

## **FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DE LA CUVETTE LACUSTRE DU NIGER ET ESSAI DE MODELISATION DE L'INONDATION DU DELTA INTERIEUR**

J.C. Olivry

### Résumé :

Vaste zone d'épandage des apports du Niger, la cuvette lacustre constituée par un delta intérieur inondable et un système complexe de lacs en rive droite et rive gauche couvre une superficie de plus de 50 000 km<sup>2</sup> suivant un rectangle orienté SO.NE de 450 km de longueur sur 125 km de largeur.

Le fonctionnement hydrologique de la cuvette lacustre du fleuve Niger est largement dépendant des conditions d'écoulement exogènes, l'essentiel des ressources en eau provenant des régions beaucoup plus arrosées de l'amont et donc des régimes hydroclimatiques des bassins supérieurs du fleuve Niger et du Bani, et des conditions morphologiques et climatologiques propres au Delta Intérieur, régissant les écoulements (défluences, inondations) et le bilan hydrologique (évaporation, infiltration).

Le régime des précipitations correspond pour la partie sud du Delta central au régime sahélien ; le nord de la cuvette est soumis au régime subdésertique. Les moyennes actualisées font apparaître sur l'ensemble de la région une baisse vers le sud des précipitations de 120 à 150 mm par rapport aux moyennes antérieures à la sécheresse. Ainsi la hauteur de précipitation interannuelle est passée à Mopti de 535 mm à 415 mm.

Les écoulements dans la cuvette lacustre s'organisent autour d'un réseau hydrographique complexe d'effluents, défluents et lacs. Les principaux axes d'écoulement s'organisent pour le Delta amont et central - en aval de Ké-Macina pour le Niger, de Douna pour le Bani et jusqu'au Lac Débo -, autour de deux branches majeures, le bras principal du Niger qui transite par Mopti où il reçoit le Bani et le bras secondaire du Diaka, effluent du Niger au niveau de Diafarabé, et pour la cuvette nord - du Lac Débo à Diré - avec trois axes drainants principaux, l'Issa Ber, branche majeure à l'ouest qui assure le transfert de 80 à 87% des sorties du lac Débo, le Bara Issa concerné par 12 à 10% des écoulements, le Kolikoli. De Ké-Macina à Diré, le Niger a parcouru environ 550 km et perdu seulement 12 m d'altitude, soit une pente moyenne de 2,2 cm par kilomètre.

L'examen des modules montre que les écoulements contrôlés à l'entrée du Diaka et après le confluent Mopti-Bani ont déjà perdu environ 18%, 14% et 6% des apports initiaux, suivant que l'on a une crue forte, moyenne ou faible. Les pertes sont d'autant plus importantes que les zones d'inondations augmentent, mais aussi que les effluents secondaires transfèrent des volumes plus importants. Par rapport aux entrées, les modules de Diré ont perdu environ 47%, 37% et 32%, de la crue forte à la crue faible.

Ce sont bien évidemment ces pertes et leur ampleur qui font la caractéristique hydrologique principale de la cuvette lacustre et, de celle-ci, une formidable machine évaporatoire en Afrique de l'Ouest. La chronique de ces pertes annuelles a été comparée à celle des entrées dans la cuvette lacustre. Une des autres caractéristiques importantes de l'hydrologie du Delta tient dans l'amortissement de la crue annuelle ; l'étalement des hydrogrammes, se traduit par un amortissement dans le temps et un décalage du maximum vers l'aval.

La comparaison des conditions hydrologiques dans le Delta en période humide et en période sèche a été faite sur deux périodes de cinq ans ; l'une, de 1962 à 1966, se situe pendant le "cycle" humide du Niger sans en exprimer les valeurs maximales; l'autre, de 1982 à 1986, est largement déficitaire et comprend l'année la plus déficitaire de la série (1984). Au niveau des entrées, le fait le plus caractéristique tient dans un appauvrissement des ressources en eau beaucoup plus marqué sur le Bani que sur le Niger : les modules du Bani sont dans le rapport de 5,3, contre 2,2 pour ceux du Niger.

L'étude des pertes annuelles montre que l'on passe de 29 km<sup>3</sup> entre les entrées et Diré pour la période humide, à 7 km<sup>3</sup> pour la période sèche soit un rapport de 4,14. Entre Diré et Tossaye, les pertes sont beaucoup plus réduites : près de 3 km<sup>3</sup> en période humide, 1 km<sup>3</sup> en période sèche (rapport de 3). Il est important de souligner que le rapport de 4 exprimant la diminution des pertes dans le Delta central traduit aussi la diminution de l'extension spatio-temporelle de l'inondation. On distingue une première période de progression de l'inondation avec des pertes correspondant à l'infiltration, à l'évaporation et surtout à un stockage de volumes importants dans les plaines d'inondation. Cette première période atteint son maximum en septembre et octobre pour les années humides (14 km<sup>3</sup> au mois d'octobre) et en septembre pour les années sèches, avec un peu moins de 5 km<sup>3</sup> de pertes. Le piégeage des eaux diminue rapidement en novembre et octobre, puis une période de restitution partielle des volumes piégés apparaît. C'est la vidange des plaines d'inondation.

Le bilan annuel des pertes est un bon indicateur de l'extension de l'inondation, les pertes étant pour l'essentiel consommées par évaporation. Dans le bilan hydrologique du Delta central interviennent aussi les précipitations et l'infiltration. Dans l'évaluation proposée, on suppose que les termes infiltration et précipitation sur les surfaces en eau sont du même ordre de grandeur ; les précipitations compensent l'infiltration dans le bilan annuel et les pertes totales peuvent être assimilées au bilan évaporatoire des

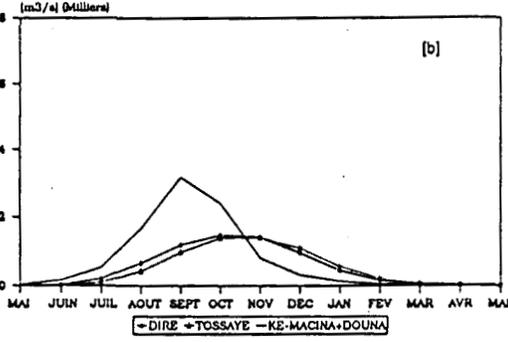
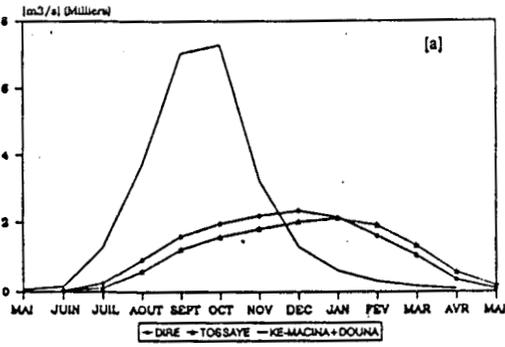
zones inondées. Une autre hypothèse consiste à imaginer un fonctionnement homogène du système hydrologique entre les zones sud et nord du delta et à supposer que la courbe des pertes montre à un instant  $t$  un point caractéristique pour lequel l'inondation a atteint son maximum : il n'y a plus stockage et pas encore restitution. On se trouve en situation d'étalement, les pertes correspondent à la seule évaporation. Ce point caractéristique coïncide bien évidemment avec le maximum de la crue. L'instant  $t$  choisi est celui du maximum observé à Mopti-Nantaka. Sur la base de ces hypothèses, trois années-type (humide, moyenne et sèche) ont été étudiées. Le graphe des pertes mensuelles et la date d'apparition du maximum à Mopti permettent de déterminer la perte mensuelle, centrée sur l'instant  $t_{max}$ , due à l'évaporation, et d'estimer la surface maximale d'inondation correspondante.

L'estimation des surfaces d'inondation des mois encadrant le maximum mensuel d'inondation est obtenue à partir d'une évaluation par approximations successives des pertes mensuelles par évaporation, basée sur la progression de la montée des eaux puis de la décrue et de telle sorte que le bilan annuel de l'évaporation corresponde aux pertes hydrologiques.

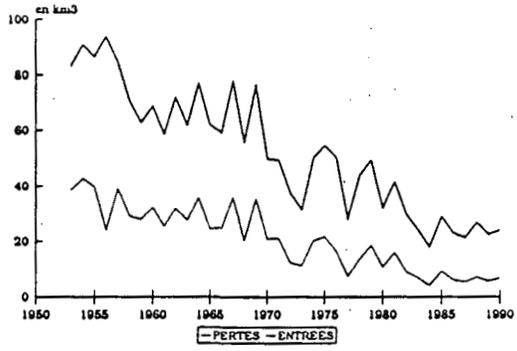
Les surfaces d'inondation maximale ont été corrélées aux volumes des entrées, aux pertes annuelles et à la hauteur maximale de la crue à Mopti-Nantaka. Les régressions sont toutes de bonne qualité.

Les résultats montrent pour les années de forte hydraulité des valeurs surestimées si on se réfère aux estimations faites sur carte de l'extension maximale de l'inondation dans la période contemporaine, plus proche de 35 000 que de 40 000 km<sup>2</sup> à Diré. Le modèle n'est donc plus adapté pour les très hautes eaux. Le remplissage des systèmes lacustres éloignés entraîne des pertes de volumes importantes dont l'épuisement par évaporation peut demander plusieurs années.

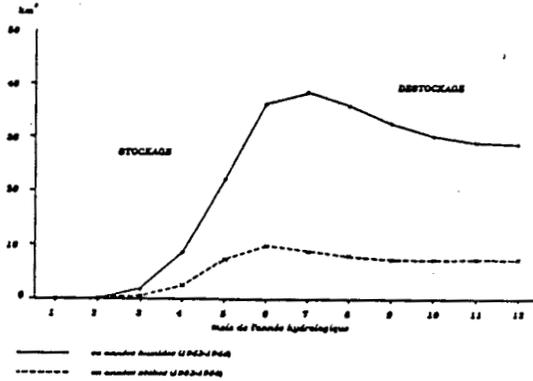
Il paraît difficile d'obtenir par d'autres méthodes un gain significatif dans la connaissance du régime de l'inondation annuelle du Delta central sur la seule base des données existantes et de l'analyse hydrologique traditionnelle. Des études complémentaires sur l'évolution des concentrations et des flux de matières dissoutes (entrées et sorties), sur l'évaporation sur nappe d'eau libre et des études appropriées en télédétection devraient cependant permettre de préciser le fonctionnement de la cuvette lacustre. Celles-ci sont d'ores et déjà entreprises dans le cadre du projet sur l'environnement et la qualité des apports du Niger au Sahel (EQUANIS).



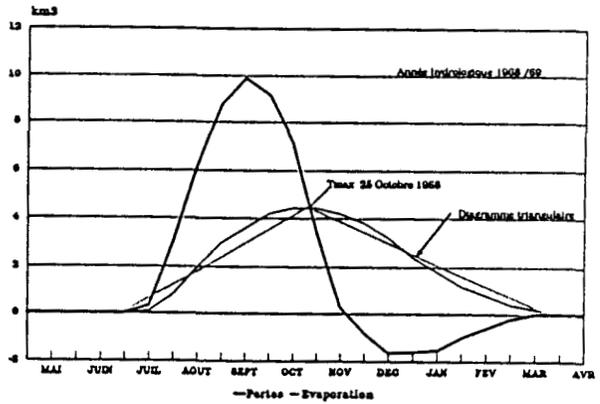
Hydrogrammes des débits mensuels des apports amont (Ké-Macina + Douna) et des sorties aval de Diré et Tossaye montrant l'amortissement de l'onde de crue dans le Delta Central pour une période humide, 1962 - 68 [a] et une période sèche, 1982 - 88 [b].



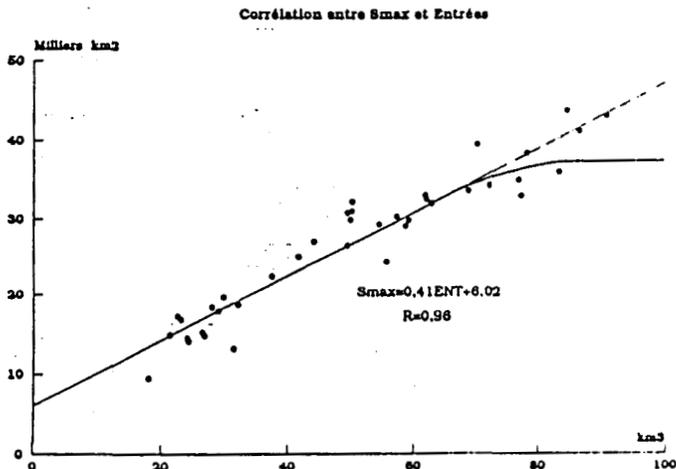
Evolution des volumes des apports annuels du bassin supérieur en milliards de m<sup>3</sup> (km<sup>3</sup>) mesurés sur Ké-Macina et Douna (entrées) et pertes correspondantes à l'aval du Delta Central (Diré).



Courbes cumulées moyennes des pertes mensuelles à Diré en km<sup>2</sup> pour les périodes humides (1962 - 1966) et sèches (1982 - 1986).



Exemple d'application du modèle Pertes / Evaporation dans le Delta Central avec détermination du volume mensuel évaporé au maximum de l'inondation ( $I_{max}$ ).

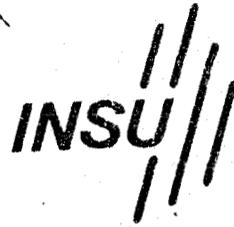


Exemple de corrélation: entre la superficie maximale d'inondation ( $S_{MAX}$ ), et le volume des apports amont (entrées).



CENTRE NATIONAL  
DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

*Y. Boul*



INSTITUT FRANÇAIS DE  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
POUR LE DÉVELOPPEMENT  
EN COOPÉRATION

PROGRAMME ENVIRONNEMENT GEOSPHERE INTERTROPICALE  
PEGI

COLLOQUE GRANDS BASSINS FLUVIAUX  
PÉRI ATLANTIQUES : CONGO, NIGER, AMAZONE

22, 23 et 24 NOVEMBRE 1993  
Au siège de l'ORSTOM  
213 rue La Fayette  
75010 PARIS

PROGRAMME :

- . Hydroclimatologie du bassin congolais
- . Flux de matière du Fleuve Congo
- . Oubangui, Ngoko et autres affluents du Congo
- . Le Fleuve Niger
- . Le bassin Amazonien (Amazone, Madeira, Tocantins)
- . Approches couplées "hydrologie, géochimie, géophysique"  
des transferts hydriques

Organisateurs : Jacques BOULEGUE, Jean-Claude OLIVRY

Secrétariat  
Renseignements  
et Inscriptions

Dr Bernard HIERONYMUS - Mme Geneviève LETEMPLIER  
Laboratoire de Géochimie - Casier Postal 124, UPMC,  
4, place Jussieu - 75252 PARIS CEDEX 05, FRANCE  
Tél. : 44 27 50 06 Fax : 44 27 51 41

cliché : J. Boulègue . Rio Negro et Rio Solimoes