



HAL
open science

Protéger la rive, protéger la ville : le rôle structurel des GHĀṬ de Bénarès

Savitri Jalais

► **To cite this version:**

Savitri Jalais. Protéger la rive, protéger la ville : le rôle structurel des GHĀṬ de Bénarès. 23èmes Journées Scientifiques de l'Environnement - Risques environnementaux : détecter, comprendre, s'adapter, Jan 2012, Créteil, France. hal-00676893

HAL Id: hal-00676893

<https://hal.science/hal-00676893>

Submitted on 6 Mar 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PROTEGER LA RIVE, PROTEGER LA VILLE : LE RÔLE STRUCTUREL DES GHĀṬ DE BENARES

Savitri JALAIS, *Université Paris-Est*

*Institut Parisien de Recherche : Architecture Urbanistique Société (IPRAUS),
École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Belleville*

Courriel : savitrijalais@gmail.com

Résumé

Les ghāt - berges en forme de gradins, répandues dans l'architecture de l'eau en Asie du Sud, se déploient à Bénarès, en Inde, sur plus de six km, pour recouvrir la rive ouest du Gange. La culture hindoue de la ville de Bénarès est étroitement associée au caractère sacré et purificateur du Gange. L'immersion et les ablutions faites dans son eau font partie d'un usage quotidien pour les habitants de la ville et les pèlerins qui s'y rendent. Par contre, cette eau bénéfique peut aussi être dévastatrice, sa force détruisant et emportant tout sur son passage. Il est donc nécessaire de s'adapter à la double fonction d'accueillir le fleuve et de protéger la berg. Dans ce contexte, quelles sont les structures de fondations ainsi que les formes de ghāt employées pour mieux contrer la force du courant et composer avec les usages liés au fleuve? Nous explorons les moyens d'adaptation du ghāt à un milieu fluvial et une topographie, afin de protéger la rive de l'action érosive et dévastatrice du fleuve, d'accompagner les pratiques sacrées liées à la culture du lieu et de maintenir la relation toute particulière que la ville entretient avec son fleuve.

Mots- clés : *ghāt ; berge ; structure hydraulique ; front d'eau ; ville sacrée*

« Those who are good at controlling water give it the best opportunities to flow away, those who are good at controlling people give them plenty of chance to talk ». Chia Jang, ingénieur Han, cité dans J. Needham, 1971.

1. Introduction

Les *ghāt* de Bénarès mettent en évidence un des aspects principaux de la recherche urbaine actuelle sur le rapport ville – fleuve : celui de la proximité à l'eau et les divers aménagements entrepris dans les villes pour développer cette proximité. Largement répandu en Asie de Sud, les *ghāt* - un ensemble d'emmarchements bordant les berges de bassins, de lacs ou de fleuves et qui permet, au travers des marches, de descendre jusqu'à l'eau - témoignent d'un rapport à l'eau entretenu pour les nécessités de la vie quotidienne domestique et les croyances religieuses. Le mot *ghāt*, dérivé du sanskrit *ghāṭṭa*, signifie un quai, un gué, un embarcadère et de façon générale tous types de berge, construites ou non. Construits, ils épousent la forme inclinée de la berge, répondant, tout d'abord, à une hydrographie particulière où existent de grandes variations de niveau d'eau - bas en été, haut durant la mousson avec les risques

d'inondation, facilitant ainsi l'approche à la surface de l'eau en toutes saisons, quel que soit son niveau, entre crue et étiage.

L'image de Bénarès est liée à son ensemble de *ghāt* le long de la rive ouest du Gange, reliant en de nombreux points la ville et le fleuve. Nulle part ailleurs, il n'existe des *ghāt* comme à Bénarès : d'une telle étendue (six km.), aussi élevés (plus de 20 m), épousant la forme d'un site riche à la topographie variée, et représentant de façon fort complexe le rapport de la ville avec son fleuve. La culture de Bénarès est étroitement associée à l'eau purificatrice du Gange; l'immersion et les ablutions faites dans son eau font partie d'un usage quotidien pour les habitants hindous de la ville et les pèlerins qui s'y rendent¹. L'espace public des *ghāt*, lie, sépare et délimite les univers fluviaux et urbains tout en faisant partie de ces deux univers aux limites floues et changeantes selon les saisons et les différentes hauteurs du niveau du fleuve. Selon les variations saisonnières, les marches du *ghāt* sont soit inondées et réappropriées par le domaine du fleuve soit elles demeurent un espace libre et sec. Aussi, avec la montée des eaux, les berges sont confrontées aux forces du courant et aux tourbillons. Dans ce contexte culturel et physique nous examinons le développement des *ghāt* le long de la berge et leurs capacités à s'adapter à la force et à la matérialité d'une nature, à l'épouser et à l'intégrer dans ses usages.

Le rôle de protection joué par les *ghāt* peut être considéré comme secondaire dans un lieu où l'eau des crues est la bienvenue. Bienvenue parce que ses eaux sont censées purifier car le fleuve même est considéré et adoré en tant que mère et déesse. Afin de s'adapter à cette double fonction d'accueillir le fleuve et de protéger la berge, les *ghāt* à Bénarès ne font pas barrage au fleuve ; ils ne l'empêchent pas de gagner du terrain, au plus, ils canalisent son flot, de façon modérée². Il y a une continuité entre la ville et le fleuve et non pas une rupture comme l'instaurent les digues. Les *ghāt* n'opposent pas un espace à un autre, un intérieur à un extérieur ; ils protègent la ville de l'eau tout en reliant et réunissant ces deux domaines. Les activités qui se déroulent sur le fleuve nécessitent le contact direct et charnel avec l'eau ; aussi est-il nécessaire de se tenir le plus en avant possible sur le fleuve. Perçus comme un nouveau sol créé pour préserver le terrain d'alluvions qui bordent le fleuve, les *ghāt*, à la fois, accueillent le fleuve et solidifient le sol sur lequel il passe, le protègent, l'accrochent et l'empêchent d'être emporté. Quelles sont les fondations qui soutiennent ce sol et quelle peut être la forme même du *ghāt* pour mieux composer avec les courants du fleuve ? Nous présentons en premier le milieu fluvial de la ville. Puis, nous décrivons les formes et techniques adoptées au cours des âges pour construire une berge solide pouvant faire face au fleuve. Enfin, nous présentons les décisions et les actions prises par les services publics pour réparer, maintenir et construire de nouveaux *ghāt* sur l'ensemble du front fluvial.

¹ Eck (1982), Gaenszle et Gengnagel (ed.) (2006), Gutschow (2006), Singh (1993) et Claveyrolas (2010).

² L'ancien système d'irrigation à l'Est de l'Inde suivait ce même principe d'accueillir l'eau des inondations à se répandre dans les champs tout en protégeant les habitations. La crue n'étant donc pas seulement une « purification » symbolique mais un élément indispensable à la prospérité économique du pays (Wilcocks, 1930 et D'Souza, 2006).

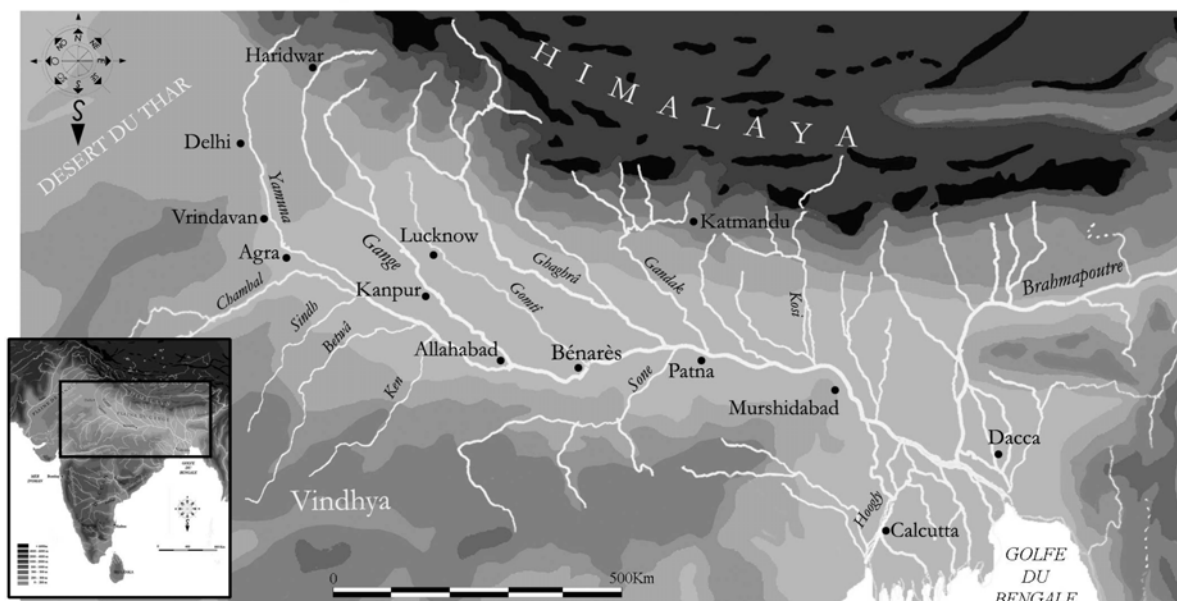


Figure 1 : Le bassin du Gange, © S. Jalais.

2. Le milieu fluvial de Bénarès

Bénarès³ se trouve au nord de l'Inde, dans l'Etat de l'Uttar Pradesh au 25° 4'39'' de latitude nord et 83°1'30'' de longitude est, à mi - cours du Gange, qui prend sa source dans l'Himalaya et se déverse dans le golfe du Bengale (Fig. 1). La ville se situe sur la rive gauche et concave d'un méandre et comme dans tout méandre, le fleuve joue ici le double rôle de transporteur d'alluvions et de sculpteur de relief : le côté concave est soumis à de fortes érosions et le côté convexe aux dépôts d'alluvions (Blyth et Freitas, 1943). Il en résulte une surélévation de terrain dans la partie concave, constituée d'une série de collines ou de bourrelets de berges plus ou moins élevées entre deux affluents du Gange, la rivière Varuna au nord et la rivière Assi au sud. La ville s'est développée sur cette rive haute constituée d'un sol solide composé d'argile et de nodules de kankar (carbonate de chaux), tandis que la rive basse d'en face est constituée de sédiments de sable déposés par la rivière (Singh 1955). Lors de la mousson, la ville demeure au-dessus du niveau des crues, alors que la plaine d'inondation, d'en face, basse et libre de toute construction est submergée sur une distance de près de 500 m. Les *ghât* recouvrent cette rive haute qui s'élève face au soleil levant. Ils délimitent la ville - dense avec des ruelles étroites et peu d'espaces ouverts - de l'espace dégagé de la rive opposée. Le site est caractérisé par la dichotomie entre une rive construite, objet de notre étude, à caractère urbain et cette autre rive restée jusqu'à aujourd'hui entièrement agricole (Fig. 2).

³ Bénarès ou Banaras est une transcription *pali* de Varanasi, le nom officiel de la ville.



Figure 2 : Plan topographique de Bénarès. La ville s'est développée sur la rive ouest et concave du méandre, © S. Jalais.

Les saisons jouent un rôle essentiel dans le milieu fluvial de Bénarès, notamment sur le débit du fleuve, sur son étendue et son niveau. La largeur du fleuve pendant l'été, se rétrécit entre 250 et 500 m, et la profondeur de son lit mineur est réduite à 10m. Par contre à la fin de la mousson, gorgée par les pluies et la fonte des neiges himalayennes, lorsque son volume est à son maximum, l'eau monte tous les ans entre 5m et 15 m (avec des crues extraordinaires de 20 m)⁴ (Fig. 3). On voit, ainsi, d'un côté, une rive libre d'habitations et d'obstacles, ouverte à toute inondation naturelle, et de l'autre un « contrefort », une construction *pakkā* (en dur), qui consolide la berge et force le courant du fleuve à creuser plus profondément son lit, et ainsi, à assurer la présence de l'eau du fleuve (et non de ses sédiments), au plus près de la ville.⁵ Ce choix de laisser, d'un côté, au fleuve beaucoup d'espace pour qu'il puisse s'étendre librement et choisir son cours fait penser à la philosophie des hydrauliciens taïstes de la Chine ancienne, alors que les travaux de consolidation de la rive occidentale rappellent les pratiques hydrauliques confucéennes.⁶

⁴ Sur plusieurs palais de la ville, le niveau atteint par l'eau du Gange en 1948 et 1978 est inscrit. Ces deux années ont connu des crues exceptionnelles, l'eau étant montée jusqu'à 20 m au-dessus du niveau d'été inondant certaines zones de la ville.

⁵ Cette proximité forcée est d'une grande importance pour la survie de la ville dans son rapport quotidien et symbolique au fleuve. Dans le cas contraire, si le fleuve déposait des sédiments, il se distancierait de la ville, phénomène observé dans la ville de Vrindavan sur la Yamuna, qui à certains endroits est éloignée à plus d'un km de son cours d'eau.

⁶ Les Taïstes prônent la réceptivité de l'eau alors que la « moralité » confucéenne incite à une répression forcée de la nature avec l'érection d'arêtes convexes le long du fleuve, la construction de hautes digues,

Protéger la rive, protéger la ville : le rôle structurel des *ghat* de Bénarès – JALAIS S.

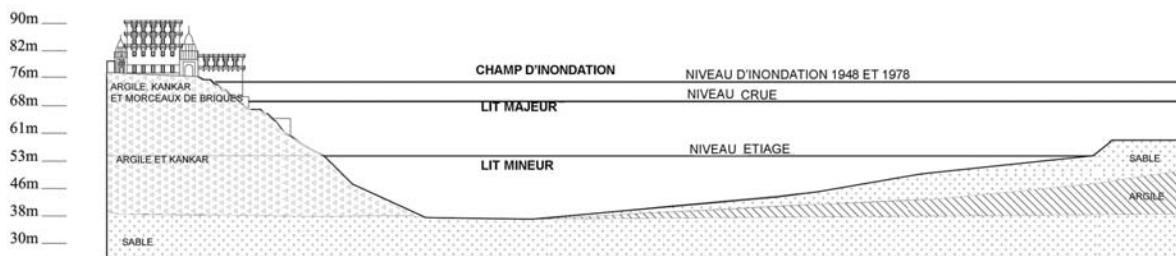


Figure 3 : Coupe schématique montrant le niveau d'étiage, de crue, et de crue exceptionnelle se situant respectivement à 53 m, à 69 m et à 73 m au-dessus du niveau de la mer, © S. Jalais.

Lors de la mousson, le volume d'eau gonfle avec une force exercée par la pression de l'eau et par la force motrice des sédiments transportés et la vitesse atteint fréquemment 8 km/h et jusqu'à 16 km/h (Fischer et Hewett, 1884 ; Joshi 1965). L'eau du Gange, bénéfique, est aussi dévastatrice : sa force détruisant et emportant tout sur son passage. Moins visibles mais toutes aussi destructrices sont les eaux des ruisseaux souterrains et les nombreuses fuites dans les drains urbains qui érodent petit à petit le terrain sous les *ghāt*. La succession des *ghāt* qui paraît, au début du 19^{ème} siècle, être un « quai de construction excellente »⁷ est, pour une grande partie, à la fin du même siècle « affaissée, sapée par le courant qui dans la saison des pluies balaye cette rive avec une force impétueuse, submergeant plusieurs des temples sur la rive »⁸. Comment s'adapter au site, à ses forces et à ses irrégularités pour tenter de résister au fleuve dans la durée ? Pour assurer la protection de la berge, nous examinons le rôle joué par la forme des *ghāt* et par ses fondations, à savoir les puits en maçonnerie.

3. Formes et fondations protégeant la berge

3.1 Forme des *ghāt*

La berge construite des *ghāt*, inclinée et découpée en une multitude d'embranchements, est celle qui est le plus souvent adoptée à Bénarès. Elle se développe perpendiculaire au fleuve et recouvre une surface plus ou moins large de la berge. Sa pente, offre, face au fleuve, un caractère protecteur et les embranchements renforcent sa stabilité. Des ouvrages hydrauliques anciens, existants en dehors du sous-continent indien, s'apparentent à la forme du *ghāt* et confirment l'idée qu'un *ghāt* est une berge qui protège. La première berge est le barrage de Sadd el –Kafara sur un des bras du Nil et la deuxième, une digue pour protéger les terres contre le mascaret dans l'estuaire de Hangzhou, toutes deux en forme d'embranchements⁹. Si la forme en escaliers de cette dernière rappelle de loin celle des *ghāt*, les fondations qui soutiennent ce mur sont par contre des pieux en bois et non des puits en maçonnerie comme ceux de Bénarès.

construites l'une près de l'autre, incitant le fleuve à creuser son lit. Needham (1965), p. 249. Needham note que les pratiques taoïstes, bien que plus durables et sûres nécessitaient une délocalisation des habitations, alors que les digues des confucéens, bien que coûteuses en exécution et pas toujours fiables permettaient une plus grande souplesse politique.

⁷ Legoux de Flaix (1800)

⁸ Cumming (1886)

⁹ Voir Needham (1965) et Viollet (2000)



Figure 5 : Emmarchement en forme de pyramide, © S. Jalais.

Pour mieux contrer la force du fleuve, les *ghāt* s'avancent, tel un arc-boutant, en saillie. Les plus anciens, toujours existants datant du 16^{ème} et 17^{ème} siècle¹⁰, s'étendent, tel des pyramides, en largeur au fur et à mesure de leur descente. Cet agrandissement peut se faire sur un seul côté - du côté amont pour contrer de face le courant du fleuve ou de façon symétrique sur les deux côtés en amont et en aval (Fig. 5). D'autres *ghāt* sont bordés de plateformes et de bastions sur les côtés latéraux pour les renforcer. Ces plateformes se trouvent à différents niveaux le long des deux extrémités du *ghāt*, marquant les limites du *ghāt* (Fig. 6). Elles forment la partie supérieure des fondations qui ancrent la structure au sol de la rivière et protègent les bords des marches de la force du courant du fleuve (Hegewald 2005).

¹⁰ Pour une lecture historique de ce front de fleuve voir Krishna (2003) et Hegewald (2005).

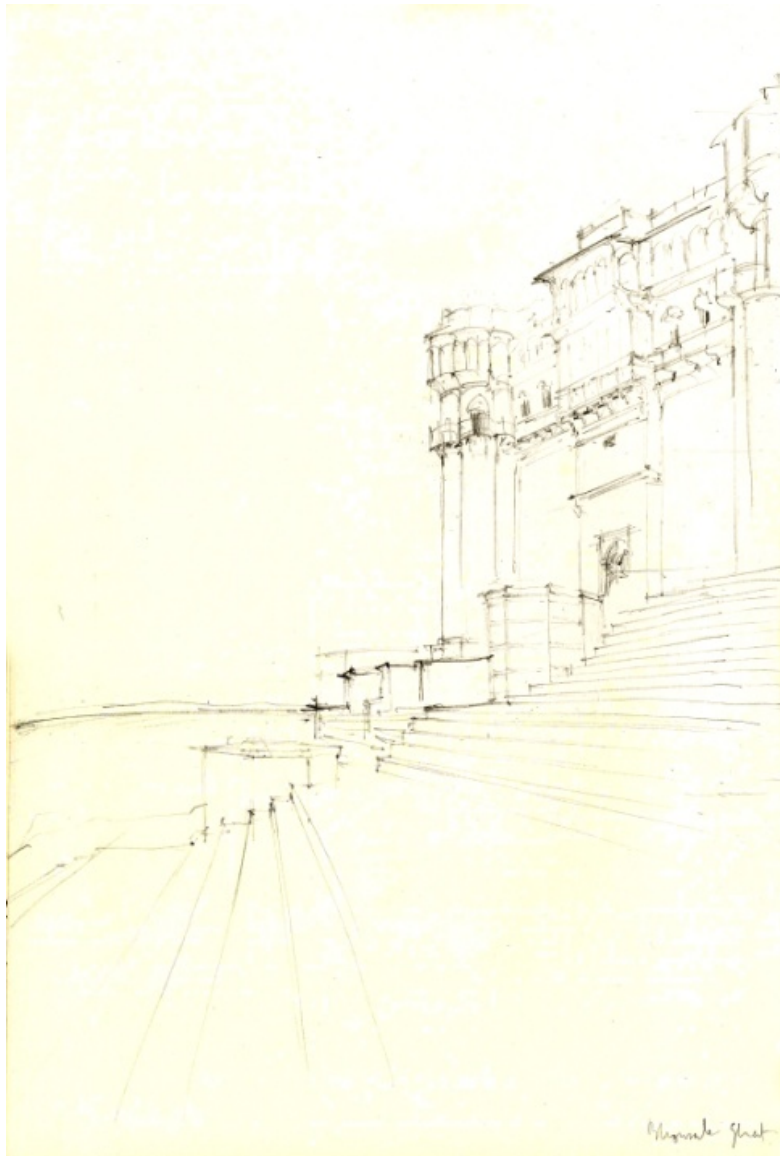


Figure 6 : Des plateformes protègent les bords des marches, © S. Jalais.

3.2 Fondations des ghāt

Quel est la nature des fondations le long des berges à Bénarès ? Rarement visibles, car le plus souvent le fleuve est assez haut pour les recouvrir, il est nécessaires de consulter d'autres sources pour avoir une idée du type de fondation utilisés. La plupart des *ghāt* actuellement existants ayant été construits à partir du 16^{ème} siècle et surtout entre le 18^{ème} et 19^{ème} siècle, les grands travaux entrepris par les Moghols¹¹ puis les publications (souvent européennes ou

¹¹ Les plus anciens *ghāt* de Bénarès encore debout aujourd'hui datent du temps de l'empereur Moghol Akbar, sous le règne duquel, Bénarès recommence à vivre et à se reconstruire après plusieurs siècles de destructions (Bayly (1983). Les *ghāt* de Man Mandir (1560) et de Panchganga, construits par des ministres d'Akbar rappellent les travaux hydrauliques entrepris par l'empereur lui-même, à savoir le fort et le pont construits sur le fleuve de la Yamuna à Agra¹¹, les fortifications à Allahabad sur le Gange, et bien d'autres ouvrages. Les puits en maçonnerie constants dans tous les ouvrages construits par les Moghols (dont le fameux Taj Mahal élevé par Shah Jahan à partir de 1632, sur la rive concave de la Yamuna à Agra) sont plus ou moins importants selon la destination de l'ouvrage.

coloniales) traitant des constructions hydrauliques de l'époque (soutènement des berges mais aussi fondations de ponts et d'écluses) amène un éclaircissement sur le sujet. Ils s'avèrent que les fondations de la plupart des structures hydrauliques, en Inde du nord, le long des fleuves, sont constituées de puits en maçonnerie de briques ou de pierres ; une tradition développée par les Moghols en Inde et sûrement utilisées pour la construction des *ghāt* et des palais à Bénarès.

Les puits en maçonnerie sont des cylindres de maçonnerie, de 3 pieds de diamètre ou plus, selon les charges auxquelles ils sont confrontés, enterrés jusqu'à un sol ferme et loin de l'action érosive du fleuve. Un nombre suffisant de puits sont installés pour porter le poids de la superstructure, que ce soit celle d'une maison, d'un palais, d'un embarcadère ou d'un *ghāt*. Proches l'un de l'autre, les puits sont reliés entre eux par des arcs, soutenant une plateforme artificielle qui sert de base pour la superstructure¹². Legoux de Flaix, ingénieur français en Inde (fin 18^{ème} - début 19^{ème} siècle) idéalise l'utilisation des puits en maçonnerie dans plusieurs de ses ouvrages prenant pour exemple les berges de Bénarès. Selon lui, « on y voit un quai superbe, revêtu sur toute sa longueur de larges pierres de taille, qui présente dans tout son développement des marches pour descendre jusqu'à l'eau. (...) Quel observateur pourrait ne pas admirer un ouvrage d'une exécution si difficile et aussi hardie que ce quai jeté et pratiqué sur un fleuve tel que le Gange ? (...) les joints des dalles immenses de granit qui revêtent le mur où forment l'escalier du quai de Bénarès, n'ont éprouvé aucune atteinte, et semblent être soudés ou plutôt on dirait que le tout a été taillé d'une seule masse. (...) Ce monumental chef-d'œuvre de l'art de bâtir, ne doit sa solidité qu'à la méthode suivie par les architectes *indous*, de ne poser les fondations que sur des puits en maçonnerie de briques (Fig. 7). Cette méthode que j'ai fait connaître dans un mémoire publié en l'an 9, est sans doute préférable à celle que nous suivons dans nos constructions hydrauliques, et qui consiste à établir les fondations de ces sortes de travaux sur des pilotis en bois »¹³. En effet, les pilotis en bois sont rarement utilisés dans les travaux hydrauliques en Inde où le bois est rare et a tendance à pourrir.

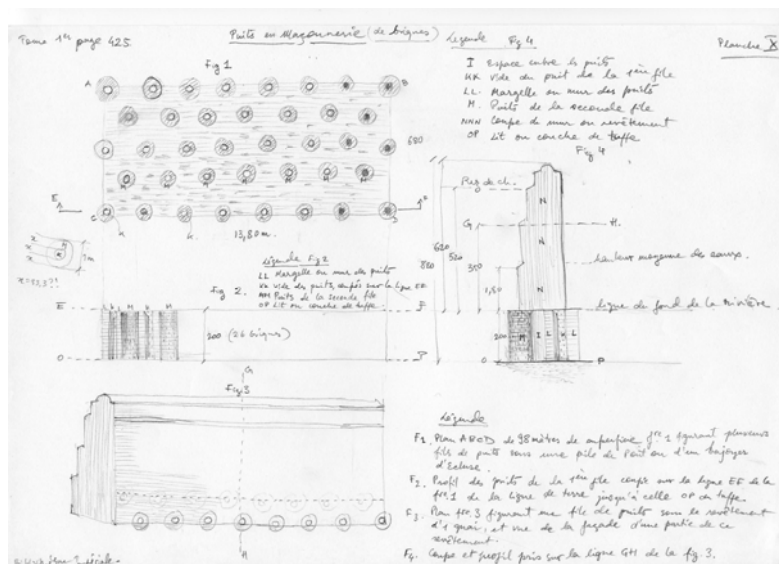


Figure 7 : Puits en Maçonnerie de brique (© S. Jalais redessiné d'après Legoux de Flaix, 1804, Planche X)

¹² MEDLEY, 1873

¹³ Legoux de Flaix, 1807, p. 198-199.

Une autre manière d'envisager ces anciennes fondations est de les comparer à celles existantes dans d'autres villes, par exemple, les puits en maçonnerie soutenant les *ghāt* de Vrindavan, aujourd'hui exposé, le niveau du fleuve étant descendu très bas¹⁴. Construits entre 1790 et 1820, les *ghāt* de Vrindavan, donnent une idée de la forme, des dimensions et de l'espacement qu'avaient les fondations à Bénarès construites à la même époque. Les photos des *ghāt* de Vrindavan, ci-contre (Fig. 8), font état de puits circulaires en briques (avec rajout de pierres pour quelques-uns), de plus ou moins 1 m de diamètre, espacés tous les mètres. Le seul plan que nous ayons de ce type de construction est celui établi par Legoux de Flaix, qui correspond à ces dimensions (Fig. 7).



Figure 8 : Puits en maçonnerie soutenant les *ghāt* de Vrindavan, © S. Jalais

Mise en œuvre des fondations

La solution des puits en maçonnerie est particulièrement appréciée car ils s'adaptent à tous types de sol, aussi bien sur des terres sableuses incompressibles que des terres « grasses et fangeuses qui ne peuvent pas se comprimer suffisamment »¹⁵. Ainsi, ils sont adaptés au sol sableux¹⁶ des fleuves en Inde pour peu qu'ils soient enterrés suffisamment en profondeur pour échapper à l'action de l'eau. Plusieurs ouvrages techniques du 19^{ème} siècle (notamment ceux rédigés par Medley et Legoux de Flaix) donnent une description minutieuse de la mise en œuvre des puits. Les fondations sont établies en profondeur sous les eaux, « à grands prix » selon Prinsep, avec une « économie des dépenses » pour Legoux de Flaix, qui trouvent les procédés de construction « simples, exigeant peu de soins, et sont peu dispendieux, soit que l'on ait à travailler dans une rivière ou dans un terrain élevé ». Il était impossible de continuer les travaux pendant la mousson ce qui obligeait un travail rapide. « Pour les ouvrages des rivières, comme ceux des ponts et des revêtements des quais, on achève d'abord le barrage, si ce moyen est praticable ; on effectue, à défaut, l'encaissement, pour faire ensuite jouer les pompes et épuiser les eaux. La partie du terrain sur laquelle on doit travailler étant desséchée et mise à découvert, on trace les alignements pour la file des puits qui doivent être placés, en

¹⁴ Les marches ne descendent plus jusqu'à l'eau parce que, d'une part, le niveau du fleuve (la Yamuna) a beaucoup baissé ces dernières années et parce que les fondations à l'avant ont bougé, dues à l'action érosive du fleuve résultant au glissement des premières marches.

¹⁵ Legoux de Flaix, (1804), « Facilité d'exécution ».

¹⁶ "There is no better foundation for masonry than sand, if it is secured from currents of water; it is indestructible and incompressible, and so far is just as good as rock (...) but in situations where currents of water can get at it, as it is not like rock, immovable, it is the worst of all foundations.(...) where any of them have cracked or settled unequally, it has almost always been when founded, not on sand, but on so-called "clay"". George T. WALCH, 1896, p. 33

observant de laisser un intervalle de 20, 30 et 36 pouces entre leurs parois extérieures en tous sens »¹⁷.

Après avoir excavé le sol jusqu'à atteindre un sol trop humide pour tenir, un rouet de charpente en bois durable (souvent du *neem*¹⁸) d'une épaisseur de 6 à 18 pouces, courbé et ayant la taille du puits est installé sur le sol. Sur cet anneau en bois, la maçonnerie est construite sur 4 pieds de hauteur et laissée à sécher. La maçonnerie doit être « bien liée et de la meilleure qualité »¹⁹. C'est alors que le sable à l'intérieur est évidé permettant au puits de descendre graduellement. 4 pieds de hauteur sont à nouveau ajoutés, et le sable à nouveau évidé plusieurs fois jusqu'à atteindre une couche solide. « Alors l'opération est achevée ; et l'on suit les mêmes procédés pour les puits des autres files »²⁰. Tant qu'il n'y a pas d'eau, et que le sol n'est que sable, le travail est plutôt facile, la seule attention étant portée sur la régularité et l'uniformité de l'excavation, pour que la maçonnerie puisse descendre droit et ne pas craquer lors de la descente ; mais une fois le niveau d'eau atteint le procédé est ralenti. Une énorme houe (appelé *jham*²¹) est alors utilisée, pour extraire le sable avec un mécanisme de poulies situé en hauteur, puis une *persian wheel* (une sorte de roue à aubes)²² est employée pour extraire un maximum d'eau. Souvent une pierre ou un fragment de *kankar* (concentré de calcaire) empêche la descente du puits, alors, un plongeur doit descendre (sans appareil de plongée) et rester sous l'eau pendant une durée alarmante²³. Le travail fait par le plongeur est plus efficace selon Legoux de Flaix : « Dans la méthode que je propose, on ne peut craindre non plus les tassements inopinés, parce que, outre qu'on sonde le terrain, à l'aide de tarières, on s'assure encore avec ses mains, sens le plus exact et l'instrument le plus sûr, de la qualité du lit ou dernière couche, avant d'abandonner la fouille ou le déblai pour poser les puits. »²⁴

¹⁷ Legoux de Flaix, (1804), « Mode de Construction ».

¹⁸ De l'arbre *neem* originaire d'Inde, appartenant à la famille des *Meliaceae* et répandue dans le sous-continent.

¹⁹ « On doit les lier dans leur direction circulaire, depuis la dernière assise jusqu'à la première, de manière que la corde s'enroule en spirale jointive. Il faut employer des cordes faites avec la paille de seigle et de luzin, d'environ 15 à 18 lignes de diamètre pour cette opération, dont le but est d'empêcher l'écartement des briques en vousoir de la margelle. On doit surtout avoir la précaution d'assujettir chaque assise au rang de briques supérieures, par le moyen de deux madriers placés en croix et au-dessus de la margelle ; ce travail est pour empêcher que les assises ne se déjoignent ; on y parvient en les garrottant dans leur longueur en direction verticale avec un petit câble d'1 pouce à 15 lignes. Pour plus de solidité, on pourrait placer la dernière assise sur des madriers assemblés, qui formeraient une première zone en assise circulaire et cylindrique de même largeur que la margelle. Une autre zone pareille pourrait également être établie sur l'assise supérieure, qui remplacerait les madriers en croix ; elle gênerait moins les déblais, et permettrait de rapprocher le câble vertical qui doit lier la margelle dans toute sa hauteur ; en passant le plus près possible des parois extérieures et intérieures ». Legoux de Flaix (1804).

²⁰ Idem.

²¹ *The Jham : the simplest and indeed the original Indian plan, is the use of a machine called a jham, which is a huge « phaora » or « hoe » with a straight socket to it, in which a pole is fitted and by which the jham when lowered into the water is kept upright with its edge down-wards, and thus can be worked into the sand from a stage above by pushing with the pole or by blows of a heavier pole guided by the diver on to the head of the straight socket. The pole is then withdrawn, and by means of a windlass and a rope, which is attached to the inclined handle in front of centre of jham, and so tips it horizontal when pulled on, the jham with its load of sand is dragged up and emptied. In some parts of the country, the well-sinkers dive every time and work the jham into the sand by their hands, and divers have generally to be employed in case of any obstruction to the regular descent of the well.* Medley (1866), p. 59. Aujourd'hui, encore, le *jham* est utilisé, surtout dans les villages dans la construction des puits à eau. Il nécessite l'assistance de plusieurs personnes à la fois.

²² VISHWANATH Srikantaiah, *The Persian Wheel in India, End of an era*, 05 / 2009, <http://base.d-ph.info/en/fiches/dph/fiche-dph-7866.html>

²³ Medley (1873), «Cylinders of brick masonry».

²⁴ Legoux de Flaix (1804), « Plus grande solidité »

« On sait bien (...), que de simples margelles ou murs d'un puits n'ont pas la force suffisante pour soutenir une masse aussi considérable que celle qui leur est destinée. Il faut donc combler entièrement ce vide avec des matières provenant des démolitions ou avec les plus forts bousins, des rognures de pierres que l'on taille, des galets de rivière, arrangés à la main par lits, et garnis de sable ou de la terre provenant des déblais, après les avoir passés au crible. Il est évident qu'il faut éviter toute espèce de matériaux et d'arrangement qui, établissant une poussée intérieure, imprime un mouvement centrifuge ou d'écartement aux voussoirs de la margelle. Le but de cette maçonnerie grossière est d'ajouter force aux margelles, de faire des colonnes cylindriques propres à mieux supporter le poids de la maçonnerie, et donner plus de ténacité aux terrains sous la fondation, et aux espaces intermédiaires entre les puits ».²⁵

« Toutes les files de puits étant enfin élevées au niveau du terrain, il importe d'en augmenter la résistance par tous les moyens possibles. On y parvient en jetant quelques moellons dans l'intervalle des cylindres, après qu'on en a damé les terres entre chaque puits. On établit de suite la première assise soit sur les puits, soit en y jetant des arcs de décharge par intervalle, selon la nature du fond ou de la force des ouvrages. Ce qui ne peut être déterminé par aucune règle générale, puisqu'elles varient comme les espèces de terrains et les différents ouvrages qu'il s'agit d'exécuter. Seul le talent de l'ingénieur permet de fixer le nombre et les distances de la portée de ces arcs de décharge ». (...) « il faut aussi avoir soin d'adosser au pourtour de la maçonnerie des bajoyers d'écluses, des revêtements des quais, etc. une courroie de terre glaise de deux à trois pieds d'épaisseur, fondée aussi bas que les cinq à six assises au-dessous du fond de l'eau, et que l'on élève à mesure qu'on procède au remblai des terres ».²⁶

Une fois le puits construit, il est rempli de briques ou de *kankar*. Les puits en groupe sont creusés en même temps car il est difficile de « planter un puits près d'un autre déjà planté ». Legoux de Flaix présente ce procédé comme étant particulièrement facile et rapide à exécuter, « le barrage achevé, si on travaille dans une forte rivière, pour faire les piles d'un pont ou le coffrage, soit pour fonder le revêtement d'un quai, d'une escarpe ou contrescarpe de fortification, on établit de suite le coffrage, et on fonde de suite les puits. Ce qui se fait à une hauteur déterminée de sept à huit pieds; on y attache les ouvriers, pour déblayer le terrain, et faire ainsi caler ou descendre les puits de toute la profondeur du déblayage nécessaire. Là se bornent toutes les peines, tous les soins, et le travail se trouve terminé en moins de six heures »²⁷.

A partir de la moitié du 19^{ème} siècle, plusieurs changements apparaissent sur les chantiers, surtout pour les travaux de grande ampleur : le socle de bois est remplacé par du fer forgé avec des bords affilés, les puits sont armés de fer, et des pompes pour extraire eau et sable remplacent les *jham*. Par contre, les travaux sur les *ghāt* de Bénarès, étant entrepris par des propriétaires privés, et n'ayant pas l'ampleur des travaux publics, il semble que le vieux procédé ait été toujours en usage jusqu'au 20^{ème} siècle. Les ouvriers travaillant sur ces fondations venaient de régions lointaines. La population locale obtenait plus de rendement en cultivant leurs terres fertiles et ne s'intéressait pas à la maçonnerie. Les matériaux utilisés pour la construction des fondations sont essentiellement de la maçonnerie de brique ou de grès, souvent recouverte par un enduit de ciment fait avec de la chaux éteinte, « comme le pratique constamment les *Indous* dans ces sortes de constructions ». La chaux utilisée massivement pour la maçonnerie et les enduits était faite principalement à partir du *kankar* (concentré de calcaire) abondant dans la région. Le mortier le plus courant utilisé un peu partout en Inde est appelé le *surkhi*, composé d'un mélange de sable (abondant dans le lit du

²⁵ Idem, "Mode de Construction"

²⁶ Idem, "Mode de construction".

²⁷ Idem, "Facilité d'exécution", p.426.

Gange), de poussière de brique/brique concassée et de chaux en quantité 2 :1 :2 pour les ouvrages qui doivent être mis à l'eau dans l'immédiat. D'autres proportions, en quantité de 1 :1 :1 ou 2 :1 :1 le deuxième étant moins cher, sont aussi en vigueur. Par contre lorsqu'il est possible d'attendre quelques heures avant la submersion de l'ouvrage la proportion de 4 :1 :2 se révèle excellente.

Les champs de briques – briqueteries - et manufacture de chaux étaient organisés sur le site même, « passant beaucoup de temps sur ces 'préliminaires' avant le début de toute construction (...) la première difficulté était de se procurer les matériaux : pierre, chaux, *surkhi*, poutrelle, etc. et la deuxième, de trouver de bons entrepreneurs pour l'exécution »²⁸. Pour ce qui est de la qualité des matériaux : « le grès ne doit être ni trop compact ni trop graveleux, pour que ses pores puissent s'imprégner du mortier qui doit lier les assises, ou s'y agraffer avec force et très promptement » et « les briques doivent être faites avec soin, et composées de bonne terre glaise bien corroyée, et amalgamée avec environ 1/5 de petits graviers choisis et passés au crible ». Le prix de la brique était relativement élevé, non pas par manque de terre abondante dans la plaine du Gange mais par manque de combustible. Souvent la brique était récupérée sur le site d'anciennes ruines. Leur dimension était variable : la briquette *lakhauri* de 13x10x2 cm étant très bien cuite et très résistante, la brique épaisse de 26x13x7 cm correspondant au début d'industrialisation de la briqueterie sous influence anglaise et des briques de dimensions variables entre ces deux extrêmes²⁹.



Figure 9. Plan géologique des environs de Bénarès, © S. Jalais

Alors que les fondations sont le plus souvent en briques, les marches des *ghāt* sont en pierre de grès « facile à débiter en poutre et dalle et facile à tailler »³⁰. Un grès fin et compact, de

²⁸ Report of the administration of the Banaras state for the year 1319 (1911-12 AD)

²⁹ Rotzer 1989

³⁰ Idem

couleur rose, rouge ou ocre, se trouvait en amont sur le fleuve, au sud ouest de Bénarès, dans les carrières de Mirzapur et de Chunar (Fig. 9) et était transporté par bateau le long du Gange. Abondamment utilisée durant le 18^{ème} et le 19^{ème} siècle lors de la construction frénétique des *ghāt*, des palais et des temples, cette pierre devint une source de bénéfices : un revenu annuel pour le roi de Bénarès, puis pour le gouvernement anglais³¹. Ce grès était souvent peint en rouge pour ressembler au grès rouge d'Agra, comme le Chet Singh *ghāt*, mais sa couleur ocre jaune était la plus répandue et la plus solide³². Les pierres étaient taillées en queue d'aronde puis assemblées ou attachées de façon transversale avec une petite pierre ou le plus souvent avec un bout de fer.

4. Évolution des formes et des techniques

Beaucoup des *ghāt* construits pour protéger la berge se sont écroulés au début du 20^{ème} siècle, alarmant plus particulièrement la communauté hindoue de Bénarès. Un Trust fut établi en 1926, le *Kashi Tirth Sudhar Trust*, avec l'objectif de « réparer, améliorer et reconstruire les *ghāt* de Bénarès », grâce aux donations des divers princes, des élites de la ville et du public en général³³. Le travail d'investigation débuté par les ingénieurs du *Trust*, membres du comité consultatif, a posé les premières bases d'une lecture scientifique du front : creusant des trous de forage le long de la berge pour connaître la nature du sol, relevant les différentes pentes de la berge, et essayant de trouver une explication scientifique aux dégâts subis par les *ghāt*. La publication en 1930 de « *Benares and its Ghāt* » est le résultat de ces recherches, aboutissant à des propositions ponctuelles de réparations de *ghāt* et d'autres, d'ordre général, d'intervention globale pour raffermir la berge. Faute de moyens, peu de projets furent exécutés de suite. Par contre, les opérations effectuées sur le front du Gange depuis et jusqu'à nos jours font écho aux recommandations de ce premier texte. Une des premières préoccupations du *Trust* porte sur les fondations, amoindries par la force du courant. Malgré la présence des techniques présentées plus haut, beaucoup de *ghāt*, ont été construits à même le sol sans fondation. Les pierres étaient posées directement sur le sol découpé en escalier, ou sur une maçonnerie (gravats mélangés à de la chaux) de un à deux pieds de profondeur seulement, laissant la terre en dessous vulnérable aux érosions fluviales. Les fondations elles-mêmes étaient souvent inadéquates, et c'est pourquoi beaucoup de *ghāt* ont été renversés ou emportés par le fleuve à travers l'histoire ; « des *ghāt* splendides, construits de pierre fine de Chunar (nom de la carrière de grès située en amont de la ville) tombent en ruine à cause de fondations qui s'affaissent ».³⁴

4.1 Pour un front continu de *ghāt*

N'ayant pas tous été construits en même temps, les *ghāt* ne sont pas construits le long d'une ligne régulière. Les nombreux « dents creuses » et *ghāt* projetés en avant sur le fleuve deviennent particulièrement vulnérables à l'action du fleuve. D'un point de vue hydraulique, les *ghāt* ponctuels créent des tourbillons et accentuent l'érosion des rives. Plusieurs cavités sont rongées par les tourbillons en amont et aval de chaque *ghāt*. Lorsque cette action atteint un niveau inférieur des fondations le sol s'affaisse et le *ghāt* s'écroule. « Plusieurs temples

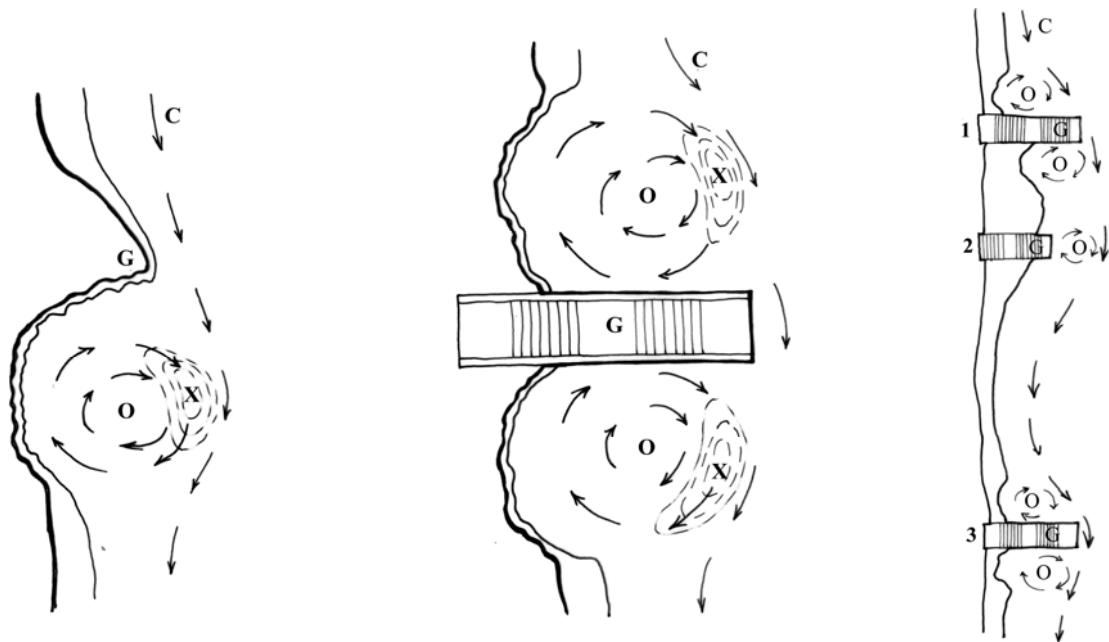
³¹ Lettre de Baizi Bai au secrétaire en chef du gouvernement, Fort William, entre 1829 et 1836- demandant à ne pas payer des taxes sur la pierre. Delhi Archives, Foreign department – Political.

³² Prinsep, 1831.

³³ Avec le soutien du Vice-roi de l'Inde et du Gouverneur de l'Uttar Pradesh.

³⁴ The cheap Benares Guide Book, 1876

construits sur la rive de Bénarès se sont pour ces raisons affaissés et ont été détruits »³⁵
(Fig. 10).



a. Une poche de matériaux rigide b. Un ghāt en maçonnerie c. Plusieurs ghāt isolés

Figure 10 : a. et b. - Un obstacle ou des marches représentées par G force le courant d'eau C à couler loin de la rive, créant des « zones d'eaux mortes » et des tourbillons au niveau de O. Des cavités profondes se forment au niveau de X. Dans ce processus, les parties concaves, au bas de la pente, se creuse accentuant l'érosion des rives. Lorsque le niveau le plus bas dans les cavités X descend en dessous du niveau bas des fondations les ghāt sont endommagés.

c - Lorsque des ghāt 1, 2 et 3, sont construits détachés les uns des autres, comme sur la rive gauche à Bénarès, chacun de ces ghāt, se projette dans le fleuve et le courant de l'eau. Des tourbillons O sont créés à l'amont et à l'aval de chaque ghāt. Lorsque le ghāt 2 se projette à une distance plus courte que celui du haut, et qu'un courant d'eau, éloigné de la rive par le ghāt 1, coule à une distance de l'extrémité du ghāt 2, un tourbillon O est formé au devant du ghāt. Si les cavités formées par O s'approfondissent et descendent plus bas que le niveau des fondations, les ghāt commencent à s'affaisser et à être endommagés. (© S. Jalais, redessiné d'après RAY, 1958)

La première recommandation du *Trust* est de créer un front continu de *ghāt*. Les différentes volées de marches construites isolément doivent être reliées pour créer un ensemble pouvant être mieux protégé des forces érosives. Selon le *Trust* « le croissant des *ghāt* est comme un arc et la fragilité d'un seul endroit peut nuire à la solidité de l'ensemble »³⁶. Ainsi, l'ensemble des berges s'est construit au cours du 20^{ème} siècle et il ne reste aujourd'hui que peu de *ghāt kaccā* (en terre). Plusieurs options sont étudiées pour décider du type de consolidation à adopter. Le premier objectif était de faire en sorte que la rive ne soit pas « abandonnée par la

³⁵ Ray, 1958

³⁶ *Benares and its ghāt*, 1931, p.i, Kashi Tirth Sudhar Trust

rivière. Un niveau d'eau profond est nécessaire jusqu'à la dernière marche des *ghāt* pour les bains et les ablutions »³⁷.

La construction d'épis risquait d'envaser la rive et faire migrer le fleuve vers sa rive droite (l'exemple d'un cas similaire sur le Rangoon) ; cette solution fut écartée. La construction d'un radier continu en pierre, couvrant toute la berge à partir de son niveau d'étiage jusqu'au niveau du lit du fleuve fut aussi abandonné car trop coûteux. Finalement, la solution fut de construire une série de puits de 40 à 50 m de profondeur, sur une ligne périphérique en avant des *ghāt* et d'étendre les marches des *ghāt* jusqu'à cette ligne. Des palplanches devaient s'élever au devant des *ghāt* non construits, être reliées à la série de puits et permettre à ces endroits seulement de s'envaser rapidement. Plusieurs questions subsistaient : le niveau de profondeur à atteindre par ces nouveaux puits, le type de protection à leur accorder au niveau du sol et l'incertitude des effets d'érosion et de dépôts d'alluvions suscitée par ce projet³⁸.

Les *ghāt* de Bénarès étaient, à l'origine, réparés et maintenus par les divers rois propriétaires des palais qui dominaient ces *ghāt*. Après l'Indépendance de l'Inde, en 1947, la plupart des royaumes princiers perdent leur pouvoir et le soutien financier dont ils jouissaient sous les Anglais. L'intervention publique devint nécessaire pour l'entretien des *ghāt*. La maintenance des *ghāt* est confiée à la municipalité, et les travaux de consolidation entrepris sur le front est assurés par le *Public Works Department* (PWD). Ce dernier met en place un bureau spécial dans les années 50, pour reconstruire, protéger et réparer un certain nombre de *ghāt*. Les seuls rapports trouvés ne nous informent pas sur les aspects techniques mais plutôt sur les coûts impliqués³⁹. En 1965, des puits en maçonnerie sont encore en usage pour la construction des fondations. Des palplanches sont aussi utilisées, supportées à l'extérieur par des piles en béton armé travaillant comme ligne de défense face à l'érosion de la berge et fournissant le support nécessaire pour la superstructure. La priorité est donnée aux *ghāt* d'importance religieuse et les objectifs de la municipalité reprennent le leitmotiv de la *Kashi Tirth Sudhar Trust* : protéger la berge qui tombe en ruine et réparer chaque *ghāt*. Une autre préoccupation voit le jour, celle de rendre les *ghāt* « plus accessibles » et celle « d'ouvrir des places » autour des *ghāt* les plus sacrés, notamment à Manikarnika *ghāt*, Dasaswamedh *ghāt* et Assi *ghāt* (Fig. 11).

Depuis une vingtaine d'années le *Bundhi division*, corps municipal au sein du département d'irrigation, entreprend les travaux de réparation ou de construction de nouveaux *ghāt*. Comme son nom l'indique, ce département est surtout spécialisé dans la construction de *bundh* (digues) dans les régions agricoles. La responsabilité de réparer des structures anciennes, comme l'exigent les *ghāt* de Bénarès, avec les compétences patrimoniales et architecturales que cela implique ne lui est pas prioritaire. Aucune recherche préalable n'est entreprise avant d'intervenir sur les structures anciennes et la jonction entre celles-ci et les nouvelles n'est pas assurée.

³⁷ AUDEN, J.B. *Collapse of the ghāt at Benares*, (pp. ix- xxvi) dans *Benares and its ghāt*, 1931, Kashi Tirth Sudhar Trust

³⁸ Idem

³⁹ « La plupart des *ghāt*, souffrent d'érosion depuis une centaine d'années. Pour leurs reconstruction, protection et conservation un plan détaillé a été élaboré par le service à un coût de Rs. 99.9 lakhs (1 lakh = 100, 000) et un bureau temporaire composé d'un ingénieur et de trois assistants a été constitué le 20 janvier 1955 ». JOSHI, E.B., *Uttar Pradesh District Gazetteers*, Varanasi, 1965 (1st ed. 1928)

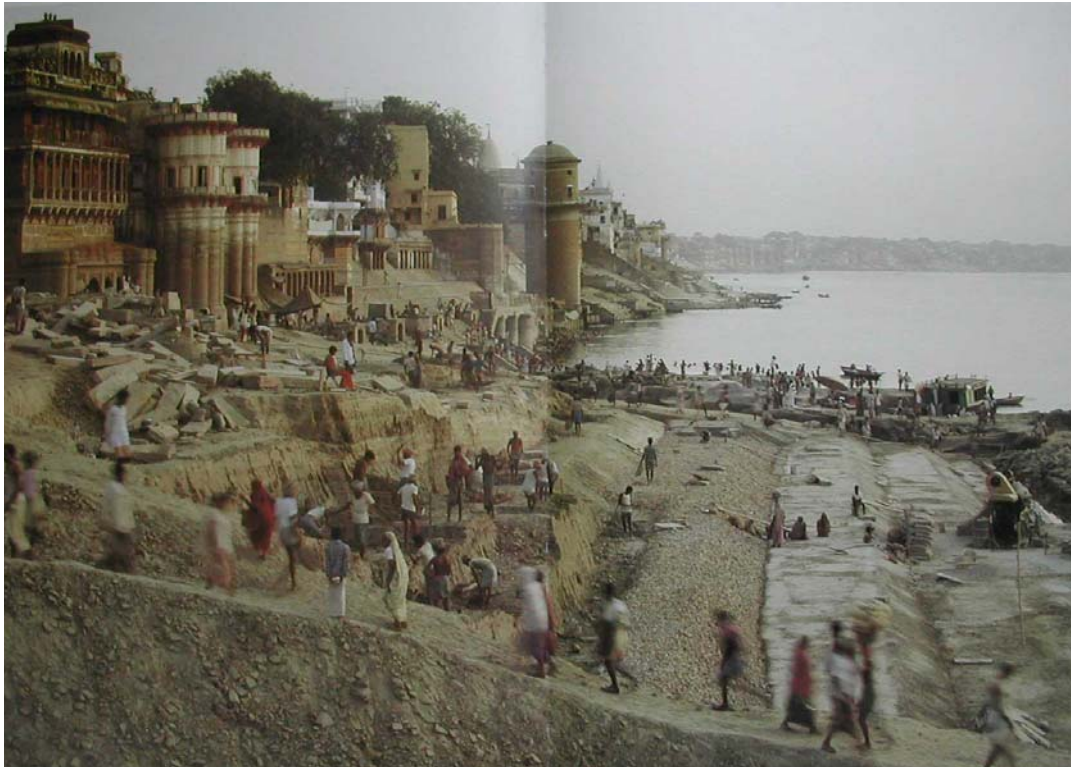


Figure 11 : Construction d'Assi ghāt dans les années '80. (© TOUTAIN Pierre, Bénarès, BNP Paris, 1985)



Figure 12 : Construction d'un nouveau ghāt, 2008 © S. Jalais

Dans les nouveaux *ghāt* en construction (Fig. 12), des poteaux en béton armé de 5m de hauteur implantés tous les 2m forment une rangée continue qui permet d'asseoir fermement l'extrémité des *ghāt*. Des grosses pierres sont amassées au devant de cette structure (appelé *launching apron*), afin de la solidifier davantage et d'atténuer la force du fleuve sur la rive. Les marches sont construites sur un terrain découpé, sur lequel est posé préalablement un mélange de sable, gravillon et ciment. Les marches elles-mêmes sont en pierre (massif ou uniquement un revêtement) ou en brique selon l'importance du *ghāt* et les moyens financiers. Parfois, il arrive même que la pente soit seulement raffermie, avec briques ou ciment, sans construction de marches.

5. Conclusion

Le *ghāt*, forme architecturale ancienne, reprise et interprétée dans des contextes nouveaux avec des exigences nouvelles (pèlerinages accrus, tourisme, rassemblements de plus en plus importants), s'ajuste facilement, de par son échelle et son mode de composition, à la topographie du site. Au fil des années, la berge est recouverte de *ghāt* épousant sa forme et formant aujourd'hui, un front presque continu s'étendant au-delà des limites de la ville. La forme du *ghāt* ainsi que ses fondations consolide la berge et la protège des menaces d'érosion tout en intégrant l'eau du fleuve dans son espace. Cette forme est toujours la même - des emmarchements à répétition qui mènent à l'eau. Cependant, tout en gardant l'idée de la forme d'origine, les *ghāt* sont continuellement repensés et réadaptés. L'évolution des techniques et le changement des matériaux utilisés n'empêchent aucunement le même usage et la même forme. La technique est en quelque sorte au service d'un usage qui se voudrait pérenne. Les *ghāt* modernes construits en béton répondent aux usages et rituels anciens « car ce n'est pas leur aspect qui rend le lieu sacré »⁴⁰ et parce qu'ils maintiennent la relation de proximité avec le fleuve.⁴¹ Cependant, les conséquences des nouvelles constructions sur les berges ont soulevé des critiques : notamment, que les travaux de consolidation des berges n'englobent pas assez, en même temps, l'amélioration des infrastructures (notamment les problèmes des égouts non-traités se déversant dans le fleuve); que la forme nouvelle adoptée (pente, avancées sur le fleuve) ne prend pas assez en compte la forme du méandre et les effets d'envasements (exemple de la construction d'Assi *ghāt* en 1988) ; enfin, une intervention souvent lourde qui efface l'identité de la ville et de son lien avec le fleuve. Pour des raisons de coûts, plusieurs *ghāt* n'ont pas d'emmarchement : ils forment des quais ou sont des simples talus raffermissés en pente stabilisée. Cela a suscité des critiques par rapport à l'altération de « la personnalité de la ville ». Rai Anand Krishna remarque que « les talus en briques, froids, indifférents et sans caractère » sont « peut-être la solution fonctionnelle la plus appropriée pour sauver la ville de l'érosion du fleuve », mais qu'elles « empêchent le déroulement quotidien de la vie de la ville - spécialement celle religieuse et de récréation - arrêté ou restreint par la perte de la qualité des espaces »⁴².

Bibliographie

- Backouche I. (2000). *La trace du fleuve : La Seine et Paris (1750-1850)*, EHESS, Paris.
- Bhardwaj S.M. (1973). *Hindu Places of Pilgrimages in India, A study in cultural geography*, University of California Press.
- Blyth F.G.H., et Freitas M.H. (1987). *A Geology for engineers*, 7th edition, ELBS (1st ed. 1943, Arnold)

⁴⁰ Hegewald, 2002, p. 47. Dans sa conclusion elle réaffirme qu' « en général, les habitants de l'Asie du sud, semblent trouver moins problématique que les occidentaux, de combiner traditions et tendances modernes, que ce soit en matière de croyances et vues du monde, de formes architecturales, ou de choix des matériaux de construction ». p. 217 (traduction de l'anglais)

⁴¹ A Paris, les constructions des quais au 18^{ème} siècle transforment le voisinage avec le fleuve. Backouche, (2000).

⁴² KRISHNA, Rai Anand, *Banaras in the early 19th Century, Riverfront Panorama*, Indica books, Varanasi, 2003, p.23.

- Claveyrolas M. (2010). Construire un espace à part. Circulations rituelles et territoires sacrés à Bénarès, in V. Dupont et F. Landy (eds.), *Circulation et Territoire dans le monde indien contemporain*, éditions de l'EHESS, collection Purusartha n°28, Paris, pp. 41-71
- Coomaraswamy A.K. (1994). *La transformation de la Nature en Art* (texte original en anglais: The transformation of Nature in Art, Dover pub. New York, 1934), l'Age d'Homme, Lausanne.
- Coute P.D. et Leger J.M. (éd) (1989). *Bénarès, un voyage d'architecture*, ed. Créaphis, Paris.
- Cumming C.F. G. (1886). *In the Himalayas and on the Indian Plains*, London, Chatto and Windus, Piccadilly, 1886.
- D'souza R. (2006). *Drowned and dammed, Colonial Capitalism and Flood Control in Eastern India*, Oxford University Press, New Delhi.
- Eck D.L. (1981). India's tīrthas : crossings in sacred geography, *History of religions*, p. 323-324
- Eck D.L. (1982). *Banaras: City of light*, New York, Alfred A. Knopf.
- Eck D.L. (1998). The Imagined landscape: Patterns in the construction of Hindu sacred geography", in *Contribution to Indian Sociology*, pp. 165-188, Sage publications, N.Delhi, Thousand Oaks, London.
- Fischer F.H. et Hewett J.P. (1884). Statistical, Descriptive and Historical Account of the N-W provinces of India, Vol. XIV. Part I Benares, Allahabad, North West Provinces and Oudh govt. Press.
- Gaenszle M. et Gengnanel J. (eds) (2006). *Visualizing Space in Benares: Images, Maps and the practice of representation*, Harrassowitz Verlag, Wiesbaden.
- Gutschow N. (2006). *Benares, The Sacred Landscape of Varanasi*, Axel Menges, London Stuttgart.
- Hegewald J.
- Gutschow N. (2002). *Water Architecture in South Asia : a study of types, development and meanings*, Leiden.
- Gutschow N. (2005). Ghāt and riverside Palaces, dans G. Michell & R. Singh (éd.), *Banaras: The city revealed*, Marg Publications, Mumbai.
- Hodges W. (1798) *Select Views in India*, London.
- Joshi E.B. (1965). *Uttar Pradesh District Gazetteers, Varanasi* (1st ed. 1928)
- Krishna R.A. (2003). *Banaras in the early 19th century, Riverfront panorama*, Indica, Varanasi.
- Legoux de Flaix A. (ancien officier du génie, de la société Asiatique de Colcota, et de plusieurs autres Sociétés Littéraires et Savantes) (1802). *Mémoire sur les travaux des constructions hydrauliques*, Paris, chez Favre, N° 220, Aux neuf Muses, 1802.
- Legoux de Flaix A. (1807). *Essai historique, géographique et politique sur l'Indoustan avec le tableau de son commerce*, avec carte et 14 planches ; Paris, chez POUGIN, Libraire rue St. André des Arcs, N° 39.
- Medley J. G. (1863). *Professional papers on Indian engineering*. No. 1 ; Roorkee : Thomason Civil Engineering College Press.
- Medley J. G. (1866). *Roorkee Treatise on Civil Engineering*, Section II. Masonry, Allahabad, govt. Press, United Provinces.
- Medley J. G. (1873). *India and Indian Engineering: three lectures delivered at the Royal Engineer Institute, Chatham*, in July, 1872 by Julius George Medley. London, New York: E. & F. N. Spon.
- Needham J. (1971). *Science and civilization in China*, vol. 4, Physics and Physical technology, Part III: Civil Engineering and Nautics.
- Pieper J. (1979). Water in Hindu Urban Architecture, in *Art and Archaeology Research Papers (AARP)* N°15, London, June.
- Prinsep J. (1833) Benares Illustrated in *A Series of Drawings*, Londres, (première édition en 1831, Baptist mission Press, Calcutta; réédition, avec une introduction de O.P. Kejariwal, Vishwavidyalaya Prakashan, Varanasi, 1996)

- Ray K. B. (1958). *River engineering, Technical Paper N° 334*, Govt. Of India, Ministry of railways, Delhi, Manager of Publication.
- Rotzer K. (1989), Matériaux et techniques de construction au 19ème siècle, p. 113-119, dans Coute et LEGER (éd), *Bénarès, un voyage d'architecture*, ed. Créaphis, Paris.
- Singh R.L. (1955). *Benares: a study in urban geography*, Benares, Nand Kishore and bros.
- Singh R.P.B. (ed) (1993). Banaras, Cosmic Order, Sacred City, Hindu Traditions, *Cultural traditions of India Series*, Pub. N° 5, Varanasi.
- Vishwanath S. (2009). Persian Wheel in India, End of an era, 05 / 2009, <http://base.d-ph.info/en/fiches/dph/fiche-dph-7866.html>
- Viollet P.L. (2000). *L'Hydraulique dans les civilisations anciennes, 5000 ans d'histoire*, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.
- Walch G.T. (1896), *Engineering Works of the Godavari Delta: a descriptive and historical account*, Government Press, Madras, Vol. II.
- Wilcocks W. (1930). *Lectures on the ancient system of irrigation in Bengal and its application to modern problems*, Calcutta University readership lectures, University of Calcutta.
- Williams W.A. (1922). *Inland waters and their Sea approaches*, W. Newman and Co., Calcutta.
- Benares and its ghāt, (1931). Kashi Tirth Sudhar Trust, Varanasi.
- Report of the administration of the Banaras state for the year 1319 (1911-12 AD), published by the ruling family - Maharaja Sree Prabhu Narayan Singh Bahadur.

09-JSE-2012-Jalais-Manuscrit-2012-03-06.doc)