



**HAL**  
open science

**Description et modélisation des hétérogénéités de faciès dans la basse vallée de la Komodougou Yobe (Niger Sud-Oriental). Characterization and modeling of facies heterogeneities on the downstream Komadugu Yobe Valley (South-eastern Niger)**

Mathieu Le Coz, P. Genthon, Guillaume Favreau

► **To cite this version:**

Mathieu Le Coz, P. Genthon, Guillaume Favreau. Description et modélisation des hétérogénéités de faciès dans la basse vallée de la Komodougou Yobe (Niger Sud-Oriental). Characterization and modeling of facies heterogeneities on the downstream Komadugu Yobe Valley (South-eastern Niger). Pangea infos, 2010, 47/48, pp.59-62. insu-00957317

**HAL Id: insu-00957317**

**<https://insu.hal.science/insu-00957317>**

Submitted on 10 Mar 2014

**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.



ISSN 0760-1751

# PANGEA

N° 47/48 – Juin/Décembre 2010

CENTRE INTERNATIONAL POUR LA FORMATION ET LES ECHANGES EN GEOSCIENCES

INTERNATIONAL CENTER FOR TRAINING AND EXCHANGES IN THE GEOSCIENCES

*Volume spécial :*

## ***Géosciences & Développement***

### **IMPACTS DE L'HOMME ET DU CLIMAT SUR LES MILIEUX SAHELIENS**

*Editeurs scientifiques : Zibo GARBA, Benjamin NGOUNOU NGATCHA, David SEBAG, Alain DURAND*

### **DESCRIPTION ET MODELISATION DES HETEROGENEITES DE FACIES DANS LA BASSE VALLEE DE LA KOMADOUYOU YOBE (NIGER SUD-ORIENTAL)**

Mathieu LE COZ<sup>1</sup>, Pierre GENTHON<sup>1</sup>, Guillaume FAVREAU<sup>1</sup>

1- Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR HydroSciences, Niamey, Niger

*correspondant: lecoz@msem.univ-montp2.fr*

#### *RESUME*

*Le paysage actuel de la basse vallée de la Komadougou Yobe est régi par la migration des méandres de la rivière avec pour conséquence la mise en place d'environnements favorables à des dépôts sableux (barres de convexité) ou argileux (bras-morts, chenaux abandonnés). A partir de l'analyse de scènes Landsat, les structures spatiales associées aux zones de dépôt argileux ont été décrites et une image 2D des hétérogénéités de lithofaciès potentielles a été générée.*

*Des forages réalisés à travers la zone non saturée ont montré que les sédiments plus anciens présentent également des hétérogénéités sable-argile. Le calcul de la corrélation entre ces forages a indiqué une forte analogie avec les hétérogénéités identifiées en surface. L'image 2D a donc été utilisée pour produire un modèle géologique 3D de la partie superficielle de l'aquifère via un processus de simulation géostatistique multipoints.*

*MOTS-CLEFS: dépôts alluviaux; hétérogénéités de faciès; modélisation de réservoir; géostatistique multipoints*

### **Characterization and modeling of facies heterogeneities on the downstream Komadugu Yobe Valley (South-eastern Niger)**

#### *ABSTRACT*

*The present-day landscape of the Komadugu Yobe valley is governed by the migration of the Yobe meandering river, that results in both sandy depositional environments (lateral accretion bars) and clayey depositional environments (oxbow-lakes). By means of a Landsat scene analysis, the spatial structures related to clayey depositional areas were characterized and a 2D image of potential facies heterogeneities was produced.*

*Drillings performed through the vadoze zone have shown that deeper sediments present sand-clay heterogeneities, which are consistent with present-day depositional processes in term of correlation lengths. The 2D image was therefore used to generate a 3D geological model of the vadoze zone based on multiple-point statistics computation.*

*KEY-WORDS: alluvial deposits; facies heterogeneities; reservoir modeling; multiple-point statistics*

## Introduction

Les dépôts sédimentaires quaternaires du bassin du Tchad constituent une vaste formation aquifère dont l'extension est estimée à 500 000 km<sup>2</sup> et la puissance excède souvent 100 m (Leblanc, 2001). La compréhension des processus hydrodynamiques associés à la nappe libre qu'elle recèle est un enjeu primordial pour la gestion de la ressource en eau souterraine, en particulier dans les régions semi-arides du Sud du bassin telle la plaine du Kadzell. Au niveau de cette plaine du Niger oriental (Fig. 1), les eaux de la Komadougou Yobé, un tributaire du Lac Tchad, ont été identifiées comme une source majeure de la recharge de l'aquifère (Gaultier, 2004).

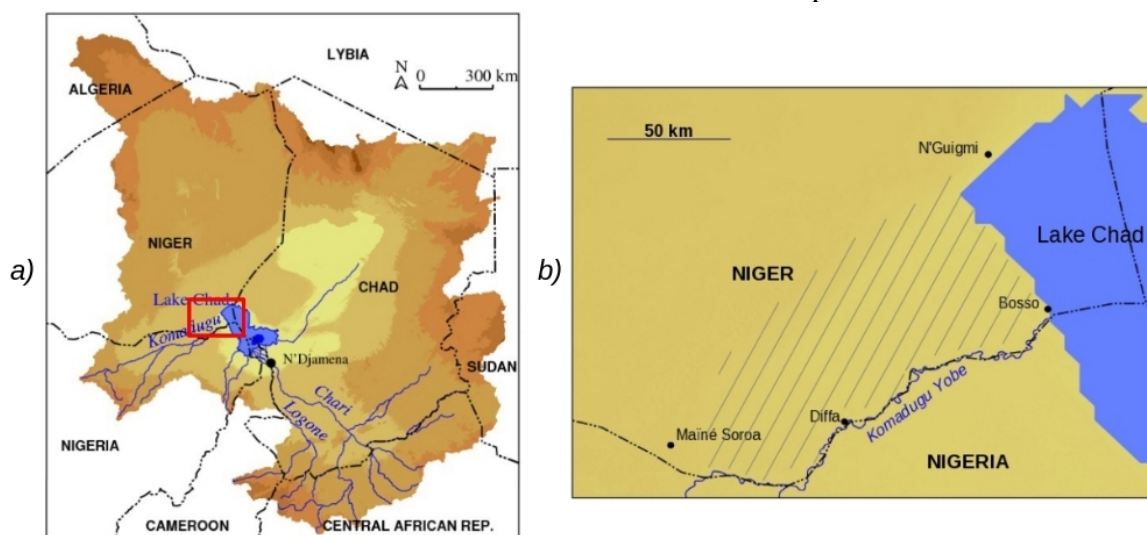


Fig. 1: (a) Bassin versant du lac Tchad, (b) plaine du Kadzell (hachurée) et Komadougou Yobé

Dans une première partie, l'origine des hétérogénéité de lithofaciès est discutée. La démarche employée pour produire des images 2D des hétérogénéités est ensuite présentée. Enfin, une méthode de génération d'un modèle 3D à partir des images 2D est décrite.

## 1. DYNAMIQUE ET DEPOTS DE LA KOMADOUGOU YOBE

Afin de caractériser les différents environnements de la vallée de la Yobé, des photographies aériennes et des images satellitales Landsat ont été analysées. Les dépôts sédimentaires associés à chacun des milieux ainsi décrits ont ensuite été identifiés au cours d'une campagne de terrain. Par ailleurs, des forages à la tarière motorisée ont permis d'établir des logs géologiques, utilisés pour

Dans la partie aval de la vallée de la Yobé, siège de cette recharge, d'importantes hétérogénéités de lithofaciès ont été mises en évidence, entre un pôle sableux et un pôle argileux. De telles hétérogénéités peuvent avoir un impact notable sur les transferts hydriques dans la zone non-saturée (ZNS). Leur description et leur modélisation présentent donc un double intérêt, permettre une quantification de la recharge et mieux évaluer les risques de percolation d'éventuels polluants jusqu'à la nappe, dans cette région où l'agriculture irriguée a été significativement intensifiée au cours des dernières décennies.

Ce résumé-élargi a pour objet la description de la méthodologie adoptée pour générer un modèle 3D des hétérogénéités de lithofaciès au sein des sédiments superficiels de la vallée de la Yobé.

mettre en évidence d'éventuelles évolutions des systèmes de dépôt au sein de la ZNS (0-10 m).

Sur les images, il apparaît que le lit mineur de la rivière est généralement constitué d'un drain unique dont la sinuosité est supérieure à 2. La Yobé peut donc être qualifiée de rivière en méandres et des environnements typiques de sa dynamique actuelle sont observés (Miall, 1996). Ainsi, la migration progressive des méandres conduit à la mise en place de barres d'accrétion latérale et de bras-morts, respectivement formés par l'accumulation de matériau sur leurs rives convexes et par le recoupement de leurs extrémités (Fig. 2). De plus, la présence de chenaux abandonnés de longueurs significatives témoigne de déplacements brutaux du cours de la rivière, vraisemblablement par avulsion (Fig. 2).

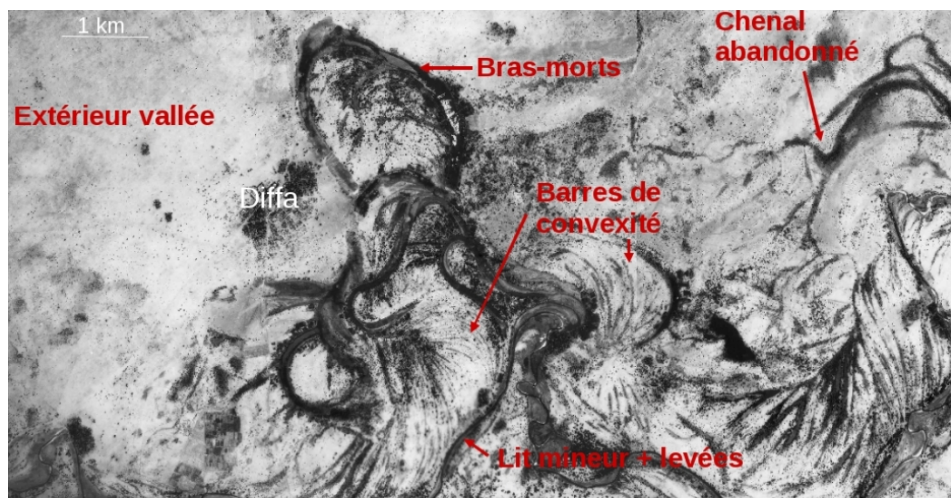


Fig. 2: Principaux environnements de dépôt dans la vallée de la Komadougou Yobé (photographies aériennes IGN-IGNN, 1975).

Les relevés in-situ indiquent que la vallée de la Yobé est délimitée par un talus d'amplitude plurimétrique. A l'extérieur de la vallée et sur la pente du talus, les sédiments superficiels sont constitués de sable fin d'origine éolienne. Au sein de la vallée, les bras-morts et les chenaux abandonnés, zones de stagnation des eaux d'inondation, sont le siège d'une sédimentation argileuse tandis que les dépôts des barres d'accrétion et du lit mineur sont sableux fins. Les logs révèlent que les sédiments de la ZNS sont cohérents avec un système de dépôt similaire à celui observé en surface. Cette idée est notamment soutenue par la stationnarité verticale des longueurs de corrélation associées aux hétérogénéités de lithofaciès (cf. 2.).

Les formations superficielles de la vallée de la Yobé sont donc assimilées à une matrice sableuse contenant des corps argileux liés à la décantation des eaux de débordement du lit mineur. La stratégie de modélisation des hétérogénéités de lithofaciès présentée ci-après est basée sur cette hypothèse.

## 2. STRUCTURE SPATIALE DES HETEROGENEITES ET GENERATION D'IMAGES REPRESENTATIVES 2D

A partir d'une scène Landsat acquise durant une pointe de crue, une carte des zones inondables actuelles de la vallée de la Yobé a été générée via un seuillage de l'histogramme du canal moyen infrarouge 5 (Frazier et Page, 2000). Une analyse variographique de cette image binaire a ensuite été réalisée afin de caractériser les structures spatiales associées aux hétérogénéités de litho-faciès potentielles. Pratiquement, des variogrammes

expérimentaux (Chilès et Delfiner, 1999) ont été calculés pour des fenêtres de largeurs variables centrées sur le tracé de la Yobé.

L'analyse variographique montre que les variances, directement liées à la proportion potentielle d'argile sur la fenêtre considérée, sont très variables le long de la vallée. En revanche, les portées, associées aux longueurs d'onde des hétérogénéités, sont relativement stables d'amont en aval. Deux distances caractéristiques sont ainsi mises en évidence, la première de 180 m et la seconde de 600 m environ (Fig. 3-a). Des valeurs semblables sont déduites de variogrammes calculés sur les logs décrivant les hétérogénéités sable-argile de la ZNS (Fig. 3-b).

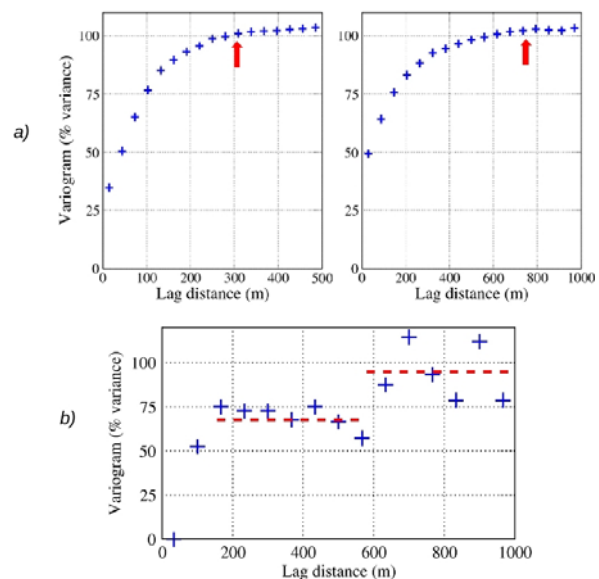


Fig. 3: Dimensions caractéristiques (flèches rouges) des variogrammes expérimentaux médians calculés (a) sur la carte des zones potentiellement argileuses de la vallée de la Komadougou Yobé et (b) à partir de logs géologiques de la ZNS.



Pour des valeurs supérieures à 150 m, la longueur moyenne des corps argileux potentiels, la distribution des espacements,  $s$ , entre leurs centres suit la relation  $f(s = x) = a \times \exp(-x / \langle s \rangle)$  avec  $x$  une valeur de  $s$ ,  $a$  un coefficient de proportionnalité et  $\langle s \rangle$  l'espacement moyen. Une telle distribution indique une disposition aléatoire de type poissonnienne de ces corps argileux (Sisavath *et al.*, 2004).

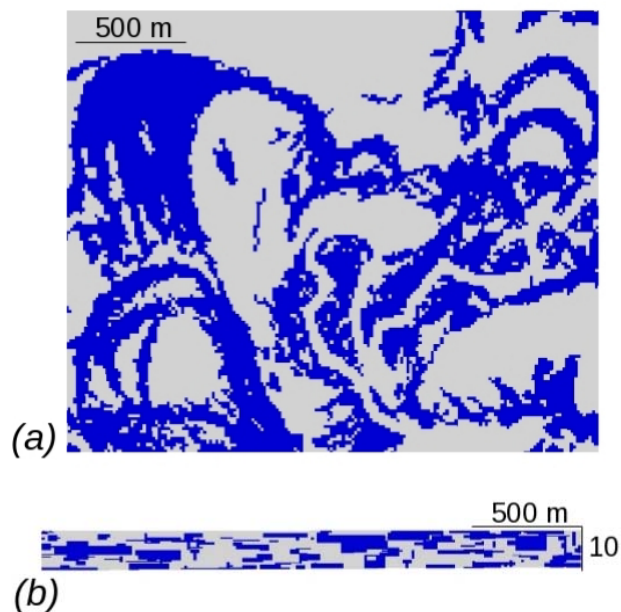


Fig. 4: Exemples d'images 2D représentatives de la ZNS dans la vallée de la Komadougou Yobé: (a) plan horizontal et (b) section verticale (bleu = argile ; gris = sable).

### 3. MODELISATION 3D DES HETEROGENEITES

Du fait de la géométrie complexe mais néanmoins spécifique des corps argileux, en particulier sur le plan horizontal, une approche de modélisation basée sur la simulation géostatistique multipoints a été adoptée. Pour cela, l'algorithme SNESIM (Single Normal Equation Simulation) (Strebelle, 2002) a été employé. Il consiste à définir à partir d'images d'apprentissage les combinaisons de lithofaciès associées à un noyau de forme et de dimension données, puis à générer des réalisations du milieu en privilégiant les combinaisons les plus probables. La principale difficulté de la méthode est de disposer d'images d'apprentissage représentatives de l'espace à modéliser. Pour le domaine 3D considéré, deux images 2D orthogonales ont été utilisées, une portion aléatoire de la carte des zones inondables sur le plan horizontal et une simulation booléenne sur le plan vertical.

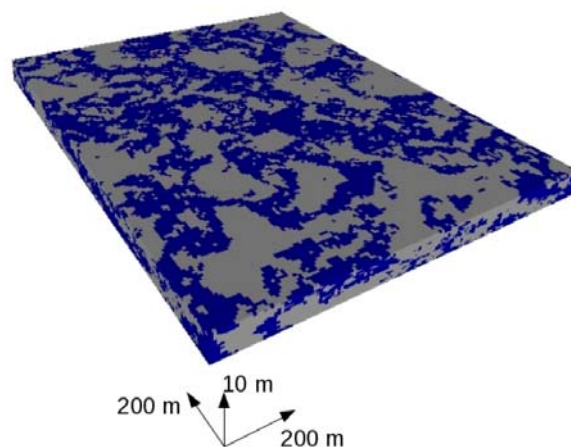


Fig. 5: Exemple de réalisation de l'algorithme snesim pour la ZNS dans la vallée de la Komadougou Yobé (bleu = argile ; gris = sable).

Les premières simulations sont satisfaisantes. Ainsi, les deux premiers moments statistiques, la distribution et le variogramme, sont cohérents avec les structures spatiales des hétérogénéités identifiées précédemment. Bien qu'aucun indicateur quantitatif ne soit disponible pour les ordres statistiques supérieurs, la géométrie des corps argileux simulés apparaît cohérente avec les observations (Fig. 5).

### CONCLUSION

La caractérisation de l'agencement spatial des corps sédimentaires constitutifs de la zone non-saturée représente une étape cruciale pour l'analyse des processus de recharge des aquifères. Afin de

modéliser les hétérogénéités de lithofaciès complexes et spécifiques associées aux dynamiques alluviales, les algorithmes de simulation statistique multipoints peuvent être appropriés. Ainsi, pour l'alluvium de la Komadougou Yobé, ces outils permettent de générer un modèle géologique 3D cohérent avec les structures sédimentaires observées

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Benito Garcia-Morales M., Beucher H., Geoffroy F., Doligez B. (2003) - Object based simulations in fluvial environment at the reservoir scale and at a local scale. *AAPG Annual Convention*, Salt Lake City, May 11-14, 7 p.
- Chilès J. P., Delfiner P. (1999) - *Geostatistics: modeling spatial uncertainty*. Wiley Inter-Science, New-York, 695 p.
- Frazier P. S., Page K. J. (2000) - Water body detection and delineation with Landsat TM data. *Photogrammetric Engineering and Remote sensing*, 82 (6), 1461-1467.
- Gaultier G. (2004) - *Recharge et Paléorecharge d'une nappe libre en milieu sahélien (Niger oriental) : approches géochimique et hydrodynamique*. Thèse de doctorat, Université Paris Sud, 179 p.
- Leblanc M. (2001) - *The use of remote sensing and GIS for water resources managements of large semi-arid regions: a case study of the lake Chad basin, Africa*. Thèse de doctorat, University of Glamorgan et Université de Poitiers, 218 p.
- Miall A. (1996) - *The geology of fluvial deposits*. Springer Verlag, Berlin, 582 p.
- Sisavath S., Mourzenko V., Genthon P., Thovert J. F., Adler P. (2004) - Geometry, percolation and transport properties of fracture networks derived from line data. *Geophysical Journal International*, 157 (2), 917-934.
- Strebelle S. (2002) - *Conditional simulation of complex geological structures using multiple-points statistics*. *Mathematical Geology*, 34 (1), 1-21.

