



CHARLES BONNET  
MATTHIEU HONEGGER  
THOMAS SURIAN

# *KERMA*

1995-1996 1996-1997

S O U D A N

# KERMA : LES SITES ARCHÉOLOGIQUES DE KERMA ET DE KADRUKA DANS LEUR CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE

Par Bruno Marconlogo et Nicola Surian

L'analyse spatiale des relations entre les sites archéologiques et leurs ressources naturelles est de plus en plus appliquée aux recherches qui visent à comprendre les influences mutuelles entre l'homme et l'environnement. Ces dernières années, la diffusion massive d'images-satellite de haute qualité (images multispectrales) et le développement de techniques avancées pour l'interprétation et l'intégration de telles données, ont permis d'approfondir cette approche géoarchéologique. Dans le cas du bassin de Kerma, nous cherchons à intégrer dans leur contexte géomorphologique les importantes fouilles archéologiques menées depuis la fin des années soixante par l'Université de Genève et le C.N.R.S. (Lille). Pour cela, il nous faut tenir compte de l'évolution paléohydrographique du cours du Nil entre la troisième cataracte et Ed-Debba, durant le Quaternaire récent. La morphogenèse fluviale représente en effet le principal facteur de la formation des paysages locaux. De plus, la proximité observée entre les sites archéologiques et les anciens cours du Nil est un élément important pour comprendre la localisation des établissements du passé, ainsi que leur évolution dans l'espace et dans le temps.

Ces dernières années, une recherche géomorphologique a été lancée sur la question de l'environnement physique et de son évolution durant le Quaternaire. Elle se concentre en particulier sur la dynamique du cours du Nil. A partir de l'interprétation d'une image SPOT, un survol général de la situation paléohydrographique a été proposé<sup>1</sup>. Cette interprétation montre que la région est très riche en formations paléogéographiques, en particulier sur la rive droite du Nil. Quatre principales directions d'écoulement du paléocours ont ainsi été reconnues. Les recherches récentes sont, elles, basées sur une analyse plus détaillée des images-satellite, sur une interprétation de photographies aériennes, ainsi que sur un travail de terrain.

Deux images multispectrales Landsat 5 TM ont été traitées par un logiciel<sup>2</sup> afin d'étendre l'analyse à une plus vaste région, couvrant une large portion de la rive droite du cours actuel du Nil. C'est là qu'un paléocours continu et bien développé a été identifié sur toute sa longueur. En outre, les deux complexes archéologiques de Kerma et de Kadruka ont été étudiés à une échelle plus grande à partir d'une interprétation de photographies aériennes en noir et blanc (photographies panchromatiques). Cela a permis d'enrichir

les précédentes images en formations fluviales. Une prospection sur le terrain a été menée en particulier dans la région de Kerma et dans une partie de celle de Kadruka. Elle confirme les tendances générales de l'interprétation des documents photographiques. En complément, elle fournit des éléments morphologiques et stratigraphiques offrant une meilleure compréhension des mécanismes de morphogenèse et de changements temporels.

## SITUATION GÉNÉRALE

La région étudiée se situe en amont de la troisième cataracte, au nord de Ed-Debba. Elle fait partie de la Province du Nord qui est l'une des régions les plus arides du Soudan. Le climat est désertique et les pluies, négligeables, se manifestent certaines années sous forme de rares mais puissantes averses. La limite des 50 mm de précipitations annuelles suit un axe est-ouest le long du 18° parallèle, passant à la hauteur de Ed-Debba. La phase aride actuelle a débuté aux environs de 4 000 ans B.P. Elle est précédée d'une phase humide située dans la première partie de l'Holocène, entre 11 000 et 4 000 ans B.P. environ. Cette dernière succède elle-même à une phase aride plus ancienne, dont le climat était plus sec que celui connu actuellement<sup>3</sup>.

La zone étudiée fait partie d'une vaste pénéplaine qui caractérise le nord-est de l'Afrique. Elle est localement interrompue par des inselbergs de modeste élévation, allant de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres de hauteur. Le désert bordant la plaine alluviale du Nil présente des dunes actives (dunes longitudinales et barkhanes), tandis que de vastes surfaces ne sont couvertes que par de fines nappes de sable<sup>4</sup>.

La formation du Grès Nubien, déposée dans un environnement continental durant le Crétacé, couvre environ un tiers de la surface du Soudan<sup>5</sup>. Elle compose le bedrock de toute la région étudiée. Localement, elle est couverte par des couches plus ou moins épaisses de sédiments repris (éluvions-colluvions, alluvions et dépôts éoliens). Les grès sont essentiellement composés de quartz et de minéraux feldspathiques. La région de la troisième cataracte constitue la limite entre la formation du Grès Nubien et les roches cristallines sous-jacentes, appartenant au Complexe de Base<sup>6</sup>.

Le gradient moyen du Nil entre la quatrième et la troisième cataracte est de 0,00008 pour une distance atteignant les 313 km<sup>7</sup>. Entre Dongola et la troisième cataracte, l'écoulement du fleuve se répartit en plusieurs bras, conformément à un système de chenal. De larges îles, relativement stables, se sont formées dans le lit du Nil et sont actuellement cultivées et habitées, par exemple les îles d'Argo, d'Artigasha ou de Bedin. La largeur du fleuve oscille entre 600 et 800 m et le débit moyen annuel à Dongola est de 2 713 m<sup>3</sup>/s.

## MÉTHODES

### Analyse d'images-satellite et aériennes

Suite à l'analyse préliminaire portant sur une image SPOT panchromatique<sup>8</sup>, la recherche s'est poursuivie en utilisant deux images Landsat couvrant une région plus large, ainsi que des photographies aériennes. Après avoir été traitées par le logiciel « Idrisi », les images Landsat TM - prises le 20 janvier 1988 - ont servi à étendre l'étude aux régions situées en amont du bassin de Kerma et à l'ouest du Nil dans le secteur de Wadi el Qa'ab. Ce type d'analyse permet d'insérer le bassin de Kerma dans un contexte physiographique plus large. Il se justifie par la nécessité de disposer d'une reconstitution cohérente et complète de la dynamique quaternaire du Nil dans la zone considérée. D'autre part, une étude très détaillée a porté sur les environs des sites archéologiques de Kerma et de Kadruka, grâce à l'interprétation de photos aériennes dont l'échelle approximative est de 1 : 33 000.

### Prospection sur le terrain

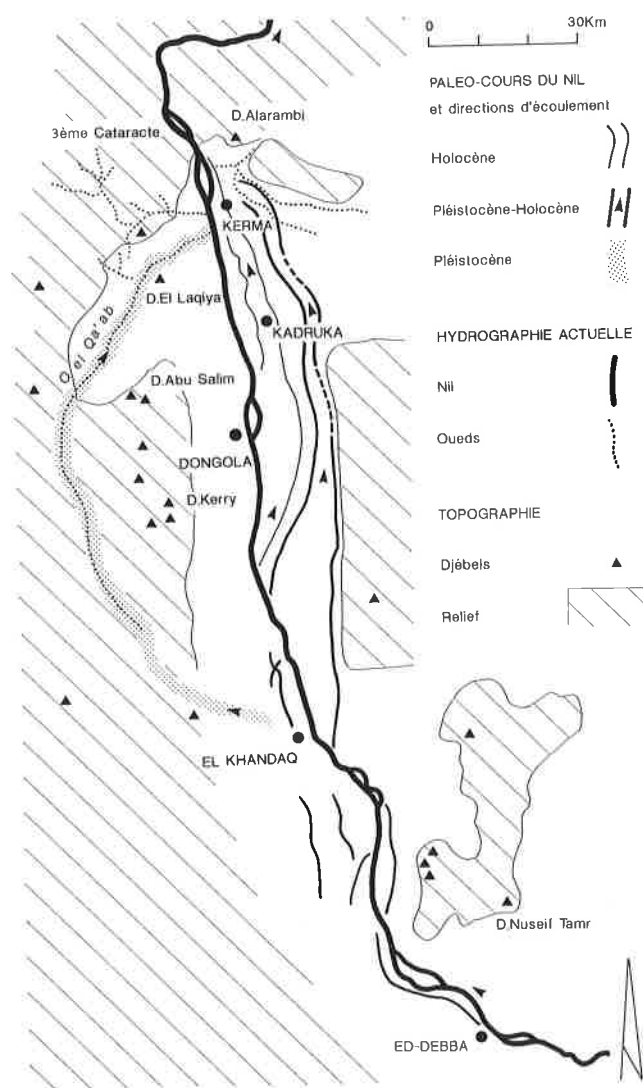
Le principal objectif de la prospection sur le terrain était de contrôler les premières interprétations issues de l'analyse des images (images-satellite et photographies aériennes) et de collecter des données morphologiques, stratigraphiques et sédimentologiques. Les puits traditionnels ont été des sites utiles pour les observations stratigraphiques et la collecte d'échantillons. La seule carte topographique disponible étant à l'échelle 1:250 000, il a fallu cartographier le terrain à l'aide de photographies aériennes et d'une base géométrique produite par agrandissement de l'image SPOT géoréférencée. De cette manière, il a été possible d'obtenir une image détaillée du terrain, chaque donnée significative - forme du terrain, emplacement des puits, etc. - étant positionnée grâce à un G.P.S.

### Datation

Des dates absolues sont nécessaires pour obtenir une reconstruction paléogéographique claire. Cinq échantillons ont été récoltés dans différentes sections de puits afin d'être datés par le radiocarbone (C-14) et la thermoluminescence (T.L.).

### Analyses minéralogiques

Le but de ces analyses était de disposer d'informations préliminaires sur la composition minéralogique des alluvions du Nil. Par ailleurs, quelques échantillons provenant d'un fossé de l'ancienne ville de Kerma ont été étudiés afin d'avoir des indications sur les éventuelles activités artisanales.



1. Evolution du cours du Nil durant le Quaternaire en amont de la troisième cataracte. (Dessin F. Fermon, A. Peillex)

## EVOLUTION DU COURS DU NIL DURANT LE QUATERNAIRE

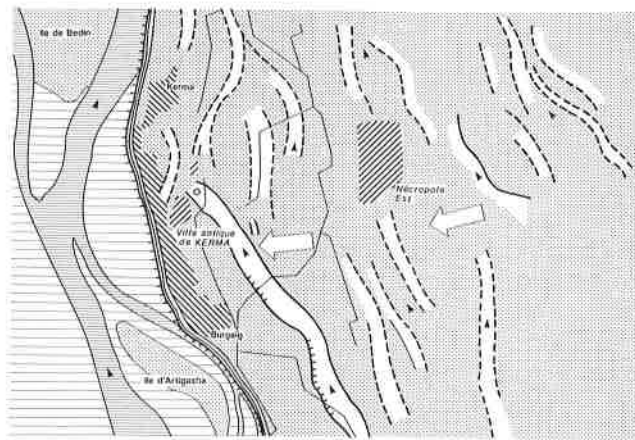
L'interprétation des images Landsat 5 TM a permis l'identification d'une formation fluviale majeure à l'ouest du Nil, qui correspond partiellement au Wadi el Qa'ab (fig. 1). Ce paléocours du Nil débute à El-Khandaq. Il se dirige vers le nord-ouest, puis se développe à travers le socle de grès en formant un lit très large. Ensuite, son cours inférieur tourne vers le nord-est, rejoignant le fleuve actuel juste en face de Kerma. Cette dépression est aujourd'hui partiellement suivie par le Wadi el Qa'ab, dont quelques auteurs suggéraient qu'il s'agissait d'une direction d'écoulement possible du Nil ou d'autres Wadies<sup>9</sup> (Wadi Howar et Wadi Magrur).

La figure 1 offre un survol général de l'évolution quaternaire du Nil en amont de la troisième cataracte. Elle montre clairement les relations entre le paléocours occidental et ceux situés à l'est. Au moins quatre anciennes directions d'écoulement continues ont été identifiées sur la droite du Nil. Les cours les plus récents sont les plus proches du cours actuel - se déplaçant d'est en ouest durant l'Holocène. Ces observations laissent penser que le paléocours de Wadi el Qa'ab, situé sur la gauche du Nil, est antérieur à l'Holocène et qu'il remonte probablement au Pléistocène. Ainsi, le Nil s'est d'abord déplacé d'ouest en est, avant de repartir dans la direction occidentale pour atteindre la position centrale actuelle.

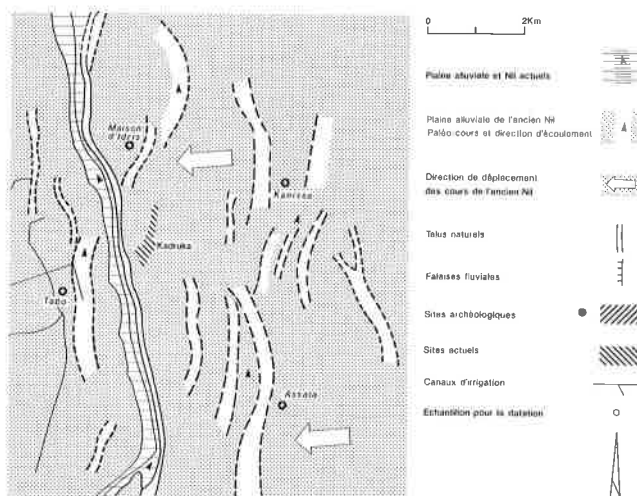
Des mouvements néotectoniques pourraient être la cause principale de ces déplacements, sachant que la région est caractérisée par des mouvements épirogénétiques très lents qui déterminent des structures - similaires aux grabens - parallèles au système directionnel du Golfe d'Aden (60-80°) et à celui de la Mer Rouge (330-350°). Ces directions sont suivies par le fleuve respectivement en amont et en aval de Ed-Debba. En outre, O.M. Kheir<sup>10</sup> indique la présence d'une ligne de faille se développant à environ 15-20 km à l'est du Nil, parallèlement à celui-ci, accompagné d'un effondrement sur son côté occidental.

## LES RÉGIONS DE KERMA ET DE KADRUKA

Une étude géomorphologique détaillée a été menée dans la région des sites archéologiques de Kerma - particulièrement l'ancienne ville et la nécropole - et Kadruka (fig. 2 et 3). L'interprétation de photos aériennes à une échelle approximative de 1:33 000 a précédé le travail de terrain, qui consistait à vérifier les interprétations et à obtenir de nouvelles données morphologiques et stratigraphiques. Quelques échantillons ont été collectés à des fins de datations (radiocarbone et thermoluminescence) et d'analyses minéralogiques.



2. Paléohydrographie du Quaternaire autour de Kerma. Interprétation des photos et prospections. (Dessin F. Fermon, A. Peillex)



3. Paléohydrographie du Quaternaire autour de Kadruka. Interprétation des dessins et prospections. (Dessin F. Fermon, A. Peillex)

La prospection de terrain a donné les résultats suivants. La plaine alluviale du Nil aux alentours de Kerma est très plate : en se déplaçant du cours actuel du Nil vers l'est, aucun niveau de terrasse n'a été reconnu. Par conséquent, le fleuve devait essentiellement se caractériser dans le passé par des déplacements latéraux (« avulsion ») plutôt que par des incisions. Les données stratigraphiques, collectées dans dix-sept puits traditionnels, confirment d'ailleurs cette impression. L'épaisseur des alluvions est très uniforme (8-10 m) et les séquences stratigraphiques sont caractéristiques de comblements de chenaux (séquences granoclassées).

Les principaux traits géomorphologiques qui caractérisent la plaine alluviale du Nil aux environs de Kerma sont les paléochenaux et les levées naturelles (fig. 2). Si les paléochenaux sont assez évidents sur les photos aériennes, ils ne présentent par contre pas toujours des caractéristiques morphologiques et/ou sédimentologiques claires sur le terrain. On peut les reconnaître par la présence de surfaces sableuses plus basses que les alentours.

Le paléochenal situé à proximité de l'ancienne ville de Kerma (2500-1500 av. J.-C.) a été examiné en détail. Il présente une bonne continuité et sa largeur est proche de la moyenne. Son remplissage est plus sableux et il peut s'enfoncer localement de 1 à 1,5 m au-dessous du terrain environnant. Deux échantillons en vue de datations ont été collectés dans un puits situé dans le chenal, proche de la ville antique. L'un d'eux se compose de silt et sera daté par thermoluminescence, tandis que l'autre, constitué de sable et de quelques matériaux organiques, est destiné à une analyse radiocarbone. Dater ce paléochenal revêt une certaine importance dans la mesure où cela permettra d'expliquer l'histoire récente du Nil et de saisir les relations entre le fleuve et l'ancienne ville.

Une levée de terre naturelle borde le chenal en question et la plaine alluviale du Nil. Le sommet de cette proéminence s'élève environ à deux mètres au-dessus de l'ancienne plaine alluviale, où les villes antique et actuelle de Kerma sont implantées. Il surplombe aussi de trois à cinq mètres la plaine alluviale actuelle qui est donc en moyenne de deux mètres plus basse que l'ancienne, d'où l'indication d'une terrasse alluviale sur la carte (fig. 2). Derrière cette levée de terre principale, deux autres levées plus anciennes ont été reconnues sur le terrain.

La situation autour de Kadruka est très proche de celle observée à Kerma (fig. 3). Ici, plusieurs paléochenaux ont été reconnus et certains d'entre eux sont clairement en relation avec les sites archéologiques. Les caractéristiques paléohydrographiques renforcent l'idée d'un déplacement progressif du cours du Nil de l'est vers l'ouest, selon un

modèle d'« avulsion » impliquant un abandon progressif des canaux orientaux. L'évolution du canal d'Argo, qui était dans le passé bien plus large et devait même englober le paléochenal de Tabo, est un exemple actuel de ce modèle. Dans le futur, il ne sera plus connecté au canal principal coulant à l'ouest de l'île d'Argo.

Des analyses minéralogiques ont porté sur les alluvions du Nil et sur quelques échantillons provenant d'un fossé situé dans la ville antique de Kerma. Ces derniers ont été étudiés dans la perspective d'obtenir des renseignements sur les activités artisanales de cette époque. La composition minéralogique principale, estimée grâce au microscope polarisant et à la diffraction aux rayons X (XRD), est la même dans les sédiments naturels que dans les sédiments « artificiels » comblant le fossé : les principaux minéraux se composent en majorité de quartz, ainsi que de feldspaths. D'autres analyses visaient à détecter d'éventuelles traces de cuivre ou d'or, mais les résultats se sont avérés négatifs. Ces analyses doivent être considérées comme une approche préliminaire, qui devrait s'étendre dans le futur à d'autres échantillons en ayant recours à des méthodes plus spécifiques.

## CONCLUSIONS

Les recherches récentes dans le bassin de Kerma, basées sur l'intégration d'images aériennes et de prospection de terrain, ont donné de nouveaux résultats significatifs dans le domaine de la géoarchéologie. La dynamique quaternaire du Nil devient de plus en plus claire, ce qui apportera une meilleure compréhension des relations entre l'environnement naturel et les occupations humaines.

Dans l'aire étudiée, en amont de la troisième cataracte jusqu'à Ed-Debba, des changements complexes des chenaux du Nil se sont produits durant l'Holocène et peut-être pendant une partie du Pléistocène. Dans un premier temps, le fleuve a coulé à l'ouest de sa position actuelle, le long d'une large dépression aujourd'hui partiellement occupée par le Wadi el Qa'ab. Ensuite, le Nil s'est déplacé à l'est, probablement à cause d'une activité néotectonique réactivant les vieilles lignes de faille dans des structures de type horst-graben. Enfin, le fleuve a migré en direction de l'ouest durant l'Holocène, pour atteindre sa position actuelle. Aujourd'hui encore, l'évolution fluviale manifeste ce phénomène. Par exemple, le canal d'Argo, toujours actif en période de hautes crues, représente une voie d'écoulement occasionnelle qui sera probablement abandonnée dans le futur.

Les observations morphologiques et stratigraphiques, réalisées durant la prospection de terrain dans la région du bassin de Kerma, suggèrent qu'il n'y a pas eu de phases

significatives d'agradation ou de dégradation du fleuve dans le passé. Il n'y a pas d'évidences claires de niveaux plus élevés d'anciens lits du fleuve, ce qui suggère que le principal processus doit être un déplacement du cours d'eau plutôt qu'une incision. Cette instabilité horizontale de la rivière, qui entraîne l'érosion des berges et le déplacement latéral des canaux («avulsion»), a très probablement influencé la distribution des établissements humains et des activités. Une reconstitution de la distribution des sites archéologiques réalisée par J. Reinold dans cette région semble confirmer cette idée. On y observe un déplacement progressif des sites vers l'ouest, en direction du cours actuel du fleuve<sup>11</sup>.

Lors de la prochaine campagne, nous espérons poursuivre cette étude en mettant l'accent sur les aspects chronologiques et sédimentologiques. En plus des datations absolues obtenues à partir des échantillons déjà récoltés, des dates supplémentaires seront nécessaires pour reconstituer avec précision l'évolution du fleuve. Une étude sédimentologique spécifique - analyse des faciès et de l'environnement des dépôts - portant sur les dépôts fluviaux et éoliens, serait très utile à la compréhension du paléoenvironnement et de la paléohydrographie. En outre, des analyses minéralogiques spécifiques pourraient s'intégrer à cette approche sédimentologique, dans le but de déterminer l'origine des sédiments naturels et les traces probables d'activités dans les sédiments anthropiques. Enfin, une prospection topographique détaillée visant à reconstruire le micro-relief de la plaine alluviale est nécessaire pour améliorer le modèle d'évolution fluviale et reconnaître les phases possibles d'incision.

Traduit de l'anglais par Matthieu Honegger

#### Notes:

- 1 B. MARCOLONGO, N. SURIAN, «Observations préliminaires du contexte géomorphologique de la plaine alluviale du Nil en amont de la III<sup>e</sup> cataracte en rapport avec les sites archéologiques», *Genava*, n.s. t. XLI, 1993, p. 33
- 2 G.I.S., «Idrisi»
- 3 P. HOELZMANN, «Palaeoecology of Holocene lacustrine sediments in Western Nubia, SE Sahara», dans: U. THORWEIHE, H. SCHANDELMEIER (éd.), *Geoscientific research in Northeast Africa*, Rotterdam, 1993, pp. 569-574
- 4 A. WARREN, «Dune trends and their implications in the central Sudan», *Z. Geomorph.*, 1970, suppl., t. 10, pp. 154-180
- 5 J.R. VAIL, *Outline of the geology and the mineral deposits of the Democratic Republic of the Sudan and the adjacent areas*, Overseas Geology and Mineral Resources, London, 1978
- 6 J.R. VAIL, A. S. DAWOUD, F. AHMED, *Geology of the third cataract, Halfa District, Northern Province, Sudan*, Geological and Mineral Resources Department, 1973, Bulletin 22
- 7 R. SAID, *The River Nil geology, hydrology and utilization*, Pergamon Press
- 8 Voir note 1
- 9 O.M. KHEIR, *Hydrogeology of Dongola area, Northern Sudan*, Berlin, 1986. Voir aussi note 5
- 10 Voir note 9
- 11 Communication de J. Reinold

#### Remerciements:

Nous remercions le D<sup>r</sup> A. Cardin de s'être chargé des analyses minéralogiques

