



## Impact de l'agriculture urbaine sur la qualité des ressources en eau de surface du nord de la Côte d'Ivoire: cas du barrage de Koko dans la Commune de Korhogo

<sup>1</sup> N'Guessan Simon Andon, <sup>2</sup> Kouadio Augustin ALLA, <sup>3</sup> Simplicie Yao KOFFI

<sup>1</sup> Assistant, Département de Géographie, Université Péléféro Gon Coulibaly de Korhogo, Côte d'Ivoire

<sup>2,3</sup> Maître-Assistant (CAMES), Département de Géographie, Université Péléféro Gon Coulibaly de Korhogo, Côte d'Ivoire

### Abstract

The Koko Dam plays an important role in providing drinking water to people in the city of Korhogo where the water deficit is loud. This research evaluates the impact of urban agriculture on the surface water of the Koko Dam. The triangulation of methods (literature search, collection and processing of primary data and direct observation) is practiced. Water samples from the dam are taken in the dry season and in the rainy season and treated according to pollution indicators. Surveys have been conducted on the production method of the market gardening sector and its actors. The results show that the physical-chemical and pesticide concentrations of lake water are acceptable during the dry season. On the other hand, during the rainy season, the concentrations of pesticides, Nitrite, Iron and Lead are very strong. Moreover, the concentration of microbiological parameters is very high in all seasons.

**Keywords:** urban agriculture, market gardening, water quality, Koko Lake, pollution

### 1. Introduction

Le contexte de l'intensification massive et pérenne des cultures urbaines dans plusieurs villes et communes de Côte d'Ivoire pose un certain nombre de défis pour la sécurité alimentaire et la qualité des ressources en eau. L'usage des intrants chimiques et biologiques ainsi que de produits d'entretien (Pesticides) dans ce type de pratique agricole pollue grandement les eaux de surface (Wade, 2003) <sup>[13]</sup>. Cette pratique touche la plupart de ville et commune du monde car d'après l'ONU (2017), la pollution des eaux de surface urbaines se généralise et menace à la fois l'homme et l'environnement puisque la disponibilité des ressources hydriques est étroitement liée à la qualité de l'eau étant donné l'augmentation des rejets d'eaux usées non traitées, combinée au ruissellement agricole. Le développement de l'agriculture urbaine risque de compromettre à long terme la disponibilité de l'accès à l'eau potable quand on sait que d'autres sources (l'urbanisation, les industries et autres agricultures (grandes fermes agricoles et cultures (coton, riz, etc.))) polluent également ces eaux (FAO et CME, 2015) <sup>[8]</sup>. La commune de Korhogo se situe dans les régions nord de la Côte d'Ivoire où le déficit hydrique est chronique. Ainsi, les ressources en eau dont elle dispose sont confrontées autant à des problèmes de disponibilité, de qualité et que de gestion intégrée et durable. En effet, ces ressources en eau souffrent entre autres des problèmes liés à la croissance démographique de ces dernières années et à la forte vulnérabilité des aléas climatiques. La première entraîne un multiple usage dont l'agriculture urbaine, la pêche, l'alimentation en eau potable, l'assainissement et la dégradation de la qualité des eaux. La seconde se manifeste par une succession de sécheresses de longue durée et une réduction de la pluviométrie (Andon, 2007) <sup>[11]</sup>. L'urbanisation de Korhogo, chef-lieu de la région du Poro, connaît une

croissance extrêmement rapide et incontrôlée ces dernières années. Cette croissance urbaine s'accompagne une croissance démographique accélérée. Le barrage de Koko a été construit pour l'alimentation en eau potable de la ville de Korhogo. Mais aujourd'hui, le lac et son bassin font l'objet de plusieurs usages dont le prépondérant est l'agriculture urbaine parce que la demande en produits agricoles urbains augmente alors que les espaces disponibles pour leur production sont limités. L'agriculture urbaine doit donc répondre à un défi de taille: nourrir plus de consommateurs avec moins de terres et de producteurs (Dauvergne *et al*, 2010) <sup>[10]</sup>. Dans ces espaces urbains, l'agriculture s'est développée en relation avec de nouveaux comportements alimentaires et de nouvelles cultures agricoles différentes de celles pratiquées en milieu rural (Dauvergne *et al*, 2010) <sup>[10]</sup>. L'extension du territoire urbain a rattrapée et environnée deux villages limitrophes du barrage de Koko. Les agriculteurs villageois (majoritairement féminin) désormais urbains cherchent à améliorer leurs techniques agricoles (de l'agriculture traditionnelle à l'agriculture moderne mal maîtrisée) afin de maintenir cet agriculture dans un espace réduit et dans le temps. Ainsi, les cycles de production sont parfois raccourcis, l'utilisation d'intrants et les rendements augmentent, l'élevage et le maraîchage se combinent, etc. (Olanrewaju *et al*, 2004) <sup>[10]</sup>. Si elle fournit de produits alimentaires aux citoyens, de l'emploi et de revenus aux agriculteurs urbains, aux commerçants et aux vendeurs d'intrants et de pesticides, il faut craindre son impact sur les ressources en eau potable de surface. Son impact varie largement suivant l'étendue de l'espace agricole et de l'eau des lacs, le type d'intrants et de produits d'entretien utilisés, la démographie et la taille des villes approvisionnées. Cette recherche voudrait connaître les risques potentiels réels qui menacent la qualité des ressources en eau de surface du lac de

Koko en termes de pollution et de contamination ; décrire ses acteurs et son mode de production local et de commercialisation pour comprendre pourquoi cette agriculture se pérennise. Cette recherche est menée dans le but connaître le risque potentiel qui menace la qualité de l'eau de surface par l'agriculture urbaine et par d'autres sources de pollution afin d'aider les décideurs à prendre les dispositions nécessaires pour préserver la quantité et la qualité des réserves d'eau brute destinée à l'approvisionnement en eau potable des milieux urbains du nord de la Côte d'Ivoire.

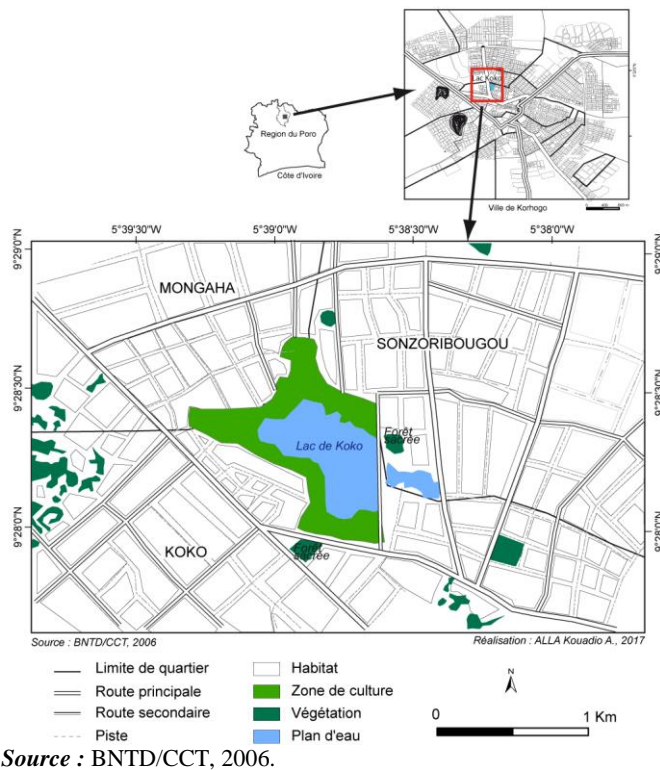
## 2. Méthodologie

La présente recherche s'est effectuée dans le bassin du lac du barrage de Koko. Le choix du site a été motivé par la permanence de l'eau du lac durant toutes les années et les multiples usages dont il est l'objet dans une région où le déficit hydrique est chronique. De plus, il est environné par la ville et a été construit dans le but d'utiliser son eau pour l'approvisionnement en eau potable de la population de la ville de Korhogo par la Société de distribution d'eau potable de Côte d'Ivoire (SODECI). La méthodologie adoptée porte sur la triangulation des méthodes notamment la recherche documentaire, les travaux de terrain et l'observation directe ou in situ. Pour la recherche documentaire, nous avons consulté certains ouvrages généraux et spécifiques, des rapports et des articles. On peut citer entre autres, L'Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8<sup>e</sup> édition de Jean RODIER et ses collaborateurs ; L'eau : usages et polluants, Tome II de Gérard Grosclaude, Le traitement des eaux, 2<sup>e</sup> édition revue et améliorée et la Banque de données en santé publique (BDSP) de France. D'ailleurs selon la BDSP (2001), l'évaluation de la qualité des eaux repose sur la connaissance de ses paramètres physiques, chimiques, microbiologiques ou biologiques et nécessite donc la mise au point de méthodes de mesure. C'est pourquoi, pour les travaux de terrain, des échantillons d'eau du lac ont été prélevés aux fins d'analyse des indicateurs de pollution et/ou de contaminant basé sur des paramètres physico-chimiques, microbiologiques et des pesticides d'une part. Et d'autre part, des enquêtes individuelles basées sur des entretiens semi-dirigés à l'aide de questionnaire conçu à cet effet ont été effectuées. Les entretiens ont porté sur le mode de production des cultures maraîchères, les différents acteurs qui animent ce secteur et la commercialisation des produits issus de cette agriculture urbaine par les producteurs. En outre, nous avons vérifié certains faits par l'observation directe sur le terrain. Concernant l'observation in Situ, elle a concerné le type d'intrants et de pesticides utilisés et leur mode d'emploi et d'arrosage et de l'érosion des terres agricoles dans le lac ainsi abreuvement des troupeaux de bœuf et de mouton par l'eau du lac de Koko.

### 2.1 Présentation de la zone d'étude

#### 2.1.1 Situation géographique du Barrage de Koko à Korhogo

Le barrage de Koko est situé dans le quartier Koko de la ville de Korhogo dans le nord de la Côte d'Ivoire. Il est situé entre les longitudes 5°38'45" W et les latitudes 9°28'05" N (voir figure 1).



Source : BNTD/CCT, 2006.

**Fig 1:** Lac du barrage de Koko et les cultures maraîchères dans la ville de Korhogo

#### 2.1.2 Situation climatique

La ville de Korhogo appartient au système climatique tropical de type soudano-sahélien dont le rythme des saisons est réglé par le déplacement du Front Intertropical (FIT). Le climat est caractérisé par une grande saison sèche (décembre à mai) et une courte saison de pluie (juin à novembre). Les précipitations annuelles moyennes, voisines de 1 300 mm à 1 400 mm, ne peuvent cependant combler un déficit hydrique cumulé de 700 mm créée par une évapotranspiration potentielle proche de 2 000 mm. La température varie entre 20°C et 40°C.

#### 2.1.3 Situation hydrologique

La ville de Korhogo est située à 42 km du fleuve Bandama sur la route de Ferkessédougou. Ce fleuve et le barrage de Koko constituent les sources principales de l'approvisionnement en eau potable de la population urbaine. La variation saisonnière des écoulements du fleuve ainsi que le Lac du barrage est caractérisée par une période de crue maximale en août et septembre et une période d'étiage de décembre à juin. Le tarissement des différents cours d'eau et lacs est court avec une durée moyenne de 50 à 60 jours (2 mois). La décrue est rapide et est autour d'une dizaine de jours (Jourda *et al.*, 2006) [14].

#### 2.1.4 Situation géologique

La géologie de la Côte d'Ivoire est constituée à 97.5% de socle cristallin et cristallophyllien dont la région du Poro. Le contexte géologique et tectonique de la région du Poro s'intègre dans l'histoire du craton Ouest africain. Du point de

vue lithologique, on peut distinguer deux grands ensembles :

- Les formations volcaniques, volcano-sédimentaires et sédimentaires, métamorphosées déposées dans les sillons intracratoniques ;
- Les granitoïdes éburnéens qui sont des massifs granitiques au sein desquels on y distingue plusieurs générations de granites (Jourda *et al.*, 2006) <sup>[14]</sup>.

## 2.2 Méthodes de collecte des données

Trois (03) campagnes de prélèvement ont été effectuées au mois de janvier 2017 en saison sèche, au mois de juin 2017 en début de saison de pluie et au mois d'Août 2017 période de crue du barrage. Le prélèvement a été effectué très tôt le matin à 6 heures 00mn à plusieurs points (au nombre de quatre (4) de prélèvement. Le mélange des quatre (4) échantillons ainsi recueillis à donner un échantillon moyen qui représentait notre échantillon pour chaque paramètre considéré. L'eau prélevée

est conservée dans des flacons d'un litre et demi en polyéthylène préalablement lavés puis rincés avec l'eau potable pour l'échantillon d'analyse des paramètres physico-chimiques, dans des bouteilles d'un litre également lavé puis rincé pour les échantillons d'analyse bactériologique et des pesticides. Les échantillons ont été transportés dans un car climatisé de transport en commun à Abidjan à plus de six cent (600) Km de Korhogo.

## 2.3 Méthodes de traitement des données

Des méthodes accrédités et non accrédités (NTK et Nitrite) ont été utilisées pour le traitement de dix-sept (19) paramètres physico-chimiques, des pesticides et des paramètres (organochlorés et organophosphorés). Les méthodes utilisées pour le traitement des paramètres physico-chimiques, des pesticides et des paramètres microbiologiques sont consignées dans le tableau suivant:

**Tableau 1:** Méthodes de traitement des données d'échantillons d'analyse de paramètres physico-chimiques, de pesticides et de paramètres microbiologiques.

Paramètres	Méthode D'analyse	Principe De Traitement
<b>Physico-Chimiques</b>		
Température	NFT 90-100	Mesure par une sonde de température couplée au pH-mètre
pH	NFT 90-008 Février 2001	Mesure électrométrique avec électrode de verre. PH-mètre WTW
Azote Total Kjeldahl (NTK)	NF EN 25663	Minéralisation de l'échantillon pour former du sulfate d'ammonium, libération et distillation de l'ammoniac puis dosage par titrimétrie.
Nitrates	ISO 7890-3	Formation d'un composé jaune issu de la réaction des nitrates avec l'acide sulfosalicylique, après traitement à l'alcali. Dosage spectrométrique à 415 nm.
Phosphates	NF EN ISO 6878	Minéralisation de l'échantillon à chaud en présence d'acide sulfurique et de persulfate de sodium, puis dosage spectrométrique des phosphates obtenus
Potassium	ISO 11885: Mars 2007	Dosage par ICP-OES Optima 2100 DV (Duel View)
Sodium		
Magnésium		
Calcium		
Fer		
Manganèse		
Zinc		
Cuivre		
Plomb		
Cadmium		
Bore		
Aluminium		
<b>Pesticides</b>		
Pesticides organo-chlorés	ISO/TS 28581	Chromatographie gazeuse couplée au détecteur de masse.
Pesticides organo-phosphorés		
<b>Microbiologiques</b>		
Coliformes totaux	NF en ISO 9308 – 1: 2000	-Filtration de 100ml d'eau sur membrane Millipore (porosité 0,45 µm) et dépôt de la membrane sur milieu lactosé au TTC et Tergitol - Incubation à 37°C±1°C pour les coliformes totaux et 44°C±1°C pour les coliformes thermotolérants et E. coli - Comptage et confirmation des colonies caractéristiques.
Coliformes thermotolérants	Adaptation de la norme	

## 3. Présentation des résultats

### 3.1 Présentation des paramètres physico-chimiques et des pesticides

Des paramètres physico-chimiques et des pesticides

d'échantillons de l'eau du lac du barrage de Koko prélevés au mois de janvier 2017

Table 2

Paramètres	Unité	Date D'analyse	Méthode D'analyse	Échantillon D'eau De Surface	Recommandation Pour La Qualité Des Eaux Au Canada. Concentration Maximale Acceptable (CMA) (mg/l)	
Température	°C			31		
pH				7.12	6.5 – 8.5	
Azote Total Kjeldahl NTK	mgN/L	18/01/2017	NF EN 25663	3.78		
Nitrates	mgNO <sub>3</sub> /L		ISO 7890-3	0.24	10	
Nitrites	mgNO <sub>2</sub> /L		Méthode HACH	0.003	1.0	
Potassium	mgK/L		ISO 11885: Mars 2007		3.24	
Sodium	mgNa/L				6.17	<200
Magnésium	mgMg/L				1.29	50-150 (OMS <sup>1</sup> )
Calcium	mgCa/L				2.17	100-200 (OMS <sup>1</sup> )
Fer	µgFe/L				67.4	0.3
Manganèse	µgMn/L				<50	0.05
Zinc	µgZn/L				50	5
Cuivre	mgCu/L				50	1.0
Plomb	µgPb/L				<5	0.05
Cadmium	µgCd/L				0.522	5 µgCd/L
Bore	mgB/L			<0,5	5	
Aluminium	µgAl/L			68.7	0.1 mgAl/L	
Phosphates	mgPO <sub>3</sub> /L			NF EN ISO 6878	0.159	
Pesticides organo-chlorés	µg/L	21/01/2017	ISO/TS 28581	<0,002	0.1 mg/L	
Pesticides organo-phosphorés	µg/L			<0,002	0.1 mg/L	

Les résultats montrent en générale que la qualité de l'eau du barrage de Koko est de bonne qualité car les paramètres physico-chimiques et des pesticides sont inférieurs aux concentrations maximales acceptables (CMA<sup>2</sup>) par les recommandations pour la qualité des eaux au Canada et les normes de l'OMS pour l'eau de consommation excepté la concentration du Cuivre qui est fortement élevée soient

cinquante fois la CMA. Nous n'avons pas trouvé de normes ni de recommandations pour la concentration de l'Azote Total Kjeldahl, du Potassium et des Phosphates. Leurs concentrations sont respectivement 3,78 mgN/l, inférieur à 3,24 mgK/L et 0,159 mgPO<sub>3</sub>/L. Elles sont les constituants de l'engrais chimique.

### 3.2 Des paramètres physico-chimiques et des pesticides d'échantillons de l'eau du lac du barrage de Koko prélevés au mois de juin 2017

Table 3

Paramètres	Unité	Date d'analyse	Méthode d'analyse	Echantillon d'eau de surface	Recommandation pour la qualité des eaux au Canada. Concentration maximale acceptable (CMA) (mg/l)	
Température	°C			29		
pH				7.44	6.5 – 8.5	
Azote Total Kjeldahl NTK	mgN/L	02/06/2017	NF EN 25663	1.17		
Nitrates	mgNO <sub>3</sub> /L		ISO 7890-3	0.52	10	
Nitrites	mgNO <sub>2</sub> /L		Méthode HACH	0.24	1.0	
Potassium	mgK/L		ISO 11885: Mars 2007		<0,2	
Sodium	mgNa/L				<0,2	<200
Magnésium	mgMg/L				<0,2	50-150 mgMg/l (OMS <sup>1</sup> )
Calcium	mgCa/L				<0,3	100-200 mgCa/l (OMS <sup>1</sup> )
Fer	mgFe/L				12.6	0.3
Manganèse	mgMn/L				0.38	0.05
Zinc	mgZn/L				<0,2	5
Cuivre	mgCu/L				<0,2	0.1
Plomb	µgPb/L				<5	0.05
Cadmium	µgCd/L				<0,5	5 µgCd/L
Bore	mgB/L			0.6	5	
Aluminium	mgAl/L			<0,2	0.1	
Phosphates	mgPO <sub>3</sub> /L			NF EN ISO 6878	1.16	
Pesticides organo-chlorés	µg/L	02/06/2017	ISO/TS 28581	<0,002	0.1	
Pesticides organo-phosphorés	µg/L			<0,002	0.1	

Les résultats montrent en générale que la qualité de l'eau du barrage de Koko est de bonne qualité car les paramètres physico-chimiques et des pesticides sont inférieurs aux concentrations maximales acceptables (CMA) par les recommandations pour la qualité des eaux au Canada et les normes de l'OMS pour l'eau de consommation. Nous n'avons pas trouvé de normes ni de recommandations pour la concentration de l'Azote Total Kjeldahl, du Potassium et des Phosphates. Leurs concentrations sont respectivement 3,78

mgN/l, inférieur à 0,2 mgK/L et 1,16 mgPO<sub>3</sub>/L. Elles sont les constituants de l'engrais chimique.

Norme de l'OMS pour l'eau de consommation

Concentration maximale acceptable (CMA) : l'eau potable qui contient des substances en quantités supérieures à cette limite peut être responsable d'effets contraires à la santé ou être esthétiquement déplaisante (Santé et Bien-être social, Canada, 1979)

### 3.3 Des paramètres physico-chimiques et des pesticides d'échantillons de l'eau du lac du barrage de Koko prélevés au mois d'août 2017

Table 4

Paramètres	Méthode	Date d'analyse	Résultats	Recommandation Pour La Qualité Des Eaux Au Canada. Concentration Maximale Acceptable (CMA) (mg/l)
Température			26,4°C	
pH	NFT 90-008	16/08/2017	7,11	6.5 – 8.5
Pesticides (organophosphorés et organochlorés)	ISO/TS 28581	17/08/2017	0,684 mg/L	0.1 mg/L
Nitrates	ISO 7890-3	16/08/2017	7,28 mg/L	10 mgNO <sub>3</sub> /L
Nitrites	HACH	16/08/2017	1,75 mg/L	1.0 mgNO <sub>2</sub> /L
NTK	NF EN 25663	16/08/2017	11,9 mg/L	
Aluminium	ICP-OES/ ISO 11885 : 2007	21/08/2017	747 µg/L	0.1 mgAl/L
Bore			<0,5 mg/L	5 mgB/L
Calcium			143 mg/L	100-200 mgCa/L (OMS1)
Cadmium			<0,5 µg/L	5 µgCd/L
Cuivre			<50 µg/L	1.0 mgCu/L
Fer			3,99 10 <sup>3</sup> µg/L	0.3 µgFe/L
Potassium			59,0 mg/L	
Magnésium			22,4mg/L	50-150 mgMg/L (OMS1)
Manganèse			<50 µg/L	0.05 µgMn/L
Sodium			65,2 mg/L	<200 mgNa/L
Plomb			9,77 µg/L	0.05 µgPb/L
Zinc			<50 µg/L	5 µgZn/L

En général, les paramètres physico-chimiques sont normales sauf les nitrites, le fer et le plomb sont très élevés par rapport aux normes de qualité des eaux de surface (à la concentration

maximale acceptable CMA) quant aux pesticides leur concentration est très élevées soit cinq (5) fois la norme acceptable

### 3.4 Des paramètres microbiologiques

Table 5 : Tableau de résultats paramètres microbiologiques sur l'eau du lac du barrage de Koko au mois de mars 2017

Paramètres	Resultat D'analyse	Recommandation Pour La Qualité Des Eaux Au Canada. Concentration Maximale Acceptable (CMA)	Unité	Méthode D'analyse	Date D'analyse
Coliformes Totaux	3400	200/100 UFC/ml	UFC/ML	NF en ISO 9308 – 1: 2000	21/03/2017
Coliformes Thermotolerants	720	100/100 UFC/ml		Adaptation De Laeme	

Les résultats montrent une forte concentration des coliformes totaux soient quatorze (14) fois la concentration maximale acceptable (CMA) des recommandations pour la qualité des eaux au Canada. Ils montrent également une forte

concentration des coliformes thermotolérants soient plus de sept (7.2) fois la CMA des recommandations pour la qualité des eaux au Canada.

Table 6 : Tableau de résultats paramètres microbiologiques sur l'eau du lac du barrage de Koko au mois de juin 2017

Paramètre	Resultat D'analyse	Recommandation Pour La Qualité Des Eaux Au Canada. Concentration Maximale Acceptable (CMA)	Unité	Méthode D'analyse	Date D'analyse
Coliformes Totaux	2160	200/100 UFC/ml	UFC/ML	NF en ISO 9308 – 1: 2000	01/06/2017
Coliformes thermotolerants	190	100/100 UFC/ml		Adaptation De Laeme	

Les résultats montrent une forte concentration des coliformes totaux soient plus de dix (10,8) fois la concentration maximale acceptable (CMA) des recommandations pour la qualité des eaux au Canada. Ils montrent également une forte

concentration des coliformes thermotolérants soient près de deux (1.9) fois la CMA des recommandations pour la qualité des eaux au Canada.

**Table 7:** Tableau de résultats paramètres microbiologiques sur l'eau du lac du barrage de Koko au mois d'Août 2017

Parametre	Resultat D'analyse	Recommandation Pour La Qualité Des Eaux Au Canada. Concentration Maximale Acceptable (CMA)	Unite	Date D'analyse
Coliformes Totaux	1200	200/100 UFC/ml	UFC/100 mL	16/08/2017
Coliformes Thermotolerants	840	100/100 UFC/ml		

Les résultats montrent une forte concentration des coliformes totaux soient plus de six (6) fois la concentration maximale acceptable (CMA) des recommandations pour la qualité des eaux au Canada. Ils montrent également une forte concentration des coliformes thermotolérants soient plus de huit (8) fois la CMA des recommandations pour la qualité des eaux au Canada.

### 3.5 Synthèse

Les résultats montrent que les concentrations physico-chimiques et des pesticides de l'eau du lac de Koko sont acceptables parce qu'inférieures aux CMA des recommandations et normes suscitées en tant qu'eau brute destinée à l'approvisionnement en eau potable bien que les concentrations de Phosphates (0,159 à 1,16 mgPO<sub>3</sub>/L), des Nitrates (0,24 à 0,52 mgNO<sub>3</sub>/L), des Nitrites (0,003 à 0,24 mgNO<sub>2</sub>/L) et de Bore (0,5 à 0,6 mgB/L) aient augmenté et que les concentrations du Fer (67,4 à 12,6 µgFe/L), l'Aluminium (68,7 à 0,2 µgAl/L) et autres paramètres chimiques aient diminué de la saison sèche à la saison pluvieuse. En période de crue, c'est-à-dire en Août 2017, les concentrations des paramètres physico-chimiques sont au-dessous des CMA et des recommandations et normes d'eau brute destinée à l'approvisionnement en eau potable de la population sauf les nitrites, le fer et le plomb qui ont des concentrations très élevées par rapport aux normes. Par contre, les pesticides sont très élevées soient cinq (5) fois par rapport aux normes en Août. Par ailleurs, on note une forte concentration des paramètres microbiologiques (Coliformes totaux : 3400 à 2160 UFC/L et Coliformes Thermotolérants : 720 à 190 UFC/L) par rapport aux recommandations susmentionnées (Coliformes totaux CMA : 200ufc/100 ml et Coliformes Thermotolérants CMA: 100ufc/100 ml) autant en saison sèche qu'en saison pluvieuse. L'augmentation de la concentration de Phosphore, des Nitrates, des Nitrites, le Fer et le Plomb est liée à l'érosion du sol des cultures maraichères du bassin du lac dans l'eau du Barrage de Koko.

2.6 Présentation des résultats d'enquête sur la production des cultures maraichères, ses différents acteurs, les produits phytosanitaires utilisés et la commercialisation des récoltes.

#### 3.6.1 La production des cultures maraichères

Les salades et les choux sont les principales cultures maraichères cultivées dans le bassin du barrage de Koko. Les concombres, les carottes, les persils, le haricot et les poivrons sont également cultivés à des fins de consommation familiale et un commercial. La salade est produite une (1) fois chaque deux (2) mois ; le chou une (1) fois chaque trois (3) mois, la carotte une (1) fois chaque trois (3) mois (d'autres variétés

font deux (2) mois), la période de production du concombre n'est pas précisée puisqu'il est cultivé à des buts d'alimentation familiale. Les résultats montrent que, la salade se récolte six (6) dans l'année, le chou quatre (4) fois et la carotte quatre (4) ou six (6) fois selon l'espèce.



Source : Andon N.S., 12/01/2017<sup>[1]</sup>

**Fig 1:** culture de salades et de choux dans le bassin du barrage de Koko, Korhogo

La production s'élève à plus de dix (10) tonnes par récolte soient plus de soixante (60) tonnes de salades et quarante tonnes de choux par année sur une superficie de six (6) hectares pour ne citer que ceux-là. En effet, la récolte d'une planche de terre fait une grosse cuvette (figure 2). Ainsi, la production d'une superficie de six (6) hectares remplit une remorque de dix tonnes pour toutes les cultures commerciales.



Source: Andon Simon le 22 juin 2017<sup>[1]</sup>

**Fig 2:** une cuvette désignée comme instruments de mesure unité de mesure des maraichères

### 3.6.2 Les acteurs de la filière maraichère du bassin du Lac de Koko

Les principaux acteurs de la filière maraichère du bassin du barrage de Koko sont : cultivateurs, les vendeurs de produits phytosanitaires et biologiques, les commerçants et les consommateurs. Pour cette recherche, les enquêtes ont été menées seulement auprès des cultivateurs.

### 3.6.3 Mode de production des cultures maraichères

Les cultivateurs utilisent les intrants biologiques (excréments de poulets, de bœuf, de mouton et de cabris), chimiques (engrais appelé Uré et le NPK), et des pesticides (des déparasitant, des molluscides (produits pour tuer les escargots) et certains pesticides non homologués appelés Tian et lamda). Les cultivateurs achètent les intrants chimiques et les pesticides dans des lieux de vente locaux. Ils se procurent gratuitement les excréments d'animaux dans les fermes et les poulaillers de la ville de Korhogo.

### 3.6.4 Commercialisation des produits maraichers du bassin du barrage de Koko

Les cultivateurs vendent les produits maraichers de leurs récoltes à leurs clients en gros. Les prix varient entre soixante-quinze mille à deux cents mille FCFA (75 000 à 200 000 FCFA) par saison de récolte. Les clients viennent d'Abidjan et des localités environnantes (Boundiali, Ferkessédougou, Korhogo, Tongon).

### 3.6.5 Résultats de l'observation in-situ

Dans le bassin du barrage, les éleveurs apportent leurs troupeaux de bœufs et de mouton (figure 3) s'abreuver dans l'eau du lac. Il existe des dépotoirs de déchets sauvages qui servent de lieu défécation des populations environnantes par manque de latrines ou d'assainissement adéquat. Les populations riveraines lavent également leurs vêtements dans le lac et les sèches sur les herbes du bassin du lac. Des pêcheurs professionnels utilisent leurs pirogues pour pêcher (figure 4) avec des filets et des nasses dans le lac. Quant aux pêcheurs amateurs, ils y pêchent avec des hameçons.



Source: Andon N.S 23/06/2017<sup>[1]</sup>

Fig 3: troupeaux de mouton et de bœuf



Source: Andon N. S., 23/06/2017<sup>[1]</sup>

Fig 4: des pêcheurs en activités

## 4. Discussion

La pratique de l'agriculture urbaine dans le bassin du barrage de Koko est intensive. Les agriculteurs sont conduits à utiliser divers produits d'origine industrielle et/ou agricole dont certains présentent, ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou des déjections animales produites ou non sur l'exploitation),
- Des pesticides ou produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides, etc.) (Simon, 1999).

Or la qualité de l'eau de surface du barrage de Koko est en jeu. Dans cette partie de l'article, nous allons analyser et discuter l'impact de la production maraichère sur le lac du barrage de Koko. Il s'agit dans un premier temps la pollution chimique et microbiologique induites par la production des cultures maraichères sur l'eau de surface du barrage de Koko.

### 3.1 Impact de la production des cultures maraichères sur l'eau de surface du barrage de Koko

La pollution agricole liée à la production des cultures maraichères est l'une des plus grandes menaces pour l'approvisionnement en eau potable dans la ville de Korhogo. Il existe plusieurs causes de pollution de l'agriculture urbaine. Ce sont principalement les pesticides, les herbicides et les engrais chimiques et biologiques utilisés pour améliorer la productivité des terres arables. Ces substances, utilisées pour augmenter les rendements et diminuer la perte de cultures sont lessivées dans les eaux souterraines et de surfaces par le ruissellement. Etant donné que le barrage est construit de telle sorte qu'il n'a pas d'interaction significative avec l'extérieur notamment, il ne reçoit pas l'érosion des eaux de pluie des sols extérieurs et des eaux résiduaires de la ville, nous considérons que toutes les pollutions constatées dans l'eau du lac de Koko sont liées à la production des maraichers et singulièrement des éleveurs.

### 4.1.1 Pollution chimique du barrage de Koko

L'eau de ruissellement dans le lac du barrage de Koko est

souvent contaminée par des éléments chimiques notamment les paramètres physico-chimiques et des pesticides.

#### **4.1.1.1 Liées aux paramètres physico-chimiques**

En agriculture, les engrais chimique sont utilisés en vue d'augmenter le rendement des cultures. Ils sont responsables d'une pollution massive des sols, mais surtout la cause majeure de pollution des eaux de surface et souterraine. Les paramètres physico-chimiques sont étudiés pour connaître l'état physique et chimique de l'eau du lac afin d'identifier l'état de pollution de l'eau. En saison sèche comme au début de saison pluvieuse en juin 2017 les concentrations des paramètres physico-chimiques étaient inférieures aux CMA et aux normes et recommandations des eaux de lac. Il en est de même pour la période de crue (Août 2017) du lac excepté les nitrites, le fer et le plomb qui des concentrations très élevées par rapport aux CMA. Quant aux pesticides, leur concentration est très élevées soit cinq (5) fois plus que la norme.

#### **4.1.1.2 Liées aux pesticides**

Longtemps les agriculteurs se sont sentis impuissants face à une pullulation d'insectes dévastant leurs cultures, causant des disettes et parfois des famines. Cette situation a conduit les grandes firmes chimiques à inventer les pesticides. Le mot pesticide désigne l'ensemble des produits utilisés pour lutter contre les espèces vivantes ravageant les cultures agricoles ou simplement gênantes pour l'homme (Albouy, 2010). La très grande majorité des pesticides sont d'origine chimique (les organochlorés, les organophosphorés, le DDT, le 2,4-D). Ils sont largement et le plus souvent librement utilisés en protection des cultures pour contrôler ou détruire les mauvaises herbes, les insectes, les champignons, les escargots et autres parasites des cultures (Jamet, 1999). La facilité d'accès et d'utilisation de ces pesticides ainsi que les bénéfices confortables qu'ils rapportent aux agriculteurs et aux autres acteurs font qu'ils sont couramment utilisés dans la production des cultures maraichères dans le bassin du lac du barrage de Koko. Parmi les pesticides de synthèse, puisqu'ils sont les plus utilisés, la famille des organochlorés et les organophosphorés. Les organochlorés, utilisés comme insecticides, demeurent les plus persistants. Quant aux organophosphorés, ils sont des insecticides moins persistants que les précédents. L'usage de ces pesticides pose des problèmes d'environnement et de santé (Coulibaly, 2015). Ils polluent le sol, les ressources en eau du barrage et constituent un danger pour la santé des cultivateurs. Les résultats montrent que les eaux de surface du barrage de Koko ont une faible concentration d'éléments chimiques de pesticides (les organochlorés et les organophosphorés = 0,002 µg/L) par rapport à la concentration maximale acceptable de l'OMS ou de règlement sur les eaux potables au Canada en saison sèche et en début de saison pluvieuse. Cela s'explique par le fait que la pollution des eaux de surface par les pesticides se fait majoritairement par apports indirects dus en particulier à l'entraînement par ruissellement, eaux de rinçage des appareils de traitement, aux résidus présents dans des emballages non correctement rincés et singulièrement par apports directs notamment par la volatilisation du produit principalement lorsqu'il s'agit d'une pulvérisation. En saison

sèche, il n'y a pas de ruissellement d'eau des cultures maraichères vers l'eau du lac. Même si les agriculteurs utilisaient les pesticides pulvérisant, l'eau du lac se trouve à plus de cinquante mètre (50 m). En début de saison pluvieuse, l'infiltration de l'eau est plus important que le ruissellement. Donc la situation reste inchangée concernant la concentration des pesticides dans l'eau du lac. Il faut plutôt craindre la pollution du sol des cultures maraichères et la pollution des eaux souterraines du bassin du lac du barrage de Koko ainsi que la santé des cultivateurs.

#### **4.1.2 Pollution microbiologique du lac du barrage de Koko**

Les coliformes sont des microorganismes les plus utilisés comme indicateur de contamination bactérienne. Ils proviennent des excréments d'animaux à sang chaud et parfois dans la nature (Desjardins, 1997). Dans le lac du barrage de Koko, ils proviennent des excréments d'animaux utilisés comme intrants biologiques par les agriculteurs de cultures maraichères et des troupeaux de bœuf et de mouton qui viennent s'abreuver dans ce lac. Le nombre de ces coliformes est très élevées dans le Lac du barrage de Koko quel que soit la saison (sèche ou pluvieuse). Le nombre important de communautés microbiennes hébergé par le lac du barrage de Koko requiert un traitement complet dans le traitement de l'eau potable destinée à la population par la SODECI.

Si plus de 10 % des échantillons d'eau brute prélevés au cours d'une période de 30 j ont plus de 100 coliformes fécaux par 100 ml ou plus de 1000 coliformes totaux par 100 ml, un traitement complet, comprenant la coagulation-floculation, la décantation, la filtration et la désinfection, est requis (Desjardins, 1997).

#### **4.2 Conséquences de la pollution de l'eau de surface du barrage de Koko.**

L'intensification de l'agriculture dans le barrage de Koko a pour conséquences, la pollution des eaux de surface même si elle est à une certaine proportion et la pollution des sols par de fortes concentrations en éléments chimiques et biologiques. De telle situation, si elle se pérennise pourrait avoir des effets néfastes sur la santé des usagers de cette eau et sur l'environnement.

Production actuelle et perspective des cultures maraichères du bassin du barrage de Koko Les principaux acteurs à la base sont les cultivateurs. Ce sont essentiellement des femmes dont la majorité est analphabète ou niveau scolaire élémentaire qui pratiquent cette agriculture urbaine. Elles habitent majoritairement au quartier Koko au secteur Djelisso (population autochtone) et minoritairement à Sonzoribougou (population étrangère (Mali et Burkina Faso)). Ce sont deux villages riverains du Barrage de Koko rattrapés par la ville de Korhogo. Elles sont donc contraintes de modifier leurs modes et techniques de cultures agricoles traditionnelles en modernes dans un espace agricole réduit. Dans cet espace agricole, elles alimentent en produits maraichers, la population de la ville de Korhogo sans cesse croissante (142 039 habitants en 1998 à 243048 habitants en 2014 selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat (INS, 2014, p. 30)), celle des villes locales (Boundiali, Ferkessedougou, Tongon) et même celle de la ville d'Abidjan. Malheureusement, elles ne maîtrisent pas les techniques de fertilisation du sol, l'usage et le dosage



des produits phytosanitaires et des fertilisants (engrais minéraux de commerce et des déjections animales) employés dans leur agriculture urbaine. En plus elles utilisent des produits non homologués (sans notice). Cette façon de faire expose ces agriculteurs à des problèmes de santé notamment les picotements des yeux et des troubles visuels, des maux de tête et étourdissements, des vertiges et des problèmes dermatologiques tels que des démangeaisons (Boko *et al.*, 2015) et expose aussi les eaux de surface du Barrage de Koko à des pollutions chimiques et biologiques. Les pesticides (herbicides, fongicides, insecticides) détruisent certains organismes vivants tels que les vers de terre, les escargots et des insectes. Malgré cela, cette agriculture se pérennise et offre des emplois et des revenus financiers à tous ses acteurs (cultivateurs, vendeurs ou vendeuses de produits phytosanitaires et de semences agricoles et commerçants ou commerçantes) et des aliments à la population concernée.

En définitive, l'agriculture urbaine du barrage de Koko notamment la production des cultures maraîchères a d'une part, un impact positif au plan social et économique car elle procure de la nourriture à la population contribuant ainsi à lutter contre la sécurité alimentaire et des revenus financiers à ces acteurs, et a d'autres parts, un impact négatif sur la santé des cultivateurs et sur l'environnement en particulier sur la pollution des eaux du lac de Koko et la destruction d'organismes vivants tels que les vers de terre et les escargots.

### 5. Conclusion générale

La qualité de l'eau du lac du barrage de Koko de Korhogo est en générale acceptable. Sur les dix-sept (17) paramètres physico-chimiques étudiés, seulement trois ont une concentration très élevée par rapport aux concentrations maximales acceptables (CMA) des normes et recommandations des eaux brutes de lac du Canada. En effet, en période sèche et en début de saison pluvieuse, les concentrations des paramètres physico-chimiques sont au-dessous des CMA. En saison pluvieuse notamment en période de crue (Août 2017) seulement les concentrations de nitrites, de fer et de plomb sont très élevées par rapport aux CMA.

Quant aux pesticides, ils sont presque absents dans le prélèvement de l'eau du lac en saison sèche et en début de saison pluvieuse. Par contre en période de crue, en saison pluvieuse, ils sont très élevés soit cinq (5) fois supérieur à la norme.

En revanche, l'eau du lac héberge une communauté de microorganismes vivants (coliformes totaux et thermo tolérants) importante en toute saison même si leur nombre diminue un peu en période de crue en saison pluvieuse. Cela est dû à l'érosion des excréments d'animaux utilisés comme intrants et les déjections de troupeaux de bœuf et de mouton dans l'eau du lac lors de leur breuvage.

Dans tous les cas de la saison pluvieuse, l'érosion des sols agricoles est à l'origine de la pollution des eaux du lac du barrage de Koko parce que les agriculteurs urbains utilisent des intrants chimiques et biologiques qui contaminent les sols agricoles urbains.

Cette agriculture urbaine alimente la ville de Korhogo et ses régions ainsi que la ville d'Abidjan et offre de l'emploi et des services aux citoyens de Korhogo. C'est pourquoi cette

agriculture se pérennise et menace en partie la qualité de l'eau du lac du barrage de Koko.

### 6. Références

1. Andon, N.S. Quelles sont les données, les informations et les traitements pertinents pour la gestion durable de l'eau : exemple de cas en Afrique de l'ouest ? UQAM, Montréal, Canada, 2007, p.64.
2. Bastin Stéphane et Audrey Fromageot, «Le maraîchage : révélateur du dynamisme des campagnes Sahélo-Soudaniennes». Belgeo, Revue Belge de géographie. Changes in West African territories, 2007, p.415-428.
3. BDSP. Qualité de l'eau. Tome 1 : Réglementation, Terminologie, Contrôle qualité, Analyseurs. 6<sup>e</sup> édition, Paris : AFNOR (éditeur), collection Recueil normes et réglementation environnement, 621 p., réf 2p, ISBN 2-12-179061-6, 2001, France.
4. Boko N.A.N.K, Koné B., Kouakou E, M'Bra R. Koffi M., Cissé G. et Soro N. J'utilise poison et engrais pour traiter les cultures : étude de la perception des risques liés à l'utilisation des produits phytosanitaires à Korhogo. Centre Suisse de recherches scientifiques, Rapport 2014-2015, p.118, 2015
5. Coulibaly Valério. Utilisation des pesticides dans le maraîchage : un danger pour l'environnement et la santé publique, 2015. [En ligne] URL : <https://cajeburkina.wordpress.com/2015/05/03/utilisation-des-pesticides-dans-le-maraichage-un-danger-pour-lenvironnement-et-la-sante-publique/>, Consulté le 29/06/2017
6. Dauvergne Sarah. Dynamique des agricultures périurbaines en Afrique Sub-Saharienne et statuts fonciers le cas des villes d'Accra et Yaoundé. Emilie COUDEL, Hubert Devautour, Christophe-Toussaint SOULARD, Bernard Hubert. ISDA 2010, Jun, Montpellier, France. Cirad-Inra-SupAgro, 12 p. <hal-00539873>, 2010
7. Desjardins Raymond, Le traitement des eaux, 2<sup>e</sup> édition revue et améliorée, Édition de l'École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada, 1997, p.304
8. FAO et CME, En 2050, la disponibilité en eau diminuera dans certaines parties du Monde, 2015. Consulté le 4/15/2015 sur le site : <http://news.abidjan.net/h/549159.html>
9. JAMET Paul, «Les polluants agricoles de l'eau : les produits phytosanitaires», pp. 125-142. In : GROSCLAUDE Gérard, L'eau : usages et polluants, Tome II, INRA, Paris, 1999, p. 210.
10. Olanrewaju B. Smith, Paule Moustier, Luc J.A. Mougeot et Abdou Fall, Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone : Enjeux, concepts et méthodes. Éditeurs, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement ; Centre de recherches pour le développement international : Ottawa Dakar Le Caire Montevideo Nairobi New Delhi Singapour. 2004, p. 145
11. ONU. Les eaux usées une ressource inexploitée. Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau, 2017, p. 203. Consulté le 20 juin 2017 [<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247551f.pdf>]

12. Simon Jean-Claude, «La pollution nitrique des eaux», pp. 95-115. In : GROSCLAUDE Gérard, L'eau : usages et polluants, Tome II, INRA, Paris, 1999, p. 210.
13. Wade, Cheikh Sadibou. L'Utilisation des pesticides dans l'agriculture périurbaine et son impact sur l'environnement. Thèse de Doctorat, No 66. Département de Pharmacie. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 2003, p. 59
14. Jourda Jean Patrice, Mahaman Bachir SALEY, Éric Valère Djagoua, Kan Jean KOUAMÉ, Jean BIÉMI et Moumtaz Razack, Utilisation des données ETM+ de Landsat et d'un sig pour l'évaluation du potentiel en eau souterraine dans le milieu fissuré précambrien de la région de Korhogo (nord de la côte d'ivoire) : approche par analyse multicritère et test de validation, In *Téledétection*, Vol. 5, n°4, 2006, pp. 339-357 [En ligne] [https://www.researchgate.net/publication/242482166\\_](https://www.researchgate.net/publication/242482166_) [Consulté le 22 Juin 2017]