

Pollution agricole des eaux dans le bassin du Nakanbé : cas des réservoirs de Loumbila et de Mogtéo au Burkina Faso

Agricultural pollution of waters in Nakambé catchments' : case of Loumbila and Mogtéo dams in Burkina Faso

Somé Koussao(1)

INERA, Station de Kamboinsé, 01
BP 476 Ouagadougou (Burkina
Faso), koussao@hotmail.com

Dembélé Youssouf(1)

INERA, Station de Kamboinsé, 01
BP 476 Ouagadougou (Burkina
Faso), koussao@hotmail.com

Somé Léopold(1)

INERA, Station de Kamboinsé, 01
BP 476 Ouagadougou (Burkina
Faso), koussao@hotmail.com

Millogo - Rasolodimby Jeanne

Université de Ouagadougou, BP
1386, Ouagadougou 01, UFR/SVT,
Laboratoire de Biologie et
Ecologie Végétales

RESUME

Les analyses physico-chimiques de l'eau effectuées dans le bassin du Nakanbé et les enquêtes de terrain réalisées ont mis en évidence la relation entre les pratiques agricoles autour des réservoirs et la présence des nitrates, des phosphates et des sulfates dans les eaux des réservoirs de Loumbila et de Mogtéo en période pluvieuse. Le ruissellement de l'eau en début de campagne pluvieuse sur les terres agricoles est la cause de l'entrée de ces éléments dans les eaux de surface. La dynamique des éléments dans les eaux laisse apparaître une baisse de la teneur des éléments majeurs de l'amont au déversoir et du début de la saison pluvieuse à la fin.

Le fer constitue l'élément essentiel de la pollution des eaux dans le bassin du Nakanbé (0,76 mg/l à Loumbila et 2,24 mg/l à Mogtéo contre une valeur normale de 0,3 mg/l). En outre, l'étude a révélé plus de potassium et de fluorures dans les eaux de Loumbila contre plus de nitrates, de phosphates et de fer total dans les eaux du réservoir de Mogtéo.

Mots-clés: *Pollution agricole, Réservoirs, Bassin versant, Eléments physico-chimiques, Eau de surface.*

ABSTRACT

Physico-chemical analysis of Nakambé catchments' water and field surveys revealed the link between farming practices and presence of nitrate, phosphate and sulphate in the waters of Loumbila and Mogtéo dams during the rainy season. Run-off on cultivated lands is the main cause of element admission in the surface water. This dynamic appears to cause the decline of major element concentration from upstream to the dam and from the beginning to the end

of rainy season.

Iron constitutes the major element of water pollution in Nakambé catchments' (0,76 mg/l at Loumbila and 2,24 mg/l at Mogtéo compared to standard value of 0,3 mg/l). The study also shows more potassium and fluorides in Loumbila reservoir against more nitrates, phosphates and total iron in the Mogtéo reservoir.

Keywords: *Farm pollution, dam, Catchment, Physico-chemical elements, Surface water.*

INTRODUCTION

Les pratiques d'intensification agricole consécutives à la construction de barrages et à l'aménagement des terres irriguées entreprises dans les années 1970 par le gouvernement du Burkina Faso ont conduit à une modification de l'équilibre des agrohydrosystèmes liée aux phénomènes d'érosion hydrique et à l'eutrophisation. Observée depuis longtemps dans les pays du Nord, l'eutrophisation se manifeste de nos jours sur tous les continents (Galvez-Cloutier et al., 2002). Phénomène naturel de vieillissement des lacs, elle est le résultat « d'apport excessif de nutriments entraînant une série de changements symptomatiques, tels que l'accroissement de la production algale et de macrophytes, la dégradation de la qualité de l'eau et d'autres changements symptomatiques considérés comme indésirables et néfastes aux divers usages de l'eau » (OCDE, cité par Galvez-Cloutier et al., 2002). Elle est généralement due aux activités anthropiques.

Le bassin du Nakanbé, caractérisé par une forte densité de population et une forte pression sur les terres agricoles appauvries par des décennies d'exploitation continue, constitue l'endroit où les activités humaines, principalement agrico-

les, représentent une menace sur la qualité physico-chimique des eaux. Le système d'agriculture irriguée adopté autour des réservoirs se traduit généralement par une forte implication de l'élevage source de fumier pour la production maraichère.

Des études réalisées ces dernières décennies mettent en évidence la liaison existant entre la richesse physico-chimique de l'eau et la prolifération des macrophytes (Moundhala, 1998), du phytoplancton (Zongo, 1991; Zerbo, 2004,) et du zooplancton (Oueda, et al., 2007) dans le Nakanbé. Dans le réservoir de Loumbila, la prédominance de Cyanobactéries au sein de la communauté algale identifiée laisse soupçonner un enrichissement des eaux en éléments minéraux, (Cecchi, 2005). Bien que liant la nature physico-chimique de l'eau aux activités agricoles périphériques des plans d'eau, ces études ne décrivent pas pour autant le processus de transfert des éléments nutritifs des sols agricoles environnant le plan d'eau. Les transferts des éléments chimiques tels que l'azote et le phosphore des sols agricoles du bassin versant au plan d'eau ont été démontrés (Pouilleutte, 1996 ; Portejoie et al., 2002 ; Duguet et al., 2002 ; Simard et Beauchemin, 2002). L'ampleur de la contamination et sa rapidité dépendent du type de sol. Le lessivage des nitrates se produit plus facilement surtout lorsque les sols sont sableux. La majeure partie des phosphates se lie aux particules du sol ; pour atteindre les eaux de surface, ils doivent être transportés avec les sédiments par l'érosion hydrique. La présente étude a pour objectifs d'évaluer l'état de pollution physico-chimique des eaux du bassin du Nakanbé et d'en établir la liaison avec les pratiques agricoles environnantes. Les travaux de terrain menés à cet effet ont permis une caractérisation des eaux in situ et des analyses physico-chimiques des eaux au laboratoire ont été effectuées en vue de suivre les variations des concentrations des éléments sous l'influence du ruissellement.

I. MATERIELS ET METHODES

1.1. Sites d'étude

Par souci de comparaison, les études ont été réalisées sur deux sites, Loumbila en zone périurbaine et Mogtédou en zone rurale (Fig. 1).

1.1.1. Le site de Loumbila

Situé à 17 Km au nord de Ouagadougou (Burkina Faso) est caractérisé par un réservoir qui constituait jusqu'en 2005 la principale source d'eau potable pour la ville de



Figure 1 : sites d'étude
(Site of study)



Ouagadougou. Compris dans un bassin versant de 2120 km², le réservoir de Loumbila est d'un volume nominal de 42,2 millions de m³ (Dembélé et al., 2006). Il est compris entre les parallèles 12°28' et 12°34' de longitude Ouest et les méridiens 01°17' et 01°28' de latitude Nord. Le climat est de type nord soudanien avec une pluviométrie moyenne annuelle variant entre 700 et 800 mm mais peut atteindre 900 mm. Les maxima de précipitation se situent entre août et septembre. Ces dernières décennies la tendance de la pluviométrie est à la baisse. Les températures sont assez élevées et varient d'un minimum journalier de 16°C en décembre à un maximum de 40°C en mars et avril. On y rencontre des lithosols, des sols halomorphes et ferrugineux. Le substratum est constitué par des granites birrimiens calcoalcalins alternant avec des granites migmatiques plus acides.

1.1.2. Le site de Mogtédou

Il est situé dans le bassin du Nakanbé à 85 km à l'est de Ouagadougou. Le réservoir de Mogtédou est d'un volume de 6 560 000 m³ compris dans un

bassin versant de 465 km² (Dembélé et al., 2006). La digue est géographiquement localisée sur le parallèle 00°50' Ouest et le méridien 12°11' Nord à une altitude de 272 m au dessus du niveau de la mer. Ce réservoir est la principale source d'eau pour les activités socio-économiques des populations de Mogtédou et alentours. Il comporte un périmètre irrigué en aval de 123 hectares et un

bas-fond non aménagé en amont et en aval au profit de 23 villages environnants.

Le climat est de type nord soudanien, caractérisé par une végétation de savane anthropique faite d'espèces soudanaises et subsahariennes. La vallée de Mogtédou se situe dans une région à pluviométrie moyenne annuelle voisine de 720 mm. La température moyenne journalière varie entre 25° et 33° (Sally et al., 1997). Le sous sol du bassin versant est en grande partie constitué de granite et de migmatite surmontée d'une mince épaisseur de latérite. On y rencontre aussi des formations à schiste et amphibolite.

Les deux sites ont en commun la présence de réservoirs autour duquel s'est développée une activité agricole de saison sèche avec un impact important sur l'amélioration du niveau de vie des producteurs dont une forte proportion de femmes. L'activité agricole autour de ces deux réservoirs est en constante croissance créant par moment de nombreux conflits avec les autres acteurs que sont les éleveurs, pêcheurs, etc.

1.2. Collecte des échantillons et analyses

Pour mieux apprécier la dynamique des éléments, l'étude s'est déroulée pendant la saison pluvieuse, période d'arrivée d'effluents dans les eaux de surface. Trois prélèvements des eaux ont été effectués : en début de saison pluvieuse (11 juillet 2006), à la pleine installation des pluies (1er septembre 2006) et à la période d'arrêt des pluies. Les stations de prélèvement ont été retenues en fonction de la taille des réservoirs et des aménagements annexes. Trois stations ont été retenues par site et géopositionnées à l'aide de GPS (Fig.2).

- au déversoir, zone de convergence des eaux du réservoir.

Ces trois stations de prélèvement ont été retenues en prenant en compte la longueur du plan d'eau du réservoir estimée à plus de 30 kilomètres.

A Mogtêdo, où le plan d'eau s'étend sur 5,7 km, les stations de prélèvement se situent :

- à la zone médiane, qui prend en compte les eaux des réseaux latéraux et des terres de l'amont,
- au déversoir, zone de convergence des eaux du réservoir, et,
- dans les canaux de drainage du périmètre rizicole, qui comprend les eaux en provenance du

chacune à chaque station. Du retour de terrain, ces échantillons sont entreposés au laboratoire à 40C jusqu'à ce qu'ils soient analysés.

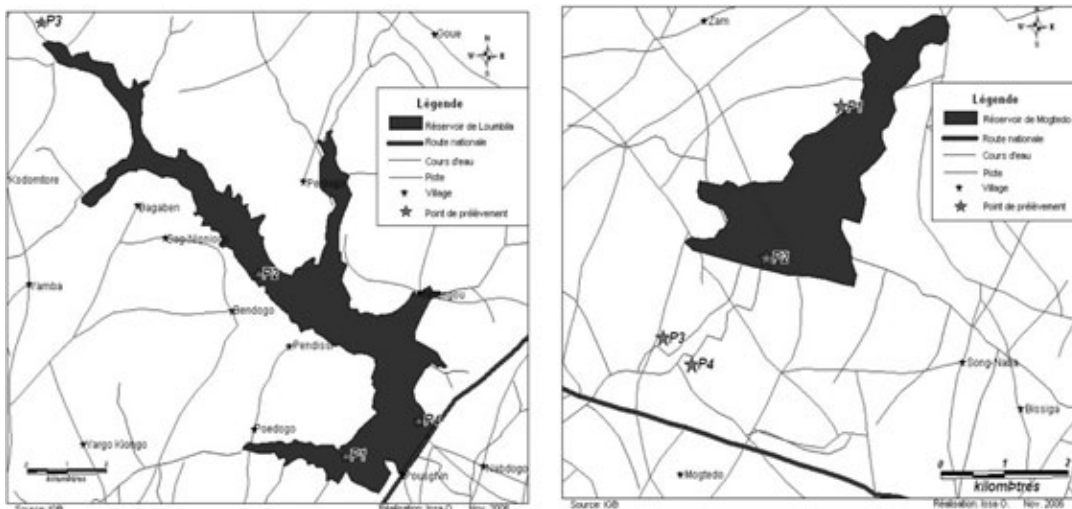


Figure 2. Localisation des stations de prélèvement sur les réservoirs de Loubila (gauche) et de Mogtêdo (droite)

(Location of different points of taking samples in Loubila (left) and Mogtêdo (right) reservoirs)

A Loubila, il s'agit de :

- l'amont du réservoir, principal lieu d'entrée des eaux en provenance du réseau de collectes d'eau des hautes terres de l'amont, en l'occurrence, une zone de forte production maraîchère de saison sèche et céréalière pendant la saison pluvieuse,
- la zone médiane du réservoir, point de concentration des eaux des réseaux latéraux (gauche et droite), zone de production maraîchère de saison sèche avec la plus forte concentration de producteurs,

réservoir mais ayant bénéficié des apports physico-chimiques du périmètre. Cette eau rejoint le Nakanbé, cours

d'eau principal. L'analyse de l'eau de ses canaux permet d'appréhender l'impact de ce périmètre sur la qualité de l'eau du Nakanbé.

Le prélèvement des différents échantillons d'eau a été effectué à plus de 30 m de la rive afin d'éviter l'effet rivage. A chaque station de prélèvement l'eau est prélevée entre 15 et 30 cm de profondeur. Deux litres d'eau sont prélevés dans deux bouteilles stérilisées d'un litre

Paramètres	Appareillage	Limite de détection
Fer total	Spectromètre UV-160A Shimadzu	0,01 mg/l
Ortho-Phosphate	Spectromètre UV-160A Shimadzu	0,05 mg/l
Sodium	Spectromètre à flamme	1,0 mg/l
Potassium	Spectromètre à flamme	0,1 mg/l
Chlorures	Autoburette ABU 91	0,1 mg/l
Fluorures	Autoburette ABU 91	0,1 mg/l
pH	Autoburette ABU 91	
Nitrates	Autoanalyseur Tecator	0,01 mg/l
Sulfates	Turbidimètre NEPHLA	0,1 mg/l
Turbidité	Turbidimètre NEPHLA	0,01 FTU
Conductivité	Conductimètre	0,1 µS/cm

Tableau I : Appareils et méthodes d'analyses chimiques des eaux au Laboratoire Central de l'ONEA

(Devices and chemical methods of analysis of waters in the Central Laboratory of ONEA)

	Turbidité (NTU)	pH	Conductivité (µS/cm)
LOUMBILA	223	6,8	78
MOGTEDO	465	7,1	57
Normes OMS (2004)	5	6,5 à 8	50 à 150

Tableau II : Caractéristiques des eaux des réservoirs de Loumbila et de Mogtédó
(Characteristics of waters in Loumbila and Mogtédó reservoirs)

- les caractéristiques générales des eaux sont mesurées directement sur le terrain: pH, turbidité et conductivité. Le pH est une donnée de qualité de l'eau, et s'apprécie en relation avec d'autres paramètres. La turbidité permet une mesure de la présence de particules en suspension dans l'eau, tandis que la conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. Elle permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau ; les résultats sont présentés en terme de conductivité équivalente à 250C.
- les paramètres physico-chimiques analysés au laboratoire : nitrates, ortho-phosphates, sulfates, potassium, chlorures, sodium, fluorures, fer total choisis pour leur lien direct avec l'agriculture (intrants) ou indirect (substrat géologique).

Ces éléments ont été analysés à l'aide d'équipements adéquats (tab. I) et des méthodes d'analyses y afférentes. Les spectrométries atomique (pour l'analyse du Fer et des phosphates) et à flamme (pour l'analyse du sodium et du potassium) sont des méthodes fondées sur l'étude des spectres fournis par l'interaction des éléments chimiques (vaporisation d'échantillons dans la flamme ou soumis à bombardement atomique) avec divers rayonnements lumineux. Elle permet de quantifier des ions des éléments recherchés à l'état de trace.

La méthode Autoburette ABU utilisée pour la détermination de la concentration des ions fluorures et de chlorures ainsi que du pH est basée sur la précision des dosages colorimétriques. Elle est munie d'électrodes de détection

sélective pour chaque ion (fluorures, chlorures) et d'identification de pH. Pour chaque méthode d'analyse, la limite de détection est connue. L'autoanalyse de nitrates est une analyse colorimétrique basée sur la mesure de flux continu ; elle permet la détermination de la concentration des nitrates en mg/l. Les données obtenues ont été enregistrées dans EXCEL ce qui a permis de réaliser les différents graphiques. Une analyse descriptive au Logiciel COHORT a permis de déterminer les moyennes et les standards déviations des différents paramètres étudiés ; un test de corrélation a permis de mesurer la relation entre la turbidité des eaux et le niveau de concentration des éléments au niveau des deux sites d'études.

II. RESULTATS

2.1. Les caractéristiques générales des eaux des réservoirs de Loumbila et de Mogtédó

Les eaux des réservoirs de Loumbila et de Mogtédó révèlent de fortes turbidités de début de la saison pluvieuse (tab. II). Des valeurs maximales de 1000 NTU en amont du réservoir de Loumbila et de 1031 NTU sur l'ensemble du plan d'eau à Mogtédó ont été enregistrées. Avec l'installation de la couverture végétale, la turbidité se résorbe pour atteindre des niveaux de 155 NTU à Loumbila et de 220 NTU à Mogtédó au cours du mois d'août. Les plus faibles valeurs sont enregistrées en fin de saison pluvieuse soit 27 NTU et 144 NTU respectivement à Loumbila et à Mogtédó. Ces valeurs sont cependant dans l'ensemble au dessus de la norme OMS pour l'eau de boisson fixée à 5 NTU. Les pH moyens des eaux des réservoirs au cours de la saison pluvieuse ont été de 6,8 et de 7,1 respectivement à Loumbila et à Mogtédó (Tab.II). Les variations de pH au cours de la période d'étude n'ont pas été significatives sur l'ensemble des deux réservoirs.

La conductivité électrique a connu la même tendance d'évolution que le pH sur les deux sites (Tab.II).

Les valeurs moyennes enregistrées à Loumbila (78 $\mu\text{S/cm}$) ont été relativement supérieures à celles enregistrées à Mogtédó (57 $\mu\text{S/cm}$) ce qui dénote une situation de minéralisation plus importante des eaux à Loumbila qu'à Mogtédó.

2.2. Composition physico-chimique

Les analyses physico-chimiques ont révélé des teneurs moyennes dans les différents éléments (Tab.III). Au regard des normes de l'OMS pour les eaux de boissons (0,3 mg de fer/l), le fer constitue un élément en

excès dans les eaux des réservoirs de Loumbila (0,76 mg/l) et de Mogtédó (2,24 mg/l). Les concentrations en nitrates, en ortho-phosphates, en sulfates, en chlorures, en potassium et en fer sont plus élevées dans les eaux à Mogtédó qu'à Loumbila, tandis que les fluorures et le sodium sont plus présents dans les eaux à Loumbila.

Trois groupes d'éléments peuvent être identifiés dans les eaux des deux réservoirs en rapport avec leur variation dans le temps et dans l'espace (Fig. 3).

Le premier groupe est constitué de l'ortho-phosphate, des nitrates et

des sulfates : ces éléments ont en commun le fait de leur forte mobilisation en début de saison pluvieuse (Fig. 3). Plus importants en amont à Loumbila et dans tout le réservoir à Mogtédó, les concentrations ont ensuite observé une baisse jusqu'aux plus faibles valeurs en fin de saison pluvieuse (octobre).

Dans les canaux de drainage de la plaine rizicole de Mogtédó, la même tendance a été observée pour ces trois éléments avec cependant un niveau plus bas. Plus élevées en début de saison de pluies, les teneurs sont plus faibles en fin de saison.

SITE	Chlorures	Fluorures	O-phosph.	Nitrates	Sulfates	Potassium	Sodium	Fer total
MOGTEDO	3,69±1	0,079±0,010	0,128±0,062	7,11±2,90	51,53±29	3,82±1,37	1,72±0,57	2,24±2,01
LOUMBILA	3,13±0,68	0,139±0,020	0,047±0,053	3,13±2,02	32,12±42,8	2,32±1,92	2,13±0,52	0,76±0,79
OMS 2004	250	1,5	--	11,4	250	200	200	0,3

Tableau III : Teneur moyenne en éléments dans les réservoirs de Loumbila et de Mogtédó (en mg/L)
(Averages concentration of elements in Loumbila and Mogtédó reservoirs (mg / L))

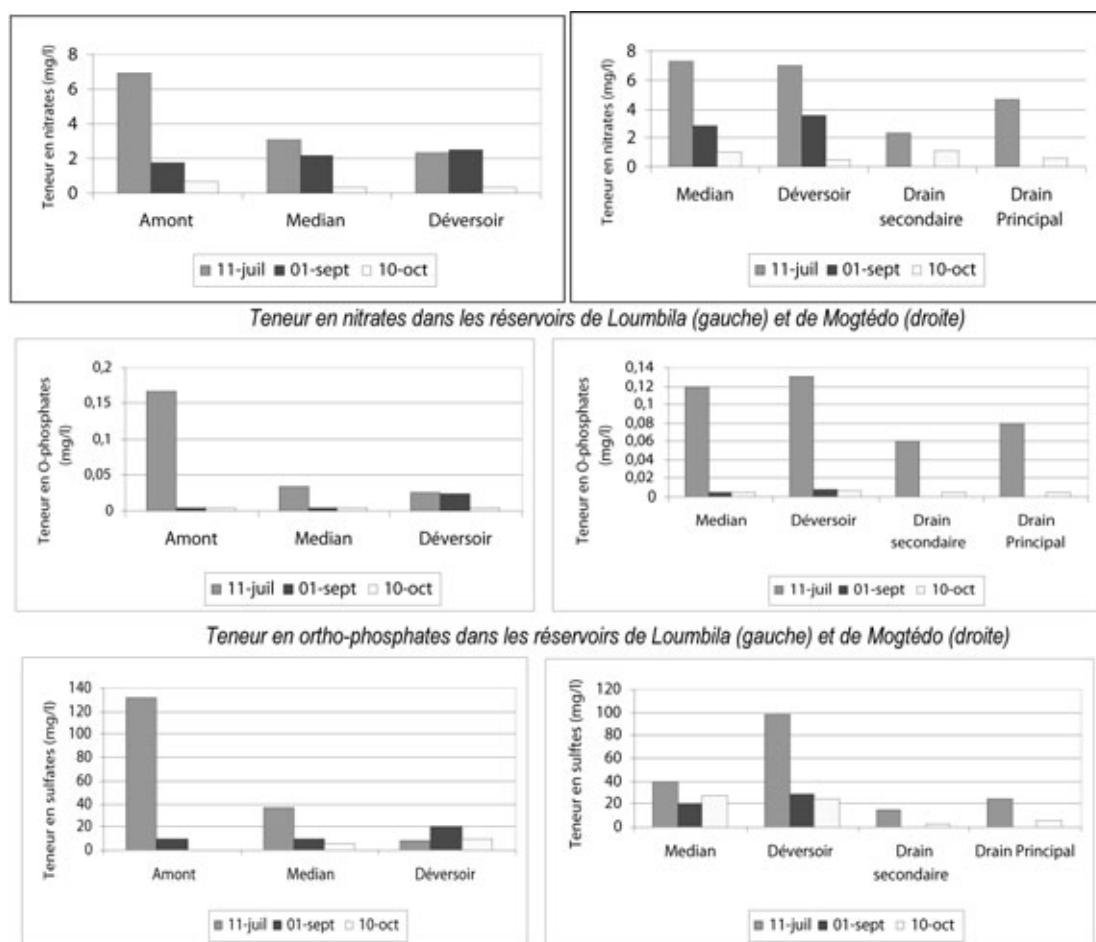


Figure 3: Variation de la teneur en nitrates, ortho-phosphate et sulfate en fonction du temps à Loumbila et Mogtédó
(Variation of nitrates, ortho-phosphate and sulfate concentration according to time in Loumbila and Mogtédó reservoir)

Dans le deuxième groupe (Fig. 4), on note les chlorures, le potassium, le sodium et les fluorures: leurs concentrations dans les eaux ne connaissent aucune variation significative au cours de la période d'étude sur les deux sites. Faibles dans les eaux des réservoirs, ces éléments connaissent une forte accumulation dans les eaux de drainage du périmètre rizicole à Mogtédó.

Le troisième groupe (Fig. 5) est constitué du fer. Pratiquement absent en début de campagne, sa teneur augmente avec l'installation des pluies, puis s'abaisse avec l'arrêt des pluies.

2.3. Les principales espèces rencontrées:

Ce sont les espèces les plus abondantes autour et au sein des deux plans d'eau. Leur présence est souvent indicatrice d'un enrichissement en éléments nutritifs de l'écosystème aquatique. Sur les deux sites, les principales espèces rencontrées ont été: *Acroceras amplexans*, *Polygonum limbatum*, *Sesbania pachycarpa*, *Ludwigia abyssinica*. A Loumbila: *Neptunia oleracea*, *Indigofera* sp. A Mogtédó: *Azolla africana* (dans les eaux des canaux de drainage).

III. DISCUSSION

La relative neutralité des eaux du bassin du Nakanbé constatée à Loumbila (pH = 6,8) et à Mogtédó (pH = 7,1) correspond au pH des eaux naturelles généralement compris entre 6,6 et 7,8 (Nisbet et Verneaux, 1970). Une telle situation est la traduction d'un faible apport organique dans les eaux, que confirment les faibles niveaux de minéralisation à Loumbila (conductivité électrique égale à 57 µS/cm) et à Mogtédó (78 µS/cm). La présence de nombreuses fermes d'élevage et l'utilisation de la fumure organique en production agricole que cela implique peuvent expliquer une minéralisation des eaux légèrement plus importante à Loumbila qu'à Mogtédó.

En revanche, la forte turbidité des eaux observée en début de saison

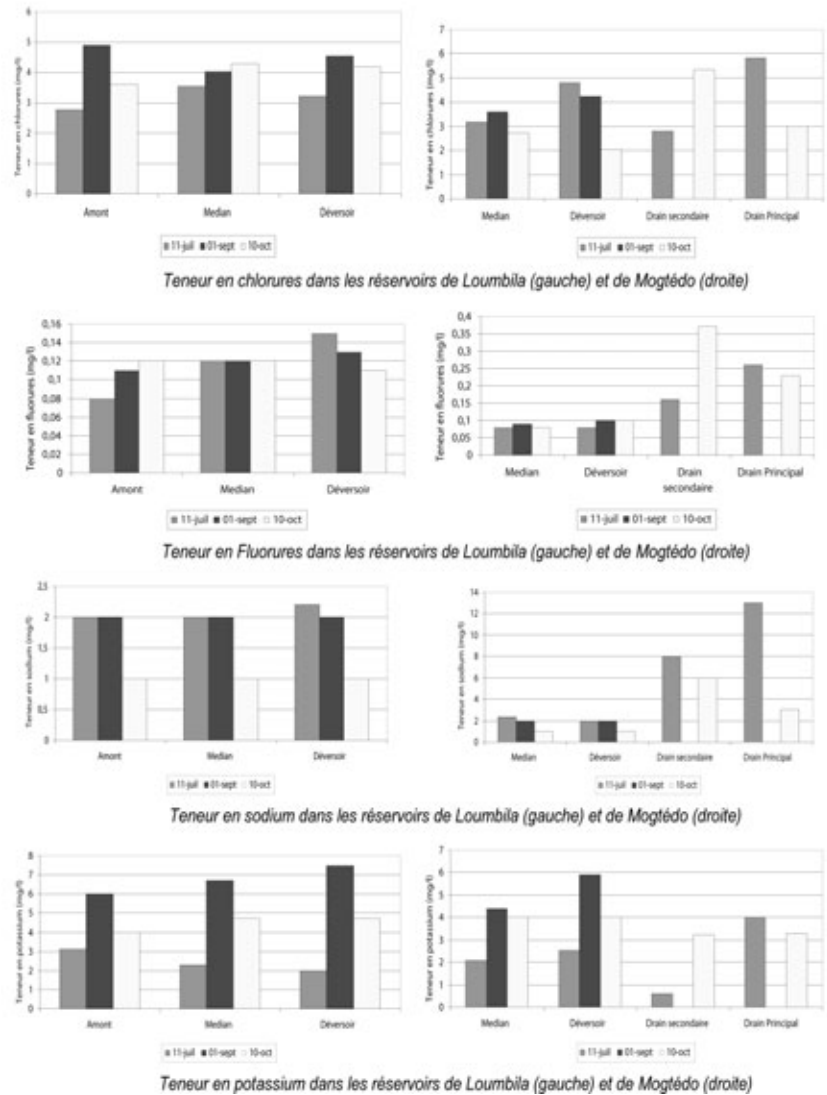


Figure 4: Variation de la teneur en chlorure, fluorure, sodium et potassium dans les eaux des réservoirs de Loumbila et de Mogtédó (Variation of chloride, fluoride, sodium and potassium concentration in water of Loumbila and Mogtédó reservoir)

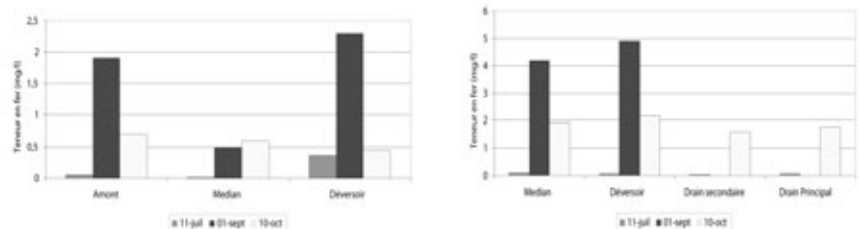


Figure 5: Variation de la teneur en fer dans les eaux des réservoirs de Loumbila et de Mogtédó (Variation of iron concentration in water of Loumbila and Mogtédó reservoir)

Paramètres	Site	Coefficients de corrélation	Signification
O-phosphates	Loumbila	0,952	***
	Mogtédó	0,818	**
Nitrates	Loumbila	0,942	***
	Mogtédó	0,857	**
Chlorures	Loumbila	-0,582	ns
	Mogtédó	0,041	ns
Fluorures	Loumbila	-0,739	*
	Mogtédó	-0,534	ns
Sulfates	Loumbila	0,979	***
	Mogtédó	0,822	**
Sodium	Loumbila	0,423	ns
	Mogtédó	-0,333	ns
Potassium	Loumbila	-0,318	ns
	Mogtédó	-0,267	ns
Fer	Loumbila	-0,313	ns
	Mogtédó	-0,360	ns

Tableau IV : Niveau de corrélation de certains paramètres chimiques avec la turbidité
(*Correlation Level between certain chemical parameters and turbidity*)

pluvieuse est intimement liée à l'intensité des premières pluies et au ruissellement qui s'en suit sur des terres agricoles non encore couvertes par la végétation. En effet, dans le Nakanbé, le régime d'infiltration est faible (< 10 mm/heure) et le coefficient de ruissellement peut atteindre 57% avec des pertes de terres de 5,5 T/ha/an (Yacouba et al., 2002). Ce processus de transport de sédiments par les eaux de ruissellement est exacerbé par un travail du sol qui facilitent la mobilisation des sédiments, mais aussi par l'implantation de parcelles de production jusque dans le lit des réservoirs au fur et à mesure du retrait de l'eau en saison sèche. Avec l'installation du couvert végétal et son effet sur le contrôle de l'érosion, la turbidité se résorbe au fur et à mesure.

En transportant les particules de terre, les eaux de ruissellement transportent aussi les éléments nutritifs dissous ou associés à ces sédiments. C'est ainsi que les nitrates, l'ortho-phosphate (forme soluble de phosphate) et les sulfates, constituants essentiels des engrais utilisés autour des deux réservoirs, sont entraînés dans les eaux. Les analyses statistiques effectuées confirment une forte corrélation entre l'accumulation des sédiments et la concentration en ortho-phosphates, en nitrates et en sulfates dans les eaux des deux réservoirs (Tab.IV).

voirs (Tab.IV).

Les fortes périodes de turbidité coïncident avec les périodes de concentration maximale en ces éléments. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Pouilleutte (1996), Turpin et al. (2003), Plea et al. (2004) sur le fleuve Niger à Bamako, Biney et al. (2005) qui concluent à la pollution diffuse de l'eau de surface par les activités agricoles. Dans le même ordre d'idée, Martin et al. (1997) ont établi un rapport entre le système de culture, l'érosion et la pollution de l'eau par l'ion nitrate. En effet, si les apports d'engrais minéraux ou organiques en agriculture constituent une porte d'entrée de certains éléments nutritifs dans le sol, les pratiques agricoles (travail du sol, absence d'aménagements anti-érosifs, etc.) facilitent leur mobilisation par les eaux de ruissellement. Les temps de transfert de certains éléments comme les nitrates vers les eaux sont très variables selon les milieux et peuvent être de quelques mois ou jours à plusieurs décennies (Dubois, 1998).

Sur les deux sites, l'étude réalisée a identifié comme source de fertilisants les engrais complexes NPK et NPKSB riches en azote (N), en phosphore (P), en potassium (K) mais contenant aussi des sulfates (SO₄²⁻) et du bore (B), les engrais simples tels que l'urée principale source d'azote (N) et le Burkina phosphate

(P) très faiblement utilisé. Cette étude a aussi identifié plusieurs formes de fumures organiques dominées par le fumier (preuve de l'implication de l'élevage dans l'agriculture) et le compost. Phosphates, nitrates, potassium et sulfates sont donc les constituants essentiels des principaux engrais rencontrés au Burkina Faso et utilisés autour de ces points d'eau. Le manque de terre autour des points d'eau dans le Nakanbé et l'exploitation continue des terres que cela implique a pour conséquence une utilisation abusive des engrais minéraux en vue du maintien de la productivité du sol. En exemple, l'oignon qui est la spéculation principale à Mogtédó occupe près de 60 % des superficies exploitées à chaque campagne. Pour maintenir les rendements à un niveau acceptable (20 Tonnes par hectare de bulbes en moyenne) environ une tonne d'engrais est utilisée à l'hectare (750 kg/Ha de NPKSB + 250 kg/Ha d'urée), ce qui est largement au-delà des prescriptions techniques (300 kg/ha de NPK et 75 à 100 kg/ha d'urée). Les teneurs plus élevées de nitrates dans les eaux à Mogtédó (7,11 mg/l contre 3,13 mg/l à Loumbila) se trouvent ainsi justifiées par les fortes quantités d'engrais utilisées sur la culture de l'oignon. En outre, la réduction des taux de phosphates, de nitrates et de sulfates après le passage de l'eau à travers le périmètre rizicole laisse penser à une absorption de ces éléments par les plants de riz d'où leur faible teneur dans les eaux de drainage.

Les analyses ont par ailleurs révélé que les teneurs en chlorure, en sodium, en potassium et en fer dans les réservoirs de Loumbila et de Mogtédó sont négativement corrélées aux variations de la turbidité (Tab.IV). L'augmentation de la turbidité des eaux s'accompagne d'une baisse de la concentration en ces éléments. Les chlorures, le sodium, le potassium et les fluorures semblent avoir une origine endogène à ces plans d'eau. Ils pourraient provenir du substrat géologique.

La concentration des eaux de surface en potassium augmente avec l'usage d'engrais mais n'atteint

jamais un niveau préoccupant pour la qualité de l'eau (GEMS/EAU, 2002).

Chlorures et sodium sont étroitement liés dans les eaux de surface, ils peuvent aussi provenir des transports atmosphériques d'origine marine. Les engrais utilisés autour des deux réservoirs n'indiquent pas une présence de chlorures. Cependant, ces éléments pourraient aussi provenir de la matière organique.

La présence du fer dans les eaux des deux réservoirs trouve son explication dans la nature ferrugineuse des sols du bassin du Nakanbé. Sa faible concentration en début et en fin de saison, pour des concentrations plus élevées en milieu de saison pluvieuse pourrait laisser croire à une entrée de fer dans le réservoir avec les eaux de ruissellement sous une forme difficilement détectable. Il subit ensuite une transformation qui le rend détectable par les analyses, puis se précipite ensuite au fond de l'eau en fin de saison pluvieuse. Le niveau élevé de fer constaté dans le bassin du Nakanbé peut avoir pour conséquence un impact défavorable sur la santé humaine et sur la vie piscicole.

En revanche, la présence de fluorures dans les eaux des deux réservoirs, peut être liée aux activités humaines domestiques (ordures, produits manufacturés, etc.) sa stabilité dans tout le réservoir laisse penser à une source permanente.

Au regard de la teneur des eaux en éléments, les nitrates, les phosphates et les sulfates participent à l'eutrophisation des eaux à Loumbila comme à Mogtêdo. Au-delà des concentrations de 0,3 mg/l, 0,01 mg/l et 0,5 mg/l respectivement de nitrates, de phosphates et de sulfates, ces éléments contribuent à l'eutrophisation (Nisbet et Verneaux, 1970). L'invasion de ces deux plans d'eau par les plantes aquatiques constaté au cours de la période d'étude en est un indicateur. Parmi les espèces rencontrées sur les berges et le plan d'eau à Loumbila et à Mogtêdo, certaines sont révélatrices d'un état de pollution. C'est le cas du

Polygonum limbatum et de l'*Azolla africana*. En outre, sur le barrage de Loumbila, l'identification de 87 espèces d'algues dont les diatomées par Zerbo (2004), de 7 espèces de Cladocera et 2 espèces de Copepoda par Ouéda et al. (2007) constitue d'autres indicateurs de l'état d'eutrophisation des eaux à Loumbila.

En considérant les niveaux de référence de la qualité des eaux de surface telle que classifiée par Nisbet et Verneaux (1970), les concentrations des phosphates ont une influence moyenne sur l'induction de l'eutrophisation dans les eaux de Loumbila (phosphates = 0,047 µg/l) et à Mogtêdo (phosphates = 0,128 µg/l). Selon cette classification, les eaux sont plus ou moins polluées en sulfates. Sur le plan nitrates, les eaux du réservoir de Loumbila sont placées en classe 3 correspondant à des concentrations de NO₃⁻ comprises entre 3 mg/l et 5 mg/l, et en classe 4 à Mogtêdo correspondant à des concentrations de NO₃⁻ comprises entre 5 mg/l et 10 mg/l.

D'une manière générale, les eaux des petits réservoirs comme celui de Mogtêdo sont plus sensibles aux pollutions que celles des grands réservoirs (Loumbila) caractérisés par une concentration différenciée des eaux d'un emplacement à un autre.

En revanche, la menace que pourrait courir les deux plans d'eau dans un avenir proche dérive de l'utilisation de pesticides de cotonnier en milieu maraîcher. Ces pratiques prennent de l'ampleur dans l'ensemble du Nakanbé. Le coût et l'efficacité de ces produits justifieraient le choix des producteurs.

CONCLUSION

Le développement de l'agriculture irriguée autour des réservoirs dans le Bassin du Nakanbé et les mauvaises pratiques de fertilisation organo-minérale des cultures affectent la qualité physico-chimique des eaux de surface. Les concentrations en phosphates, en nitrates mais aussi en sulfates sont à l'origine de l'eutrophisation des eaux

des réservoirs de Loumbila et de Mogtêdo.

La concentration élevée des eaux en fer pourrait être une conséquence de la nature du substrat géologique. La position périurbaine du réservoir de Loumbila semble ne pas avoir une conséquence sur la charge minérale des eaux en comparaison au réservoir de Mogtêdo situé en zone rurale.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le projet Challenge Program 47 de l'IWMI pour ses appuis financiers et techniques et l'ONEA pour l'appui à l'analyse des échantillons d'eau.

BIBLIOGRAPHIE

- Biney C., Calamari D., Maembé T.W., Nyakageni B. et Saad M.A.H., 2005. Bases scientifiques du contrôle de pollution. FAO, Dép. Agric., 16p.
- Dembélé Y., Somé L., Somé K., Konaté L., Konseiga K.R. et Dissa A., 2006. Gouvernance transfrontalière de l'eau et de la nourriture dans le Bassin de la Volta, Burkina Faso: étude de cas. IWMI-INERA, 95p.
- Dubois S.F., 1998. Les nitrates: origines et impacts sur le milieu. Agriculture et environnement. VI, pp.95-104.
- Duguet F., Michaud A. R., Deslandes J., Rivest R. et Lauzier R., 2002. Gestion du ruissellement et de l'érosion pour limiter les pertes en phosphore en bassin versant agricole. Agrosol. Vol. 13, n°2, pp. 140-148.
- Galvez-Cloutier R., Ize S. et Arsenault S., 2002. La détérioration des plans d'eau : Manifestation et moyens de lutte contre l'eutrophisation. Vecteur environnement. Vol. 35, n°6, pp. 18-37.
- GEMS/EAU, 2002. Les éléments minéraux dans les eaux de surfaces. <http://www.cciw.ca/atlas-gwp/nutrients-f.html>, 2p.
- Martin Ph. et Meynard J.-M., 1997. Système de culture, érosion et pollution des eaux par l'ion nitrate. In : Production végétale et qualité de l'eau. Riou., Bonhomme R., Chassin

- P. et Papy F., AUPELF-UREF, Ed. INERA, ISBN 2-9380-0708-2, 412p.
- Moundhala N.O.N., 1998. Etude de dépollution des eaux de surface de la forêt classée du barrage de Ouagadougou par les macrophytes aquatiques. Mémoire DEA en Biologie et Ecologie Végétales, Université de Ouagadougou, 68 p.
- Nisbet M. et Vernaux J., 1970. Composition chimiques des eaux courantes : Discussion et proposition de classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques. *Annales de limnologie*. 6, 2, 161-190.
- Ouéda A., Guenda W., Kabré A. T., Zongo F. et Kabré G. B., 2007. Diversity and seasonal dynamic of zooplankton community in a south-saharian reservoir (Burkina Faso). *Journal of Biological Sciences*. 7 (1): 1-9.
- Pléan M., Cissé A.S., Kéita, K. et Doumbia A., 2005. Qualité des eaux du fleuve Niger à Bamako : impacts des activités domestiques. Conférence sur la qualité des eaux de Bamako, 44 p.
- Portejoie S., Martinez J. et Landmann G., 2002. L'ammoniac d'origine agricole : impact sur la santé humaine et animale et sur le milieu naturel. *Productions Animales*, 15, INRA, pp.151-160.
- Pouilleute E., 1996. Les phénomènes d'eutrophisation des rivières, des lacs et des réservoirs. Mémoire D.U. en Eau et Environnement, D.E.P., Amiens, 40p.
- Sally H., Kéita A. et Ouattara S., 1997. Analyse-diagnostic et performances de cinq périmètres irrigués autour de barrages au Burkina Faso. Tome 1, PMI-BF/IIMI, 252 p.
- Simard S., Beauchemin S., 2002. Relation entre la richesse du sol en phosphore et la concentration en phosphore de l'eau de drainage dans deux agro-écosystèmes. *Revue des Sciences de l'Eau*. Vol. 15, pp. 109-120.
- Turpin N., Boutems P. et Rotillon G., 2003. Restauration de la qualité des eaux de surface : comparaison des mécanismes incitatifs. CEMAGREF-INRA, 10 p.
- WHO, 2004. Guidelines for drinking water quality. 3rd Ed, ISBN 92-4-154638-7, 540p.
- Yacouba H., Da Dapola E.C., Yonkeu S., Zambré P., Soulé M. et Bagayoko F., 2002. Etude du processus de dégradation du bassin supérieur du Nakanbé (Burkina Faso) : écoulement de surface et pertes de terres liées à l'eau. Deuxième Journées Scientifiques du Groupe EIER-ETSHER, Ouagadougou, pp. 28 - 31.
- Zerbo P., 2004. Contribution à l'étude de la diversité du phytoplancton d'eau douce : cas du réservoir de Loumbila, Burkina Faso. Mémoire DEA en Sciences Biologiques Appliquées, Université de Ouagadougou, 51p.
- Zongo F., 1991. Pollution organique des eaux de surface au niveau de Ouagadougou. Mémoire DEA en Biologie et Ecologie Végétales, Université de Ouagadougou, 74p.