

Dégradation du Patrimoine Hydraulique Bâti : entre Saturation Hydrique et Dessiccation des Sols Urbains et Péri-urbains.

SORS Edouard.F.

Architect

Ecole d'Architecture Paris Belleville

France

edouard.sors@hotmail.com

ABSTRACT

Urban landscapes are shaped by the long-term confrontation between local needs and regional means, by the interactions developed between men's pluri-generational activity and their immediate environment. The XXI century actors of the built environment, confronted to the urban sprawl phenomenon, are starting to acknowledge the necessity of considering ancestral hydraulic systems in territorial management. This paper shall briefly sketch the morphological genesis of three cities: Bukhara (Uzbekistan), Venice (Italy) or Marrakech (Morocco) shaped by regional and local water courses and needs. It shall focus on their water conservation systems and more specifically on Marrakech's khetaras, on the risks associated to their erosion or neglectful burying, and finally on benefits of their integration in planning.

Introduction Les cités historiques de Boukhara, Venise se distinguent d'autres villes de par une croissance graduelle au cours de laquelle la part des sols alloués à la culture fut remplacée par du bâti et des systèmes de conservation de l'eau, voire de son traitement. Ces artifices d'interaction hydrique sont furent pas dûment reconnus en leur temps comme parti intégrante du sol : leur fonctionnement jusqu'au début du 20^{ème} siècle fut condamné par l'émergence de nouvelles techniques d'extraction de l'eau et de nouveaux modes de consommation, ces dernières ayant largement contribué à la dégradation des sols auparavant entretenus. Il en ira de même à Marrakech qui s'étend hors les murs si rien n'est fait pour mieux gérer son patrimoine hydraulique, invisible puisque enterré.

'Toutes les rivières commencent en montagne et aboutissent en mer ou dans les bas-fonds. Sur leur passage elles irriguent les cités et les villages.' Al Qazwini (1203-1283)

Matériel 1 / zone humide et assèchement La ville de **Boukhara** se situe au cœur d'une plaine dont le caractère humide date de l'optimum post-glaciaire (3500 av. J.C.) et résulte de la résurgence des eaux souterraines de l'ancien cours endoréique du Zaravshan. Aujourd'hui encore appelée oasis de Boukhara, cette zone marécageuse dans une région aride fut entretenue à renfort de déblais et remblais afin de drainer les sols saturés d'eau, canaux et plans d'eau assurant l'irrigation d'une terre riche. Après la présence perse, l'occupant grec fit réaliser un mur de 250 km pour protéger le périmètre de l'oasis des vents, du sable et des invasions. Divers établissements ruraux devinrent de véritables foyers urbains en s'enrichissant, l'exportation d'une partie de la production agricole permettant le développement des échanges commerciaux. Ce fut le cas de Boukhara, capitale de la civilisation sogdienne, qui après mille ans d'existence (de 600 av J.C.jusqu'en 400 ap J.C.) était connue jusqu'en Chine comme 'la ville ceinte de cinq murailles et entourée d'eau'.

Shéma 1

Méthode 1 / irrigation et bassins de retenue Alors que la ville devint le siège du pouvoir Samanide après les invasions Omeyyades, le bâti n'eut de cesse de gagner sur les terres agricoles, intégrant lors de sa croissance les ariks, tazar et autres canaux d'irrigation au

tissu urbain. La perte de terrains irrigables au profit de constructions ne se fit pas sans prévoir des dégagements qui en ville conserveraient l'eau sans la laisser réinfiltrer le sol. Les bassins permettant de dispenser l'eau aux citadins tout en préservant de la ruine le bâti furent appelés **khaouz**, terme persan désignant un lieu ou un objet destiné à conserver d'eau. Boukhara intramuros disposait au début du 20^{ème} siècle de plus de 130 khaouz soit une surface totale d'eau de 38368 m² et un volume de 82 520 m³¹. Toutefois cette estimation correspond à la capacité de retenue d'eau de l'ensemble des canaux et bassins : elle ne reflète pas la réalité du volume d'eau réellement retenu dont le maximum était atteint au début de l'été lors des fontes de neiges du glacier alimentant le Zarafshan et de la mise en charge des bassins. Shéma 2 Résultats 1 / enterrement puis saturation En effet, l'eau du réseau hydraulique appelé Fashun, perfectionné au cours des siècles, venait parfois à manquer : cette pénurie associée à la chaleur extrême était alors des facteurs d'insalubrité : l'eau trouble et organiquement riche devenait un vecteur de maladies, un générateur de miasmes et un incubateur de vie larvaire. L'entretien, le curage des parois et le dragage des fonds, était donc primordial pour des raisons d'hygiène publique mais était négligé quand les caisses publiques étaient vides ou quand Boukhara était soumise à un pouvoir extérieur, comme pendant la guerre qui opposa l'Emir de Boukhara aux forces russes dans les années '20. Ce sont d'ailleurs ces dernières qui dans les années '30 firent condamner la quasi-totalité des khaouz, détruire leur parois et remplir de terre les bassins, ignorant leur rôle régulateur dans la gestion des eaux du sous sol. Les conséquences de cette table rase sont aujourd'hui visibles : les remontées capillaires et les efflorescences de sel ont causé la dégradation de nombreux monuments de la cité. Les risques d'enfoncement de terrain sont accrus avec l'augmentation de l'hygrométrie du sol. Shéma 3

'Les puits se différencient par leur débit et leur niveau même s'ils sont rapprochés et captent le même niveau aquifère.' Al Bassal agronome de l'école Andalouse

Matériel 2 / bande côtière ou petite île Inscrit dans une lagune, l'archipel d'îles qui constitue **Venise** est le résultat de l'interaction entre les courants d'origine continentale et les marées de la mer Adriatique. La forte charge sédimentaire des rivières de la plaine du Pô et les sables littoraux furent les principaux facteurs positifs à l'émergence d'un sol habitable au milieu de la plaine liquide. La volonté de hommes de se protéger des attaques venant principalement de la terre fut le principal facteur discriminant l'augmentation des terres émergées. Initialement habitée par des communautés de pêcheurs, la ville de Venise au 8^{ème} siècle fut fondée par des populations de la terre ferme fuyant les invasions barbares. Les quelques champs ou *campi*, faisant l'objet d'enrichissements organiques par leurs exploitants et que seules les pluies alimentaient ne suffirent bientôt plus à alimenter la cité qui dès la première heure dépendit de l'import d'eau et de denrées. Shéma 4

Méthode 2 / sol artificiel, citernes filtrantes Le paradoxe de cette cité lagunaire était d'être entourée d'une eau saumâtre et de manquer d'eau potable. Trois siècles après sa fondation religieuse et politique, alors que la ville devenait une force militaire et un centre commercial florissant, elle dépendait encore d'arrivages quotidiens d'eau claire acheminée par barque depuis la bande côtière et d'éventuels points de stockage. Ça n'est qu'au début du 13^{ème} siècle que Venise développa un système de récolte et de filtration des eaux pluviales qui lui permit deux siècle plus tard d'être quasi autonome en eau pendant une partie de l'année. Le dispositif du **puits vénitien** est celui d'une forme de réduction homothétique de bassin

1 Matériaux sur l'histoire et sur la théorie de l'Ouzbékistan / T.A. Davidovitch et notes de Rempel et Prof. Issaev / Institut de médecine tropicale en Ouzbékistan -1950

versant : l'eau de pluie était récoltée sur les toits, acheminée par gouttière jusqu'au sol où elle s'écoulait dans des rigoles qui en assuraient le déversement régulier dans une citerne enterrée remplie de sable ; après percolation, l'eau passait à travers le fût poreux du puits qui accumulait l'eau ; les hommes puisaient cette eau à partir d'une margelle émergeant de la citerne. Les puits vénitiens se substituèrent aux campi, transformant ces champs verts en autant d'aquifères artificiels pavés en surface et servant de source à des quartiers entiers. On trouvait également des puits dans les cours de maisons et dans le bâti même. *Shéma 5*

Résultats 3 / condamnation et infiltrations Les quelques trois cents puits vénitiens, la majorité était publique, et faisait l'objet de la plus grande attention de la part des autorités compétentes pendant plus de 500 ans, tant pour des enjeux de pouvoir dus à une eau rare que pour des raisons de salubrité publique, les risques de contamination des eaux au niveau des rigoles étant très grands (montées des eaux de la lagune, pollution d'origine organique...) Des études réalisées au milieu du 19^{ème} siècle² prouvèrent le caractère potable de cette eau mais la réalisation d'un aqueduc en 1884 entraîna l'abandon quasi immédiat du dispositif ; les margelles des puits sont depuis condamnées. L'ensemble du sol artificiel que constituaient ces citernes closes avait une inertie, celle que lui conférait l'eau. Avec la condamnation des entrées d'eau pluviale et le graduel assèchement des parois d'argile des vasques enterrées, les puits vénitiens sont devenues par endroits des poches poreuses enclines à admettre des infiltrations souterraines d'eau saumâtre. Ces pertes d'étanchéité sont un des facteurs aggravant la tendance qu'a la cité sur les eaux, de s'y enfoncer lentement. *Shéma 6*

'L'intérieur de la terre est poreux [...] Si l'eau n'a pas la force d'émerger en surface, elle restera contenue dans les couches terrestre et ne réapparaîtra que dans les galeries et les puits.' Ibn Sinna (Avicenne-né à Boukhara 980-1037)

Matériel 3 / zone aride Etendue au nord de l'Atlas dans le bassin de l'oued Tensift, **Marrakech** est née de la volonté des tribus du sud *maghreb* de créer une ville ou siégerait le pouvoir berbère disputant l'autorité arabe andalouse. Au dire d'un chroniqueur almoravide, le site était originellement *'un lieu désert où seules courent les gazelles et les autruches et où ne pousse que le jujubier.'* En fondant Marrakech en 1062 Youssef Ben Tachfin, fit appel à des puisatiers du sud de l'Atlas et à un savoir faire importé de Perse. Al Idrisi rapporte en 1154 dans *'La première géographie de l'Occident'* : *'L'eau dont les habitants ont besoin pour arroser leurs jardins est amenée au moyen d'une technique vraiment ingénieuse dont l'invention est due à Ubayd Allah ibn Yunis al Mohendis (le technicien) et qui n'est praticable que parce que la nappe phréatique est peu profonde et atteinte en creusant au-dessous de la surface de la terre.'* Cette technique de drainage de l'eau souterraine par le creusement de galeries ponctuées de puits était inspirée des qanat d'Iran et se fit appelée **khattara**, d'après les puits à balancier de l'Anti-Atlas ou d'après la racine *'khatt'*, signifiant la ligne en arabe.³ *Shéma 7*

Méthode 3 / aquifère, galeries souterraines La technique des khattara sur l'ensemble du *Haouz* (bassin) de la plaine de Marrakech. En à peine 150 ans, on réalisa un demi millier de khattaras permettant ainsi à la *'ville sise sur un océan d'eau douce'* d'être exportatrice de sa production agricole 250 ans seulement après sa fondation. Le principal inconvénient de la réalisation des khattaras sur l'ensemble du territoire fut la perte structurale d'un quart de l'espace arable : en effet la khattara a un coefficient d'occupation du sol par hectare irrigué élevé (0.266). Des études hydrologiques des années '50 ont évalué l'occupation au sol des

² I pozzì veneziani, rapport pour Filippo Grimani, sindaco de Venise Tome 1/4 - 1900

Gustavo Boldzin/ ex. 51/ contribution Prof. Gianighian -Istituto Universitario di Architettura di Venezia

³ Discours sur l'histoire universelle Al Muqaddima / Ibn Khaldun (1332-1406) / Sindbad Actes Sud 1997

khettaras à 5 350 hectares pour un peu moins de 25 000 hectares cultivables⁴. Le savoir faire de sa construction et de sa maintenance fut maintenu jusqu'au XX^{ème} siècle comme en atteste la politique du protectorat et des instances agricoles. En effet, Mohammed el Faïz rapporte que dans les années '30 *'il a fallu mettre au point un plan d'ensemble visant à garantir et à sauvegarder les droits des tiers dont les khettara risquaient de tarir du fait de la surexploitation de la nappe. L'intervention de l'administration consistait à suivre périodiquement le niveau de l'eau dans des puits témoins répartis uniformément dans toute la zone concernée et à contrôler régulièrement le débit des khettara en service.'* *Shéma 8*

Résultats 3 / assèchement et érosion Depuis les années '80 toutefois, la croissance démographique exogène (tourisme saisonnier et exode rurale) et endogène (hausse de la natalité et augmentation de la durée de vie) ont accéléré le mitage des zones agricoles en périphérie soit par le phénomène de 'douarisation', villages temporaires aujourd'hui assimilés à des bidonvilles, soit par la spéculation immobilière sur des terrains constructibles liée au développement accru du tourisme de villégiature. L'accroissement de la demande en eau pour l'irrigation ou l'approvisionnement de nouveaux foyers a provoqué la surexploitation de la nappe phréatique par pompage et a entraîné une baisse du niveau telle que les puits de tête des khettaras n'atteignent plus qu'exceptionnellement la ligne piézométrique. Une majorité d'entre elles s'est asséchée entraînant le tarissement des points de sortie de l'eau - les 'aïn', ainsi que la raréfaction des cultures par d'irrigation gravitaire naturelle. La conséquence la plus visible du considérable affaiblissement du taux d'hygrométrie du sol est visible là où la nappe était autrefois la plus proche de la surface, aux abords de l'oued Tensift et dans la palmeraie de Marrakech, victime d'une forme de désertification proto-urbaine. Par ailleurs, il a pu être observé ces dernières années que les puits étaient comblés et dissimulés par de la terre en vue de la vente de terrain soi-disant constructibles, tandis que certaines galeries effondrées sont devenues des décharges illicites.⁵ Les dangers de pollution du sol et les risques de contamination de la nappe lors des pluies sont indéniables. *Shéma 9*

Discussion / reconsidération des khettaras *'L'art de bâtir (al-binâ') est le premier et le plus ancien des métiers sédentaires [...] Cette invention est due à la tendance, naturelle à l'homme, à penser à l'avenir [...] Chaque ville a son architecture particulière qui dépend des connaissances et des compétences de ses habitants, de leur fortune et du climat [...] Les autorités consultent souvent les architectes. En effet, dans les grandes agglomérations, les gens vivent les uns sur les autres [...] Ils ont des litiges concernant le droit de passage, l'écoulement des eaux et des égouts.'* Ibn Khakdun (1332-1406), *Discours sur l'histoire universelle, Al-Muquaddima, Sindbab Actes Sud, 1997*

Conclusions / filtrage et lagunage d'eau grise Dans le cas de Marrakech, la ville gagne plus que jamais sur la campagne et les projets urbains intégrant les khettaras désaffectées seraient un moyen de prévenir des dangers qui leur sont associés : chutes accidentelles dans les puits, effondrement, pollution ... Mais plus encore, le maillage territorial périphérique que forme les khettaras pourrait servir à organiser un paysage et une topologie urbaine, à l'instar de Boukhara ou Venise⁶. L'idée est avancée de restaurer les puits et les décaissés en jardins associés aux futures constructions, de reverdir les cultures abandonnées⁷, de ré-infiltrer

⁴ *Le Haouz de Marrakech* / Paul Pascon / CNRS Rabat / 1977

⁵ *Monographie locale de l'environnement de Marrakech* / Observatoire National de l'Environnement du Maroc / Ministère de l'Environnement / Ministère d'Etat à l'Intérieur / Décembre 2005

⁶ *Éléments d'Architectonique Hydrique* / Edouard Sors / Mémoire de TPFE / EAPB / Mai 2005

⁷ *Interview du M. Chraïbi, Wali de Marrakech* / par Eric MARTIN, mercredi 18 janvier 2006 / L'économiste

extensivement la nappe, voire de créer une pépinière d'herbacés⁸. Une cellule de coopération et de recherche pourrait lancer un projet pilote d'évaluation du potentiel écologique des khattaras, impliquant divers outils allant de l'étude par système d'information géographique à participation des acteurs locaux (municipalité, associations, partenaires publics et privés)⁹.

⁸ Projet de Valorisation du Patrimoine Hydraulique de Marrakech / 2^{ème} prix Esquisse Verte juillet 2005 / E.Sors

⁹ Topologie bâti / eau / non bâti du territoire de Marrakech en 1951 et 2000 – SIG / E.Sors 2006