

NOTE DE SYNTHÈSE

UNE DÉMARCHE INNOVANTE DE GÉOARCHÉOLOGIE GLOBALE POUR L'ÉTUDE DES ANCIENNES STRUCTURES HYDRAULIQUES : OBJECTIFS ET MÉTHODES

L'approche mise en œuvre pour l'étude des anciens systèmes hydrauliques de la région de Sarazm est novatrice par le fait de les appréhender dans une perspective d'histoire fonctionnelle au sein du paysage fluvial. Elle implique d'une part de restituer l'histoire de leur fonctionnement, de leur construction à leur abandon, comme d'appréhender les conditions de leur fonctionnalité dans le temps. Les processus morphogéniques qui ont façonné le paysage de la vallée sous l'influence des facteurs tectoniques et climatiques ont aussi impacté le réseau de drainage (Zeravshan et affluents) et les réseaux hydrauliques qui y sont connectés pour la dérivation des écoulements. D'autre part, il s'agit de documenter les modalités techniques et pratiques de la gestion de l'eau, à la fois le contrôle des écoulements pour irriguer et la maintenance des ouvrages (entretien, réparation), et de dater leur construction et les éventuels recreusements qui ont permis de les rendre opérationnels dans la durée.

Les différents objectifs de ce travail s'articulent selon un emboîtement d'échelles depuis le paysage de la moyenne vallée du Zeravshan jusqu'aux dépôts sédimentaires de canaux de Sarazm :

- **Restituer et dater les dynamiques du paysage fluvial du Moyen-Zeravshan**

La restitution de la fabrique du paysage fluvial de la microrégion de Sarazm repose sur une démarche de géomorphologie fluviale, menée dans une logique d'analyse paysagère à différentes échelles, dans le but de documenter et dater les processus impliqués dans la fabrique de ce paysage original de vallée intramontagnarde semi-aride et tectoniquement active.

Il s'agit d'identifier, d'étudier et dater les paléoflèches fluviales et archives sédimentaires associées qui rendent compte de l'évolution du paysage dans la longue durée. Les terrasses alluviales de rive gauche, les dépôts de loess accumulés au sommet de la haute terrasse en conditions de marge périglaciaire ainsi que le cône alluvial mis en évidence au sud-est du site de Sarazm ont été étudiés à partir de faciès alluviaux caractéristiques et interprétés sur le plan paléoclimatique, puis datés par OSL.

Ces données de l'étude géomorphologique ont été mises en relation avec les résultats de l'étude morphostructurale de la moyenne vallée du Zeravshan au Tadjikistan. Réalisée à l'appui d'images satellitaires (Sentinel 2, GoogleEarth) et d'observations de terrain, elle a permis d'identifier un grand nombre de failles majeures et de restituer leurs cinématiques au Quaternaire. La cartographie de ces failles vise à comprendre et spatialiser les processus d'ablation et d'accumulation qui ont impacté l'organisation du relief et le réseau de drainage ainsi que l'équilibre des cours d'eau. En parallèle, les processus hydroclimatiques étant aussi un moteur de la morphogénèse au sein des vallées fluviales, il est apparu indispensable de faire la synthèse des variations climatiques depuis la fin du Pléistocène dans notre secteur d'étude à partir des publications récentes disponibles.

- **Matérialiser, dater et appréhender l'histoire fonctionnelle des structures hydrauliques de la microrégion de Sarazm**

La restitution de l'ancien système d'irrigation protohistorique de Sarazm s'est appuyée sur la prospection des structures hydrauliques (canaux et karez) à l'aide d'images GoogleEarth et sur l'étude de transects dans leurs comblements. L'acquisition des données de terrain n'a pas été possible dans les secteurs proches de la frontière avec l'Ouzbékistan, sous surveillance militaire, ni dans l'emprise des habitations et des jardins qui se sont développés sur la terrasse supérieure. L'étude stratigraphique des dépôts et la corrélation des altitudes a pour objectif de matérialiser le parcours de l'eau et documenter les caractéristiques techniques des ouvrages (dimensions, profils, orientations, pentes) et leurs sources d'alimentation possibles.

Pour dater le fonctionnement des structures, la méthode radiométrique de datation par luminescence optiquement stimulée (OSL) a été appliquée. Celle-ci permet de dater de manière absolue les dépôts eux-mêmes s'ils sont en place (non remaniés) et n'ont pas été exposés à la lumière, ce qui en fait une alternative intéressante pour la datation d'aménagements hydrauliques régulièrement curés et contenant peu de matériaux datables (céramique, ossements...). Sa mise en œuvre peut toutefois s'avérer délicate car elle nécessite de prélever des dépôts suffisamment sableux et reste coûteuse.

Un autre enjeu majeur de ce travail a été de restituer l'histoire fonctionnelle des ouvrages au-delà de leurs fonctions (irrigation, drainage, adduction), c'est-à-dire leur mode de fonctionnement au regard des contraintes locales pour la gestion de l'eau. L'étude micromorphologique vise à caractériser la nature et le rôle des dynamiques naturelles et anthropiques dans la formation des dépôts de canaux et karez et leurs organisations sédimentaires. Dans l'histoire de ces structures, les processus de dépôt, d'ablation et d'évolution des sédiments renvoient à des phases d'aménagement, de fonctionnement et de dysfonctionnement, d'entretien et de réfection ainsi que d'abandon, documentées ici aux échelles microscopiques. L'objectif est de proposer un modèle de la gestion de l'eau d'irrigation à Sarazm au Chalcolithique et à l'âge du Bronze, dans ses modalités pratiques et techniques, à travers les gestes outillés et matériaux et leurs temporalités.

Cette démarche d'étude « globale » des structures hydrauliques de la microrégion de Sarazm conçue comme un continuum d'analyses à différentes échelles et intègre les partitions de « hors site » et d'« intra-site » qui structurent la géoarchéologie en France dans ses problématiques et ses pratiques de terrain. Ce travail englobe en effet les échelles spatiotemporelles où s'inscrit le fonctionnement des structures, depuis le bassin versant où les ressources en eau se renouvellent jusqu'à la microrégion où l'eau est dérivée et utilisée. Il tient également compte des espaces et temporalités où se manifestent les dynamiques environnementales sur les anciens systèmes d'occupation exploitant les ressources en eau. En cela, cette recherche renouvelle les fondements méthodologiques des études de géoarchéologie s'inscrivant dans le paysage.

VERS UNE MEILLEURE CONNAISSANCE DES DYNAMIQUES DU PAYSAGE FLUVIAL ET DE LEUR IMPACT SUR LES RESSOURCES EN EAU ET LES SOCIÉTÉS

La caractérisation et la datation des héritages morphosédimentaires de la moyenne vallée du Zeravshan ont montré l'influence de l'activité sismotectonique et des variations hydroclimatiques sur la mobilité du paysage fluvial, spécifiquement sur l'organisation du réseau de drainage et les systèmes hydrauliques aux époques anciennes.

Dans cette zone de déformation continentale liée aux systèmes actifs du Pamir et du Tian Shan, les dynamiques morphotectoniques sont peu étudiées aux échelles microrégionale et locale. La première carte morphostructurale détaillée du Moyen Zeravshan au Tadjikistan produite dans ce travail met en évidence un réseau complexe de failles normales, inverses et transformantes en plus des grands chevauchements déjà répertoriés sur les bases de données des failles de cette partie de l'Asie (chap. 10). Au Quaternaire, la tectonique a été à l'origine du compartimentage du relief en fossés d'effondrement successifs (grabens) et d'une instabilité du réseau hydrographique (changements de cours brutaux et métamorphoses du style fluvial) en réponse à la modification du niveau de base.

Un autre résultat majeur est la mise en évidence de plusieurs paléo-glissements gravitaires dans le Moyen Zeravshan à l'amont de Sarazm. L'extension des masses glissées en fond de vallée et les volumes de débris mobilisés indiquent que ces mouvements gravitaires ont formé des barrages de débris temporaires sur le Zeravshan. L'activité sismotectonique a également impacté le fonctionnement des systèmes hydrauliques dans le passé. C'est ce que montre l'étude des dépôts de comblement du canal protohistorique de Sarazm où des traces de sismicité ont été observées sous la forme de déformations caractéristiques (figures d'échappement d'eau et convolutes) (chap. 12). L'enregistrement de ces « séismites » fait des dépôts de canaux un nouveau type d'archives sédimentaires pour étudier les mécanismes en jeu dans la propagation des ondes sismiques à l'interface eau/sédiment et dans leur conservation ainsi que pour caractériser l'intensité des anciens tremblements de terre. Ces séismites ayant été reconnues dans deux canaux plus récents creusés dans les dépôts du canal protohistorique, l'un fonctionnel vers 500 av. JC, puis au 2^e siècle apr. JC, l'autre daté de la période islamique entre le début du 11^e et le 14^e siècle ; elles signalent une continuité des pratiques d'irrigation aux périodes historiques dans un contexte sismique toujours actif. Les comblements de canaux constituent donc également des archives pertinentes pour aborder les stratégies d'adaptation des sociétés dans le domaine de la gestion de l'eau dans les régions sismiques.

Pour mener à bien cette recherche sur les dynamiques du paysage, il a été nécessaire de s'appuyer sur l'histoire du climat de l'Asie centrale aride au Quaternaire. Cette région du monde accuse un certain retard en matière de recherche paléoclimatique, en comparaison du bassin méditerranéen ou de la Haute-Asie (Pamir, Himalaya), et souffre d'un manque de données multi-proxies et à haut niveau de résolution. L'enjeu était donc de faire une synthèse des variations du climat au Quaternaire et en particulier des changements rapides des niveaux d'humidité à l'Holocène qui ont impacté l'hydrosystème du Zeravshan. La synthèse est basée sur la connaissance préalable des mécanismes qui régissent le climat dans notre région d'étude (chap. 1). Il existe en effet une grande variabilité des

conditions climatiques comme des réponses à leur évolution au sein de cette vaste zone centrasiatique, si bien que les données éparses disponibles ne peuvent être prises en compte sur la seule base de la proximité géographique avec notre secteur. La chronologie des variations du climat (chap. 7) fournit un cadre d'interprétation du rôle des cycles glaciaires-interglaciaires au Pléistocène et des fluctuations du climat holocène dans les changements restitués des régimes de l'alluvionnement du Zeravshan (phases d'aggradation et d'incision du lit fluvial), notamment à partir du dernier optimum climatique de l'Holocène moyen, qui ont conduit à la formation des terrasses de la microrégion de Sarazm (chap. 11).

Dans cette vallée semi-aride et tectoniquement active, qui connaît en outre un changement majeur et rapide de son climat, la connaissance des dynamiques morphogéniques du paysage du passé est cruciale pour la prédiction et la prévention d'évènements potentiellement catastrophiques liés au retrait des glaciers, aux crues de fonte nivoglacière et à l'instabilité des versants ainsi que pour la connaissance des contraintes à l'accessibilité des ressources en eau pour les sociétés.

APPORTS CONCEPTUELS ET MÉTHODOLOGIQUES À L'ÉTUDE DE LA GESTION DE L'EAU ANCIENNE ET L'HISTOIRE DES TECHNIQUES HYDRAULIQUES

L'étude des structures hydrauliques de la microrégion de Sarazm exploite le potentiel documentaire de leurs remplissages sédimentaires pour la restitution des interactions socio-environnementales et spécifiquement dans le domaine de la gestion de l'eau. Cette approche relève de la géoarchéologie agraire, encore peu développée à l'exception de quelques travaux majeurs (F. Berger en vallée du Rhône, L. Purdue dans le bassin de Phoenix d'Arizona), et est inédite en Asie centrale. Considérant les anciennes structures d'hydraulique agricole comme des « systèmes techniques », produits des actions de l'homme sur la matière au sens de l'anthropologie culturelle, cette thèse ouvre un questionnement sur l'histoire des techniques et des pratiques outillées de la gestion de l'eau.

L'approche archéologique des structures met l'accent sur leurs caractéristiques physiques et leur insertion dans le territoire. Un certain nombre de séquences d'étude de canaux ont été nécessaires pour reconstituer les profils et dimensions des ouvrages, l'altitude et la pente des écoulements ainsi que leurs tracés et points de captage. Ces données permettent de restituer la dimension physique et spatiale des réseaux hydrauliques et de les replacer au sein de leur ancien terroir irrigué (prise d'eau, périmètres irrigués, zone habitée). Elles renseignent sur le niveau de maîtrise de la planimétrie et les savoir-faire en matière de conception hydraulique (dimensionnement des ouvrages) des habitants de Sarazm.

Dans la continuité de la lecture stratigraphique de terrain qui décrit l'organisation, la couleur, la texture des dépôts et la présence d'artefacts, l'étude micromorphologique se fait en lames minces sous microscope à différents grossissements dans le but de caractériser, classer et établir le phasage des microfaciès. Ils sont composés d'un ensemble de traits sédimentaires, pédologiques et anthropiques traduisant les modes de gestion de l'eau (énergie et rythmicité des flux, fréquence et durée des exondations) et de maintenance des structures (traces d'outil, apports de matériaux).

L'analyse systématique d'un corpus de 32 lames minces couvrant 4 transects de référence a permis d'établir le premier modèle de gestion de l'eau d'irrigation en Asie centrale pour le Chalcolithique et l'âge du Bronze ancien, période qui voit l'émergence des premiers réseaux de canaux dans les oasis agricoles de Margiane (Turkménistan méridional) et de Bactriane orientale (Afghanistan du Nord-Est). Ce modèle documente l'histoire de la préparation, de la mise en eau, du fonctionnement et de l'entretien courant, des dysfonctionnements et des réparations du canal de Sarazm. Ces différentes phases fonctionnelles ont été replacées dans leurs temporalités propres à partir de la corrélation des données micromorphologiques ayant trait à la saisonnalité climatique (assèchements, alternances gel/dégel) et à la saisonnalité hydrologique, dont le marqueur principal est l'enregistrement de la crue du Zeravshan. Ce modèle intègre également une typologie des processus liés à la maintenance du canal tels que les gestes outillés du curage et du grattage ainsi que les piétinements, tous caractérisés en terme de fréquence et d'intensité.

L'approche ethnoarchéologique consistant à documenter les pratiques culturelles et de gestion de l'eau traditionnelles dans la microrégion de Sarazm et plus largement en Asie centrale a apporté une cohérence à la restitution du système d'irrigation et au modèle des pratiques de gestion de l'eau. Ce modèle repose ainsi sur des éléments concrets qui permettent d'appréhender la capacité d'adaptation des sociétés irrigantes aux contraintes naturelles locales.

D'application récente et encore peu mise en œuvre en contexte archéologique, la méthode de datation par OSL utilisée pour dater les terrasses alluviales, s'est avérée pertinente pour dater les canaux et le karez. Elle offre une alternative à leur périodisation par association avec des vestiges d'occupation proches, même si les âges OSL fournis ont parfois de grandes marges. L'échantillonnage a été conduit en parallèle d'une analyse fine de la stratigraphie pour identifier, grâce aux traces de recreusements, des phases anciennes (réputées avoir disparues), principales et tardives de fonctionnement. Les datations OSL ont été combinées à des datations au radiocarbone lorsque des charbons étaient présents, ce qui a permis d'affiner la chronologie du fonctionnement des ouvrages et parfois d'en préciser la durée. Les datations révèlent le développement précoce de l'irrigation artificielle par les habitants de Sarazm tout au long de l'occupation du site aux IV^e-III^e millénaires. Un autre jalon de l'histoire des techniques hydrauliques dans la région est également désormais posé avec la datation très précoce, vers 2300 av. JC, du karez.

À une autre échelle, ce travail éclaire sur l'origine des savoir-faire techniques et pratiques de la gestion de l'eau en Asie centrale, qui ont pu se nourrir des échanges que Sarazm entretenait avec les communautés agricoles des oasis de Margiane pratiquant l'irrigation, l'influence de la culture Namazga étant attestée par exemple dans sa production de vases peints et l'architecture de certains bâtiments monumentaux. Le système d'irrigation de haute terrasse de Sarazm présente par ailleurs des similitudes avec celui de Shortughaï en Bactriane à l'âge du Bronze. Au final, ce travail de thèse démontre que l'histoire des techniques hydrauliques doit avant tout se comprendre à la lumière des contextes paléohydrographiques locaux et des interactions socioculturelles régionales avant d'envisager une diffusion depuis des grands centres urbains qui se sont illustrés dans la maîtrise de l'hydraulique (Mésopotamie, Iran, vallée de l'Indus), même s'ils ont pu jouer un rôle.