oman) qui, avec l'aide d'assistants, veille au bon fonctionnement du système, gère son budget, répartit l'eau entre les utilisateurs et résout les conflits. L'eau est distribuée aux agriculteurs selon le nombre de parts que possède chacun. Cela dépend de la superficie des terres possédées et/ou de la contribution à la construction de la galerie (Al-Ghafri et al., 2003, p. 29). Les parts sont distribuées en temps d'irrigation et selon un calendrier bien précis de jours de rotation (Wessels, 2005, p. 249), qui diffère d'une galerie à une autre. Par exemple, l'eau du *falaj Al-Khatmeen* à Birket Al-Mouz (province de Nizwa, Oman) est distribuée aux propriétaires selon 865 *athar* (l'équivalent de 15 min), dans un cycle (*dawaran*) de 9 jours (MRMWR, 2009, p. 39).

2. Méthodologie

Cette recherche est menée dans le cadre d'un travail de thèse qui étudie les galeries d'eau (*aflaj, qanâts*), et qui les présente en tant que systèmes ancestraux de captage d'eau souterraine de façon durable, générateurs de paysages spécifiques. L'étude expose le résultat de plusieurs actions : (1) La collecte de données générales à propos des galeries drainantes à travers une revue de la littérature ; (2) La participation à un symposium international traitant de ce sujet (Conférence internationale « Qanât et Architecture », du 8 au 9 nov. 2014, à Yazd, en Iran) ; (3) La participation à l'atelier « *Re-use, Re-cycle* » Yazd (10-17 nov. 2014, en Iran) ; (4) Un voyage d'étude et une visite des sites importants pour la collecte de données spécifiques *in situ* en Oman, en Iran et en Espagne ; (5) Des entretiens avec des experts d'Iran, d'Oman, de Tunisie et d'Espagne et de bien d'autres pays tels que la France, l'Algérie, l'Iraq, la Chine et l'Azerbaïdjan lors de la 6^{ème} réunion du Conseil d'administration du ICQHS-UNESCO (*International Center on Qanats and Historic Hydraulic Structures*), le 8 novembre 2014, à Yazd, en Iran.

3. Résultats et discussions

Les galeries d'eau existent dans plusieurs pays du monde ; elles sont plus recensées en Iran qu'ailleurs. En 2014, les autorités iraniennes ont déclaré l'existence d'environ 37 000 *qanâts* actifs, assurant un débit annuel estimé à 7 milliards de mètres cubes (S.Yazdi et L.Khaneiki, 2014). A Oman, il existe 4 112 *aflaj* inventoriés, dont 3 017 sont toujours actifs et 1 000 sont dotés d'un tunnel souterrain (MRMWR, 2008). En Tunisie, en 2013, 127 *foggaras* ont été inventoriées, dont seulement 21 sont à peine actives et 23 en bon état de conservation (Hermozilla et Moussa, 2011; Hermozilla et Moussa, 2012;

Hermozilla et Moussa, 2013). En Algérie, plus précisément dans la région d'Adrar, l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) a inventorié, entre 1998 et 2015, 1 942 foggaras qui irriguent 16 000 ha de palmeraies (Ansari, 2015, pp.166-172). L'Espagne compte 8 136 galeries drainantes (*galerías de agua*) connues, 3 012 en Andalousie, 1 572 dans les Îles Canaries et 1 143 en Catalogne, le reste étant réparti dans d'autres régions du pays (Antequera et al., 2014, p. 1145).

3.1. Construction des galeries d'eau

La construction des galeries d'eau se fait par une main-d'œuvre qualifiée et spécialisée (appelés *bayadir*, en Oman). Le tableau 1 nomme, en prenant le cas de l'Iran en exemple, les différents spécialistes de ce savoir-faire et explique le rôle de chacun dans le long processus de construction.

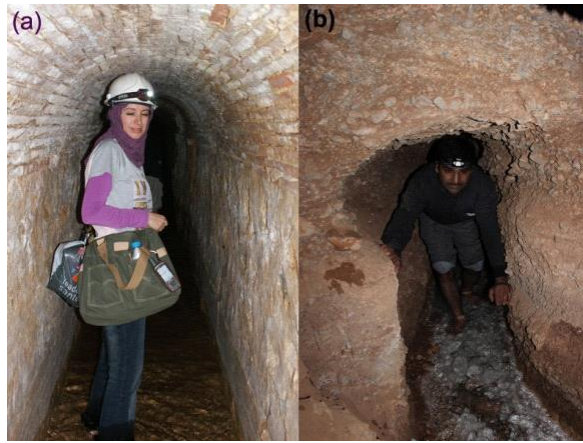
Tableau 1. Equipe de construction et de maintenance des galeries drainantes : le cas des *qanâts* d'Iran

Statut	Fonction	Emplacement	Descriptif du rôle
Karshenas	Superviseur	À la surface	décide où creuser en commençant par localiser le puits mère à la surface
Ostad kar , Muqani	Maître ouvrier, ouvrier qualifié	Dans le tunnel souterrain	creuse le tunnel souterrain du <i>qanat</i>
Gelband	Collecteur de terre excavée	Dans le tunnel souterrain	collecte la terre et cailloux excavés derrière le <i>Muqani</i> et constitue par ailleurs son apprentis
Lashe kesh	Débarrasseur de terre excavée	Dans le tunnel souterrain	déplace le seau rempli de terre excavée vers
Charkh kesh	Opérateur de treuil ou de moulie	À la surface	tire le seau hors du puits

Source : Adapté de Semsar Yazdi & Labbaf Khaneiki, 2012, p. 122.

La longueur du tunnel souterrain varie d'une galerie à l'autre, mais cette largeur dépasse rarement la distance entre deux coudes, les bras tendus vers les côtés (S Yazdi et L Khaneiki, 2013). Sa hauteur moyenne, au Moyen-Orient, varie entre 1,25 et 1,4 m. Cependant, il a été observé que les galeries souterraines de l'Afrique du Nord et de l'Europe méditerranéenne sont plus hautes, ce qui permet de s'y tenir debout (Fig 4). Pour éviter les effondrements, le tunnel comporte parfois des voûtes en briques cuites ou est soutenu par des blocs de pierres (Yazdi et Khaneiki, 2013) (Fig 5).

Figure 4. Taille des tunnels de galeries d'eau : (a) La galerie d'eau Font Del Port à Albaida, province de Valence, Espagne, juillet 2014 ; (b) Le *qanat* de Ghassem Abad au sud de Yazd, Iran, novembre 2014.



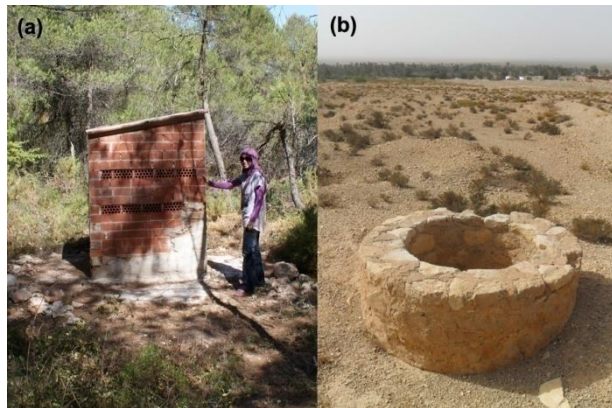
Source : Megdiche-Kharrat.

Figure 5. Etalement en pierres et voûtes en briques cuites locales des tunnels de galeries d'eau : (a) La galerie d'eau Font Del Port à Albaida, province de Valence, Espagne, juillet 2014 ; (b) Le *qanat* de Ghassem Abad au sud de Yazd, Iran, novembre 2014.



Source : Megdiche-Kharrat.

Figure 6. Protection des puits d'aération des galeries d'eau : (a) La galerie d'eau Font Del Port à Albaida en province de Valence, Espagne (juillet 2014) ; (b) La galerie Ain El Guettar à Gafsa, Tunisie



Sources : (a) Megdiche-Kharrat ; (b) Hermozilla et Moussa, 2011

Les puits verticaux accédant au tunnel de la galerie présentent généralement des diamètres inférieurs à 1 m (60 à 75 cm en Iran). Leur profondeur, très variable, dépend du niveau des nappes, allant de quelques dizaines de mètres (17,5 m pour le puits mère de *falaj Al-Khatmeen* à Birket Al-Mouz, en Oman) à une centaine de mètres (cas du puits mère du *qanât Ghassabe* à Gonabad, en Iran) (S Yazdi et L Khaneiki, 2014, p. 14). À la surface, les entrées des puits sont souvent protégées par des couronnes de pierres locales enduites ou par des petites constructions semi-fermées (Fig 6).

3.2. Des édifices annexes aux galeries d'eau

3.2.1. Les forts

Les forts sont des constructions militaires très répandues au Moyen-Orient, ils se caractérisent par des remparts et plusieurs tours de contrôle. En Oman et en Iran, certains forts sont construits au-dessus du réseau d'irrigation des galeries d'eau, ce qui permet d'irriguer les petites parcelles cultivées dans l'enceinte du fort comme c'est le cas dans le village de Ghassem Abad, à Yazd, en Iran, où le fort date d'environ 300 ans (figure 7). Pour certains forts, il s'agissait d'affirmer une forme de souveraineté au moyen du contrôle de l'eau. L'eau du *falaj Al-Khatmeen* à Birket Al Mouz, en Oman, qui date d'environ 350 ans, passait tout d'abord par le fort Bait Al-Rudaida, puis est conduite vers les terres des agriculteurs ; cette eau pouvait être déviée et dirigée vers des réservoirs situés au sein même du fort (Fig 7).

Figure 7. Fort du village de Ghassem Abad à Yazd en Iran, la photo de droite montre un des canaux d'irrigation du *qanât* traversant le jardin du fort (novembre 2014)



Source : Megdiche-Kharrat.

Figure 8. Le fort Bait Al-Rudaida à Birket Al Mouz en Oman, la photo de droite montre l'entrée du canal principal de *falaj Al-Khatmeen* dans l'enceinte du fort avant de rejoindre les terres des agriculteurs (avril 2014)



Source : Megdiche-Kharrat.

3.2.2. Les moulins à eau

Les moulins à eau sont des structures qui servent à moudre et à broyer les graines. En Iran comme en Espagne, certains moulins travaillent avec l'énergie produite par les eaux des galeries d'eau. En Iran, le moulin à eau se présente comme un édifice souterrain connecté au canal d'un *qanât* (Fg 8). En descendant en une chute libre, qui peut atteindre une dizaine de mètres, l'eau pousse les pales en bois du *rotor* et fait tourner, par suite, la meule supérieure (S Yazdi et L Khaneiki, 2013). Le frottement généré entre les deux meules réduit les grains en farine.

Figure 9 : Moulin à eau du *qanât* de Zarch à Yazd, en Iran (novembre 2015) : (a) La descente vers le moulin ; (b) La partie centrale du moulin où se trouve le rotor en bois, les meules et le bac à recevoir la farine ; (c) L'eau du *qanât* descendant en chute libre pour pousser les pales du rotor



Source : Megdiche-Kharrat.

En Espagne, cette technique est largement répandue. Certaines galeries d'eau font fonctionner plusieurs moulins à la fois. Dans la province de Valence, par exemple, neuf moulins ont été construits sur le passage du réseau d'irrigation de la galerie d'eau Font Del Port à Albaida (Hermosilla, 2012). Ces édifices sont partiellement enterrés, et les constructeurs profitent de la nature topographique de la région pour installer les moulins en cascade, en suivant la pente du terrain.

3.2.3. Les réservoirs d'eau et les tours à vent

Les réservoirs d'eau sont des bâtiments publics urbains, très répandus en Iran. Il s'agit de structures souterraines ou semi-enterrées qui stockent les eaux des *qanâts* et en permettent l'accès pour un usage domestique.

Chaque réservoir d'eau se compose de plusieurs parties : une citerne à plan carré, octogonal ou circulaire, et dont les dimensions dépendent du débit de l'eau ; le toit de la citerne (en dôme) ; plusieurs tours à vent (de 1 à 6) ; des escaliers dépassant généralement une trentaine de marches ; et un portail d'entrée en briques cuites apparentes et très ornementées (S Yazdi et L Khaneiki, 2013, p. 38) (Fig 10 et 11). Pour assurer leur étanchéité, les citernes sont badigeonnées de *sarouj*, un mélange de chaux, d'argile et de paille hachée (S Yazdi et L Khaneiki, 2013). En Espagne, plusieurs réservoirs d'eau potable, dotés d'une structure en arcades et d'une toiture voûtée, ont été construits autour des sources d'eau vers la fin du XIX^{ème} siècle (Soloaga et Martínez, 2014).

Figure 10. Le réservoir d'eau du site funéraire des Zoroastriens, construit sur le parcours du *qanat* Ghassem Abad au sud de Yazd, en Iran. Seuls, l'entrée (présentée sur la photo de droite), le dôme et les deux tours à vent sont visibles à la surface, le reste de l'édifice étant souterrain (novembre 2014).



Source : Megdiche-Kharrat.

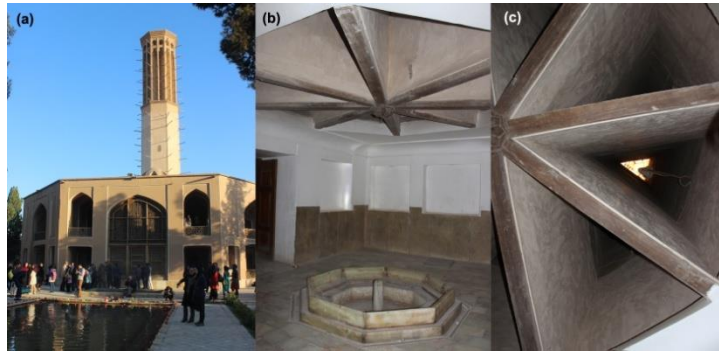
Figure 11. Le réservoir d'eau Rostam-e Giv au centre-ville de Yazd, en Iran. Celui-ci date de plus de cent ans et est doté d'une citerne de 15 m de profondeur et de 4 tours à vent (novembre 2014).



Source : Megdiche-Kharrat.

Les tours à vent (*badgir*, *malqaf*) sont des structures traditionnelles très utilisées au Moyen-Orient pour rafraîchir l'intérieur des demeures. Elles présentent un plan carré ou octogonal et une hauteur très variable qui peut atteindre une trentaine de mètres (Fig 12). Les sections verticales construites longitudinalement à l'intérieur de la tour favorisent la circulation de l'air. Parfois, sous la tour, se projette une petite fontaine qui, avec la circulation de l'air, favorise une climatisation naturelle.

Figure 12. La tour à vent la plus haute au monde dans le jardin Dolat Abad à Yazd, en Iran : (a) La tour est construite dans la perspective du bassin d'eau du *qanât* Dolet Abad ; (b) La fontaine en marbre sous la tour à vent ; (c) Les sections verticales coupant longitudinalement la tour en huit parties égales, à bases triangulaires (novembre 2014)



Source : Megdiche-Kharrat.

3.2.4. Les oasis, paysages typiques irrigués par l'eau des galeries

Le Sultanat d'Oman se caractérise par une topographie très singulière dominée, au nord, par la chaîne de montagnes Al-Hajar, avec des pics qui peuvent atteindre jusqu'à 3 000 m d'altitude (El-Baz, 2002 cité par Megdiche-Kharrat et al., 2017a). Au piedmont se développent des oasis et des palmeraies alimentées par des galeries d'eau typiques nommées localement *aflaj*. Les *aflaj* sont de trois types : *aini*, *ghaili* et *dawoudi*. Les deux premiers types captent l'eau des sources et des *wadis*, tandis que le troisième draine l'eau des nappes phréatiques par le biais de tunnels souterrains (Costa, 1983, p. 275 cité par Megdiche-Kharrat et al., 2017b). Nizwa est une ville oasis, située au nord d'Oman, et est connue pour ses nombreux *aflaj* de type *dawoudi* qui alimentent la population locale en eau potable et d'irrigation. Ces systèmes hydrauliques spécifiques ont induit une occupation du sol très particulière. Il s'agit d'une trame irrégulière d'habitations, parsemée d'aires plantées et de petites palmeraies, qui rafraîchissent les quartiers et leur donnent un caractère très paisible (Fig 13).

Figure 13. Plantations et palmeraies dans le quartier Al-Alaya irriguées par l'eau du *falaj* Daris à Nizwa, Oman (juin 2015)



Source : Megdiche-Kharrat.

En Tunisie, les galeries d'eau, appelées locale *mentmkoula*, *ngoula*, ou encore *foggaras*, existent dans des régions où la pluviométrie est faible (en dessous de 500 mm par an) (Hermosilla et Moussa, 2011).

Au Sahara, dans le sud du pays, les conditions environnementales et climatiques sont sévères. Les communautés locales ont réussi à s'adapter grâce à ce savoir-faire relatif à l'acquisition de l'eau, leur ayant permis une utilisation rationnelle de la ressource. Ainsi ces *foggaras* ont généré, dans la région Nord-Africaine, des systèmes agro-urbains comme les oasis, capables de se maintenir et de se développer dans des milieux hostiles (Laureano, 2005 cité dans Hermosilla et Moussa, 2011).

En fait, il existe plusieurs types d'oasis dont la typologie varie en fonction de la morphologie du terrain et du type de captage de l'eau (puits, galeries drainantes) : l'oasis du *wadi*, l'oasis du désert de sable et l'oasis de *sebkha* (Hermosilla et Moussa, 2011). En Tunisie, dans la région de Gafsa, 29 *foggaras* ont été localisées : 2 à Lortoss et 27 à El Guettar (commune d'El Guettar Ouest) (Moussa, 2005). Ces galeries drainantes, construites sur le versant méridional du Djebel Orbata, irriguaient l'oasis El Guettar par l'eau de la nappe phréatique située au piedmont de cette montagne et selon un glaciais de 6 à 8 km de longueur (Hermosilla et Moussa, 2011) (Fig 14).

Figure 14. Oasis El Guettar à Ain Bousoufa dans le gouvernorat de Gafsa, Tunisie



Source : Hermosilla et Moussa, 2011, p. 66.

4. Discussion

La plupart des experts en galeries d'eau considèrent que cette technique est originaire du Moyen-Orient. Elle s'est diffusée vers l'Est, le long de la route de la soie : l'oasis de Tourfan en Chine est un exemple éminent d'oasis qui doit son existence aux nombreux *karez* (*qanâts*) qui l'irriguent (Hopkirk, 1980). Vers l'Ouest, la technique a été transmise par le biais des conquêtes arabes ; il est d'ailleurs notable qu'en Espagne, l'Andalousie affiche le nombre le plus élevé de galeries d'eau du pays (Antequera et al., 2014). Cet héritage commun, dans sa diversité géographique, fait face à plusieurs enjeux d'ordre climatique, économique, social et culturel. Dans certains pays tels que la Tunisie, les galeries sont pratiquement toutes asséchées ; mais dans d'autres comme l'Espagne, Oman et l'Iran, elles continuent jusqu'à nos jours à fournir l'eau potable et à irriguer les terres cultivées. Leur état de conservation diffère : certaines galeries d'eau sont encore en parfaite condition tandis que beaucoup d'autres sont négligées et se détériorent progressivement. Les édifices annexes aux galeries tels que les réservoirs et les moulins à eau sont, soit abandonnés, soit déviés de leurs rôles originels. Néanmoins, ils sont reconnus en tant que patrimoine culturel et ont été restaurés et transformés en musées, comme certains moulins à eau en Espagne, alors que d'autres, en raison de leurs spécificités architecturales, constituent une attraction importante pour le tourisme culturel (cas de l'Iran). De nos jours, plus d'efforts sont nécessaires de la part des autorités et des populations concernées pour sauvegarder aussi bien ce savoir-faire ancestral que ses manifestations spatiales.

Conclusion

Le *qanât* apparaît comme un écosystème humain qui interagit avec les environnements biotiques et abiotiques dans le contexte de la société humaine (Honari, 1989 cité par Wessels, 2005). Par ailleurs, il est remarquable que les

galeries d'eau soient profondément impliquées dans la genèse de paysages typiques qui se reproduisent dans des contextes géographiques très divers.

La construction de ces paysages, à la fois communs et variés, à travers des infrastructures et un savoir-faire ancestral, se manifeste par des paysages cultivés, tels que les oasis et les palmeraies, et par des architectures typiques tels que les forts, les moulins à eau, les réservoirs d'eau et les tours à vent. Ce patrimoine qui défie les limites territoriales des pays allant du Moyen-Orient jusqu'aux deux rives de la Méditerranée constitue une richesse que l'on doit protéger, revaloriser et intégrer dans des contextes spatiaux rentables (culturellement et économiquement), viables et surtout durables.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement tous ceux qui ont aidé à l'accomplissement de ce travail. Une reconnaissance spéciale s'adresse aux experts Dr. Ali A. Semsar. Yazdi et M. Majid Labbaf Khaneiki d'Iran, Dr. Abdullah Al-Ghafi d'Oman et Dr. Jorge Hermosilla, Dr. Miguel Antequera et M. Ghaleb Fansa d'Espagne pour leur coopération et leur assistance, notamment sur sites, et la qualité des informations fournies.

BIBLIOGRAPHIE

AL-GHAFRI A, INOUE NAGASAWA T, 2003, Daudi Aflaj: the Qanat of Oman, *Proceedings of the Third Symposium on Xinjiang Uyghor*, China: pp.29-36

ANSARI T, 2015, Mapping living heritage: the foggara of Adrar, Algeria. In SEMSAR YAZDI et A. R. BAHRI (Eds.), *Proceedings of IWA Workshop on Evolution of Qanat and Relevant Hydraulic Technologies, 8-10 November 2015, Yazd, Iran* (pp. 166-180). Yazd : UNESCO-ICQHS

ANTEQUERA M, IRANZO E, HERMOSILL, J, 2014, Las galerías drenantes en España: cuantificación y clasificación tipológica de los sistemas horizontales de captación de aguas subsuperficiales, *Actas del Congreso Internacional, Regadío, Sociedad, Territorio*, SANCHIS C, PALAU-SALVADOR G, MANGUE I, MARTINEZ-SANMARTIN L-P, (Eds.), Homenaje a T. F. Glick, Valencia, 25-27 sep. 2014, Valence : pp. 1139-1154

BEAUMONT P, 1971, Qanat systems in Iran, *International Association of Scientific Hydrology, Bulletin*, 16:1, pp. 39-50(Enligne: <http://dx.doi.org/10.1080/02626667109493031>)

CAUQUELIN A, 2011, *L'invention du paysage* (3e éd.), Paris : Presses Universitaires de France

- COSTA P-M, 1983, Notes on Traditional Hydraulics and Agriculture in Oman, *World Archeology*, 14:3, pp. 273-295
- DASTUR F, 2011, Phénoménologie du paysage, *Projets de paysage*,5(Enligne: http://www.projetsdepaysage.fr/fr/phenomenologie_du_paysage)
- DAVODEAU H, 2008, Le « socle », matériau du projet de paysage, *Projets de paysage*, 1(En ligne: http://www.projetsdepaysage.fr/fr/le_socle_materiau_du_projet_de_paysage)
- DONADIEU P, REJEB H, 2009, *Abrégé de Géomédiation Paysagiste*, Tunisie : Imprimerie Officielle
- ENGLISH P-W, 1968, The origin and spread of qanats in the Old World, *Proceedings of the American Philosophical Society*, 112:3, pp. 170-181
- GOBLOT H, 1979, *Les qanâts: une technique d'acquisition de l'eau*, Paris, Mouton Editeur
- HERMOSILLA J, 2012, Las galerías de agua en la cuenca hidrográfica del Júcar: un patrimonio hidráulico en el Mediterráneo español, *Colección Patrimonio Hidráulico*, 3, Valencia : Confederación Hidrográfica del Júcar y Departament de Geografia, Universitat de Valencia, pp. 199-229
- HERMOSILLA J, MOUSSA M, 2011, *Les galeries d'eau Tunisiennes : Les gouvernorats de Kebili, Tozeur, Gafsa et Gabès*, Vol. 1-2 et 3, Valencia : ESTEPA
- HOPKIRK P, 1980, *Foreign Devils on the Silk Road*, Amherst, The University of Massachusetts press
- LACOSTE Y, 2009, *De la géopolitique aux paysages, Dictionnaire de la géographie*, Paris, Armand Colin
- LAMBTON, A-K-S, 1989, The origin, diffusion and functioning of the qanat, *Qanat, Kariz and Khattara: Traditional water systems in the Middle East and North Africa*, London, MENAS Press LTD, pp. 5-12
- MEGDICHE-KHARRAT F, MOUSSA M, 2014, The Qanat as a Crucial Antique Water Acquisition System Common to Arid Zones' Communities: Two case Studies, Foggaras in Tunisia and Aflaj in Oman, *The International Journal Research Publications, Singapore (TIJRP)- Research Journal of Social Science & Management - RJSSM (ISSN2251-1571)*,3: 12 (2014) issue le 1er Avril 2014
- MEGDICHE-KHARRAT F, MOUSSA M, RAGALA R, 2015, Assessing Qanat Water Governance in terms of Sustainability, Equity and Integrity : the Case Study of Ghassem Abad Qanat in Yazd Province, Iran. In A. A. SEMSAR YAZDI A, BAHRI R (Eds.), *Proceedings of IWA Workshop on Evolution of Qanat and Relevant Hydraulic*

Technologies, 8-10 November 2015, Yazd, Iran (pp. 219-231). Yazd, UNESCO-ICQHS

MEGDICHE-KHARRAT F, MOUSSA, M, REJEB, H, 2017a, *Aflaj* Water Management in Oman : The Case of *Falaj Al-Khatmeen in Birkat Al-Mouz*, Wilayat Nizwa. In M. OUESSAR, D. GABRIELS, A. TSUNEKAWA et S. EVETT (Eds), *Water and Land Security in Drylands*, Gewerbestrasse, Switzerland: Springer International Publishing AG. DOI : 10.1007/978-3-319-54021-4_12

MEGDICHE-KHARRAT F, RAGALA, R, Moussa, M, 2017b, The Aqueducts of the Sultanate of Oman. Sustainable Water-Supplying Systems Irrigating Oases Cities. In A. N. Angelakis, E. chiotis, S. Eslamian, et H. Weingartner (Éds.), *Underground Aqueducts Handbook*. Boca Raton, U.S.A, CRC Press.

MINISTRY OF REGIONAL MUNICIPALITIES AND WATER RESOURCES, 2008, *Aflaj Oman in the World Heritage List*, Mascate, Le Sultanat d'Oman

MINISTRY OF REGIONAL MUNICIPALITIES AND WATER RESOURCES, 2009, *Experimental Project for Archiving Ownerships and Norms and Sunan and data related to aflaj*, Mascate, Le Sultanat d'Oman

MONTILLET P, 2011, Les trois âges du paysage, *Projets de paysage*, 6 (En ligne: http://www.projetsdepaysage.fr/fr/les_trois_ages_du_paysage)

MOUSSA M, 2005, "Foggara" Inventory, Analysis and Valorization of Traditional Water Techniques of European and Saharan Drainage Tunnels, ICA3-2002-10087, Institut des Regions Arides, Medenine, Tunisie

PITTE J-R, 1989, *Histoire du paysage français (Vol. 1) Le sacré : de la Préhistoire au 15e siècle* (3e éd.), Paris, Tallandier

SEMSAR YAZDI A et LABBAF KHANEIKI, M, 2014, Qanats of Iran and Yazd at a Glance, *Proceedings of the Workshop on Qanat and Architecture "Re-use, Recycle Yazd"*, 8-17 Novembre 2014, Yazd, Iran: UNESCO-ICQHS

SEMSAR YAZDI A, LABBAF KHANEIKI, M (Éds.), 2012, *Qanat in its cradle: Situation of qanat (karis, karez, falaj) in the world*, Iran, Shahandeh Publications Co.

SEMSAR YAZDI, A A et LABBAF KHANEIKI, M, 2013, *Veins of desert: A review on the technique of qanat/ falaj/ karez*, Iran, IWRMO

SOLOAGA A-M, MARTÍNEZ J-L, 2014, El Barranco de los Molinos y las Huertas Mayores en Ibi (Alicante). Paisajes hidráulicos a proteger. *Actas del Congreso Internacional, Regadío, Sociedad, Territorio*, SANCHIS, C, PALAU-SALVADOR G, MANGUE, I, MARTINEZ-SANMARTIN, L-P (Éds.). Homenaje a T. F. Glick, Valencia, 25-27 sep. 2014, Valence: pp. 1083-1104

WESSELS J-I, 2005, Criteria for renovating and using ancient qanats in Syria-case studies, *Proceedings of the International Frontinus Symposium 2-5 October 2003*, Walferdange, Luxemburg: pp. 249-262