

Impacts De La Pollution Du Lac Dans La Zone Du Technopole De Pikine Sur Le Risque De Disparition Des Espèces Aquatiques

Mouhamadou Thierno Gueye¹, Dame Bop², Aissatou Ndoeye³, Sabrina Sorlini⁴

¹Université Cheikh Anta Diop de Dakar
Faculté des Sciences et Techniques, Département de Chimie
Sénégal

²Université Cheikh Anta Diop de Dakar
Faculté des Sciences et Techniques, Département de Chimie
Sénégal

³Office Nationale de l'Assainissement du Sénégal
Laboratoire de décharge et de contrôle
Sénégal

⁴Université degli studi di Brescia
Laboratoire de recherche sur les technologies appropriées pour la gestion de l'environnement dans les pays à
ressources limitées
Italie



Résumé— Notre travail a pour but d'étudier les impacts de la pollution du lac dans la zone du Technopole sur le risque de disparition des espèces aquatiques. Les résultats de cette étude ont montré que certaines zones du lac ne satisfaisaient pas aux directives internationales pour l'aquaculture. Ainsi, les zones sud et nord proches des environnements respectifs de la station d'épuration et du canal provenant de Dalifort représentent les zones les plus polluées du lac. C'est pourquoi dans la partie sud du lac, il n'existe pas de poissons à pêcher ni d'autres animaux aquatiques. En effet, la concentration en DCO est de 1789 mg/L dans la partie nord du lac et celle de la MES est de 85,9 mg/L, donc très élevées, pourraient diminuer la valeur de l'oxygène dissous sans compter l'eutrophisation due à la présence excessive des nitrates soit 67,58 mg/L en moyenne alors qu'elle ne devrait dépasser 10 mg/L. Or, associés aux phosphates, les nitrates favorisent aussi la croissance parfois exagérée de la flore aquatique, pouvant ainsi entraîner une eutrophisation des fleuves et des lacs. En outre, la valeur mesurée de la salinité est très élevée au niveau du lac avec une valeur moyenne de 21 g/L, ce qui perturberait l'écosystème et provoquerait la mort d'une grande variété des espèces aquatiques, animales et végétales. Par conséquent, la sédimentation des solides en suspension dans des clarificateurs ou des bassins de décantation ; le traitement biologique, le plus souvent aérobie, pour réduire la quantité de matière organique soluble (DBO); la chloration des effluents si une décontamination s'avère nécessaire et l'élimination des nutriments biologiques pour réduire les quantités d'azote et de phosphore devraient être effectués pour les risques de disparition des espèces aquatiques dans cette zone du Technopole.

Mots clés : pollution, espèces aquatiques, aquaculture, lac, Technopole

Abstract— Our work aims to study the impacts of lake pollution in the Technopole area on the risk of disappearance of aquatic species. The results of this study showed that some areas of the lake do not meet international guidelines for aquaculture. Thus, the southern and northern areas close to the respective environments of the treatment plant and the canal coming from Dalifort represent the most polluted areas of the lake. That is why in the southern part of the lake there are no fish to catch or other aquatic animals. Indeed, the COD concentration is 1789 mg/L in the northern part of the lake and that of the TSS is 85.9 mg/L, therefore very high, could reduce the

value of dissolved oxygen without counting the eutrophication due to the excessive presence of nitrates, ie 67.58 mg/L on average, whereas it should not exceed 10 mg/L. However, associated with phosphates, nitrates also promote the sometimes exaggerated growth of aquatic flora, which can thus lead to the eutrophication of rivers and lakes. In addition, the measured value of salinity is very high at lake level with an average value of 21g/L, which would disturb the ecosystem and cause the death of a wide variety of aquatic, animal and plant species. Therefore, sedimentation of suspended solids in clarifiers or settling ponds; biological treatment, usually aerobic, to reduce the amount of soluble organic matter (BOD); the chlorination of effluents if decontamination proves necessary and the elimination of biological nutrients to reduce the quantities of nitrogen and phosphorus should be carried out for the risk of the disappearance of aquatic species in this area of the Technopole.

Keywords— pollution, aquatic species, aquaculture, lake, Technopole)

I. INTRODUCTION

L'élevage d'animaux ou de végétaux en milieu aquatique ou aquaculture est bien connu et de longue tradition dans certains pays comme la Chine, le Japon, l'Inde, la Thaïlande. Le Sénégal ne fait pas exception même si l'aquaculture y est pratiquée depuis très longtemps. Ces activités limitées dans l'espace, sont restées à l'état d'exploitations familiales et traditionnelles malgré les potentialités. En effet, les abondantes captures en poisson opérées dans le milieu naturel ont constitué un facteur limitant au développement de l'aquaculture au Sénégal. Un des secteurs les plus dynamiques de l'économie nationale, la pêche, assurait une recette d'exportation de 52 milliards de Francs CFA en 1983 [1], soit 22 % de la valeur totale des exportations du Sénégal. Sur le plan alimentaire, elle permettait une consommation de 24,6 kg de poisson par habitant en 1981 [2]. Face à la diminution de la production de la pêche depuis quelques années, à l'aménagement de certains fleuves et bassins et à l'augmentation de la demande en produits d'origine halieutique, le recours à l'aquaculture pourrait être une solution d'avenir dans le maintien de la production d'une denrée alimentaire importante pour le Sénégal. Selon les experts Denneville et Jamet [3], Virmaux et Couteaux [4]), Perrot [5] ; le développement de l'aquaculture est possible au Sénégal car les potentialités existent.

Le Technopole de Pikine est une zone très propice à l'aquaculture, il engendre un lac qui regorge un potentiel énorme de poissons. En effet, la nappe superficielle, le rejet des eaux usées traitées par la station d'épuration, les canaux d'évacuation des eaux pluviales et stagnantes des quartiers voisins, les eaux pluviales pendant l'hivernage ont renforcé les eaux de la zone inondable qui est devenu un lac. Ainsi, selon Diao [6]; au niveau du Technopôle de Dakar, en banlieue dakaroise, se développe au sein d'un plan d'eau très convoité, la pêche de Tilapia (*Oreochromis niloticus*). La pêche polarise 50 principaux acteurs dont 31 pêcheurs. Cette activité très informelle dont l'estimation du revenu annuel varie entre 2.116.800 et 2.503.200 FCFA par pêcheur et 3.935.400 et 4.284.567 FCFA par commerçante, rivalise avec les spéculations horticoles, bases de l'économie de la zone.

Cependant, les cycles hydrologiques, biologiques et chimiques dans les écosystèmes sont extrêmement complexes. Bien que l'eau douce et les aliments soient les composants essentiels de ces systèmes [7], [8] et [9], ils peuvent devenir non équilibrés en raison des activités humaines. Parmi ces activités on peut citer: -le développement urbain et rural, ayant pour résultat un écoulement d'eau usée plus intense qui peut apporter des éléments en suspension; -l'introduction des fertilisants chimiques et des pesticides en agriculture, provoquant la contamination chimique ; -les activités de récréation et du tourisme.

Ces activités influencent la biologie (organismes marins, faune et flore) ainsi que la physico-chimie du système (pH, salinité, matière en suspension, etc...). Les incidences sur l'environnement changent en fonction de la circulation de l'eau de réception. Les pollutions agricoles alors perturberaient la chaîne alimentaire des espèces aquatiques en déséquilibrant la composition en éléments nutritifs des eaux. Dans de tels écosystèmes, les processus biogéochimiques propres aux milieux aquatiques peuvent changer les caractéristiques des contaminants en les rendant plus toxiques aux différents organismes aquatiques [10] et [11]. Ces modifications ont comme conséquence un changement de leur stabilité écologique [12] qui se traduit par des blooms de phytoplancton [13] et des crises anoxiques [14] qui pourraient dégrader leur biodiversité.

Ainsi, la forte concentration de la population dans la capitale sénégalaise à Dakar qui représente le quart de la population nationale [15] engendre des rejets importants d'eaux usées, d'excréta [16], de déchets solides [17] dans des zones sensibles à la pollution des zones humides de la région [18]. Par ailleurs, la zone de la Technopole est une zone très propice à l'agriculture [19], par conséquent les eaux traitées par la station d'épuration sont réutilisées par les agriculteurs pour cultiver toutes sortes de

produits agricoles. Ainsi, l'occupation de la zone par les agriculteurs utilisant les engrais chimiques et naturels, les pesticides [20] sans respecter les normes, la grande quantité des eaux usées reçues par la station d'épuration qui dépasse ses capacités de traitement, les canaux clandestins raccordés directement dans le lac semblent influencer sa qualité. Cette zone qui abrite le lac où sont pêchés des poissons subissent une forte agression anthropique liée aux importantes activités telles que le maraîchage et le rejet des eaux usées. Par conséquent, il devient un dépotoir de déchets générés par l'homme pouvant impacter négativement le développement des poissons. Ces problèmes de la pollution du lac a fait l'objet de nos analyses pour évaluer son niveau de contamination et les risques de disparition des espèces aquatiques dans cette zone du Technopole.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. La zone d'étude

L'étude porte sur le Technopole, une zone localisée dans la grande Niaye du département de Pikine à Dakar. Niaye est un terme local utilisé pour désigner les dépressions inter-dunes où des pratiques agricoles sont développées [21]. C'est une zone humide qui abrite une diversité de ressources naturelles. Elle présente des valeurs sociales, économiques, culturelles, esthétiques, récréatives et éducatives [19]. Sa végétation est dominée par les plantes aquatiques avec une importante prolifération de Typha et de roseaux. La zone des Niayes au Sénégal est située le long du littoral Nord, de Dakar à Saint-Louis sur une bande côtière de 10 à 15 km de large et 180 km de long, c'est une dépression géologique avec un niveau élevé de la nappe phréatique qui traverse la région de Dakar [22]. Les Niayes sont nombreuses dans la région de Dakar, celle de Pikine, le Technopole, est la plus importante et se situe en plein cœur de l'agglomération urbaine. Les sols des Niayes de Pikine sont par excellence, des sols de cultures maraîchères car ce sont des sols à hydromorphie partielle [23]. Le Technopole constitue la plus grande partie des Niayes de Dakar. Il est entouré par six communes. Il s'agit de Pikine Nord, Sam Notare, Pikine Ouest, Golfe Sud, Patte d'Oie, et Dalifort (Fig.1).



Fig.1 : Localisation de la zone d'étude du Technopole à Dakar

Le Technopole est considéré comme l'une des rares zones humides de Dakar où se reproduisent des espèces animales rares. **La pêche et surtout le maraîchage** est la principale activité de la zone du fait qu'il se pratique durant toute l'année (Fig.2). Il bénéficie de conditions climatiques, hydrologiques et pédologiques favorables. Il occupe la majeure partie de la population et reste la première source de revenu. Il implique aussi bien les hommes, les femmes, les jeunes et les vieux encore en activité.



Fig.2 : Activités de pêche et agricole dans la zone du Technopole

2.2. Échantillonnage

Notre travail s'est basé d'abord sur une enquête qui a été menée durant le mois de septembre 2017 dans la zone. Pendant cette période, des informations ont été collectées sur l'ensemble des activités de la zone. Les agriculteurs et les pêcheurs ont été interrogés sur leurs différentes activités dans la zone : la nature et la qualité de l'eau utilisée (nappe phréatique, lac et eaux usées traitées), type d'engrais chimique (pesticide par exemple) ou naturel (fumier de vache, de volaille...) utilisé, les produits agricoles récoltés et les poissons pêchés. Toutes les informations recueillies et constatés pendant nos enquêtes nous ont poussés à faire le choix de ces sites de prélèvements. Au total nous avons choisi dix (10) sites de prélèvement sur le lac (Fig.3).

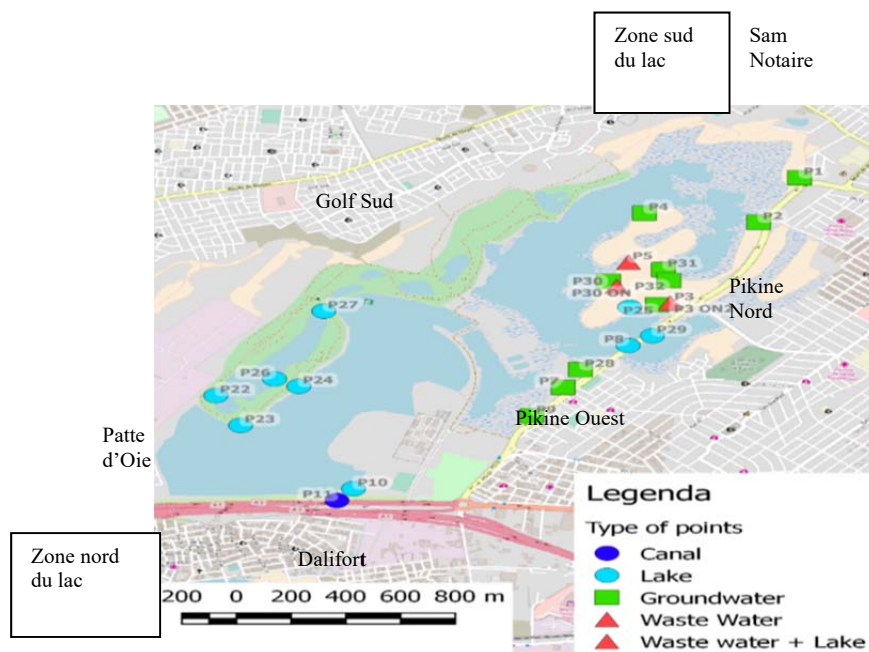


Fig.3: Type et position des points d'échantillonnage dans la zone du Technopole

Certains points ont été choisis sur la partie du lac plus ou moins polluée où on trouvait beaucoup de poissons (P₈, P₂₂, P₂₆ et P₂₇) et d'autres sur la partie du lac polluée où on a constaté l'absence de poissons (P₁₀, P₂₃, P₂₄, P₂₉). P₁₁ représente un site pris au niveau du canal raccordé au lac. Ce canal permet de drainer les eaux usées ménagères et les eaux de pluie des quartiers voisins (Dalifort) directement vers le lac.

Ainsi, le pH et la température ont été mesurés par l'appareil pH 340i / SET. La conductivité et le taux de solide dissous TDS ont été mesurés par l'appareil COND 70. D'après nos résultats on a la relation suivante : $CE=1.4 \times TDS$. L'oxygène dissous a été mesuré par oxi 3310 IDS Set 1. Les analyses des paramètres (DCO, DBO, nitrates, nitrites) ont été effectuées par l'appareil HACH DR/4000v du Spectrophotomètre du laboratoire de l'Office National de l'Assainissement du Sénégal (ONAS). Les mesures de l'azote Kjeldahl et le phosphore total ont aussi été faites au laboratoire de l'ONAS. Le GPS portable garmin etrex 30 a été utilisé pour faire la géolocalisation.

III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

Les résultats des mesures sont obtenus par la moyenne de cinq mesures pour chacune des paramètres correspondant. Les résultats des analyses des paramètres mesurés in situ (conductivité, pH, température, total des solides dissous TDS, oxygène dissous, salinité) sont dans le Tab.1 et ceux des analyses chimiques et microbiologiques (DCO, DBO, nitrates, nitrites, e. coli...) sont dans le Tab.2.

TABLEAU I: RESULTATS DES MESURES IN SITU DANS LE LAC

Prélèvement	pH	Cond (mS/cm)	TDS (g/L)	O.D (mg/L)	t°(c)	Salinité (mg/L)	Utilisation
P ₆	7,6	6,9	4,9	1,9	30	2,3	Agriculture
P ₈	8	7,2	5,2	5,4	31,8	2,5	Pêche
P ₁₀	8,8	50	38,4	3,9	31,7	28,5	Pêche
P ₁₁	8,9	50,1	38,1	6,3	32,1	27,8	Collecter la pluie et les eaux usées
P ₂₂	8,6	47,9	34	6,8	29,2	26,2	Pêche
P ₂₃	8,8	52,3	37,2	2,3	29,8	27,7	Pêche
P ₂₄	8,9	52,7	37,4	10,1	30	28	Pêche
P ₂₆	8,6	51	36	7,3	30,3	26,4	Pêche
P ₂₇	8,6	50,6	35,9	6,2	32,5	27,5	Pêche
P ₂₉	7,4	3,9	2,8	7,5	31,6	1,2	Agriculture
Moyenne	8,4	37,2	27	5,7	31	21	

TABLEAU II: RESULTATS DES PARAMETRES CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES DU LAC

Prélèvement	MES (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	E. Coli (U/100ml)	Enterro (U/100ml)	Colichro m (U/100ml)
P ₆	108	95	264	30	0,6	13000	6900	6300
P ₁₀	160	58	1789	9	0,01	0	4000	1600
P ₁₁	102	48	1155	8	0,03	0	24000	4000
P ₂₂	33	13	970	8	0,01	0	8000	16800
P ₂₃	118	60	855	12	0,03	0	4000	6000
P ₂₄	100	73	1065	7	0,03	0	8400	3600
P ₂₆	31	8	450	7	0,01	0	640	760
P ₂₉	35	35	66	7	0,13	5000	7440	1500
Moyenne	85,9	48,7	826,7	11	0,1	2250	7922	5070

Le Tab.3 présente les valeurs guides relatives aux effluents dans cette branche d'activité. Ces valeurs indiquées correspondent aux bonnes pratiques internationales dans ce domaine, basées sur des normes appliquées par des pays reconnus pour leur cadre réglementaire pertinent et reconnu [24]

TABLEAU III : NIVEAUX DES EFFLUENTS-AQUACULTURE

Polluant	Unité	Valeur donnée dans les directives
pH	pH	6 – 9
DBO5 (= après 5 jours)	mg/L	50
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/L	250
Azote total	mg/L	10
Phosphore total	mg/L	2
Huiles et graisses	mg/L	10
Total solides en suspension	mg/L	50
Total bactéries coliformes	U/100m L	400

3.2. Discussion

Le pH

Le pH d'une eau indique son degré d'acidité ou d'alcalinité [25]. Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9 [26]. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH dépend de l'équilibre calco-carbonique :



Dans certains points constitués généralement par le lac, le pH est basique car supérieur à 8 (P₁₀, P₁₁, P₂₂, P₂₃, P₂₄, P₂₆, P₂₇). L'environnement basique du lac peut être expliqué par le fait que le canal raccordé au lac fait parvenir les eaux de pluie stagnante et les eaux usées grises en particulier des quartiers voisins. Ces eaux sont en général constituées de savon, de détergents, de matières dissoutes organiques ou minérales, des graisses [27] qui contribuent à augmenter le pH. Globalement, le pH du lac est basique avec une valeur moyenne de 8,4. En outre, l'utilisation d'engrais contenant de l'ammoniaque ou de l'ammonium dans les bassins où le pH de l'eau est égal ou supérieur à 8 entrainerait la formation d'ammonium non ionisé (NH₃), substance très toxique [28].

Conductivité, solide total dissous TDS, salinité

Dans les cours d'eau et les lacs, la conductivité est affectée par divers facteurs tels que le type de sol, la roche mère et la présence de solides inorganiques dissous. Les eaux usées pourraient augmenter la conductivité en raison de la présence de chlorure, de phosphate et de nitrate [29]. La conductivité est sensible aux variations des solides dissous principalement des sels minéraux.

La valeur mesurée de la conductivité est très élevée au niveau du lac, la valeur moyenne est de 37,3mS/cm. Par ailleurs, le Tab.4 montre que la conductivité varie aussi en fonction de la salinité [30]. Le niveau de pH aussi varie avec la salinité car certains ions sont impliqués dans les réactions acide-base et, en raison de la concentration en sel, influe sur diverses constantes d'équilibre. Dans les eaux naturelles, le pH augmente avec l'augmentation de la salinité.

TABLEAU IV : VALEURS COMPARATIVES DE LA CONDUCTIVITE ET DE LA SALINITE DU LAC

Lac	P ₂₉	P ₆	P ₈	P ₂₂	P ₁₀	P ₂₇	P ₁₁	P ₂₆	P ₂₃	P ₂₄
Conductivité (mS/cm)	3,9	6,9	7,2	47,9	50	50,6	50,1	51	52,3	52,7
Salinité (g/L)	1,2	2,3	2,5	26,2	28,5	27,5	27,8	26,4	27,7	28

Ainsi, le lac est globalement très salé avec une concentration moyenne de 21g/L. En effet, le canal raccordé au lac pour combattre les inondations des quartiers voisins et collecté les eaux grises, contribue plus à augmenter la salinité du lac. En outre, la salinité perturberait l'écosystème et provoquerait la mort d'une grande variété des espèces aquatiques animale et végétale. En effet, les eaux fortement salines altèrent les cycles géochimiques avec d'autres éléments majeurs tels que le carbone, l'azote, le phosphore, le soufre, la silice et le fer [31], avec une incidence globale sur les écosystèmes. La salinisation peut affecter le biote d'eau douce à trois niveaux : i) des changements au sein des espèces ; ii) des changements dans la composition de la communauté, et iii) éventuellement la perte de la biodiversité et la migration. En général, lorsque les concentrations de salinité augmentent, on observe un recul de la biodiversité (y compris des microorganismes, des algues, des plantes et des animaux) [32]. Pendant l'hivernage qui dure trois mois au Sénégal, le lac devient moins salé par dilution de la pluie.

Oxygène dissous

L'oxygène est essentiel à toutes les formes de vie aquatique, y compris les organismes responsables des processus d'autoépuration dans les eaux naturelles. La teneur en oxygène des eaux naturelles varie avec la température, la salinité, la turbulence, l'activité photosynthétique des algues et des plantes, et la pression atmosphérique [33].

Le lac, dans ses points (P₂₂, P₂₃, P₂₄, P₂₆) est très salé mais contient de l'oxygène dissous en quantité suffisante, c'est la partie la plus proliférique en poissons (P₂₂ et P₂₆). L'oxygène dissous est au-dessus de la limite souhaitable qui est de 3 mg/L, ce qui signifie qu'il n'y a pas de risque pour de nombreuses formes de vie. Cependant dans la zone (P₂₃, P₂₄), la présence excessive d'algues peut justifier la concentration élevée en oxygène par le phénomène de la photosynthèse, mais cette partie ne contient pas de poissons.

Les matières en suspension (MES)

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques ou minérales, non dissoute de la pollution [26]. Ce sont des particules de matière organique ou minérale, non décantées et qui restent donc en suspension dans l'effluent. La valeur limite selon les directives pour l'aquaculture concernant les matières en suspensions totales est de 50mg/L alors que la valeur moyenne de matières en suspension dans le lac est de 85,9 mg/L. Cependant, ces teneurs élevées peuvent empêcher la pénétration des rayons solaires, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique; l'asphyxie des poissons par colmatage des branchies.

Demandes biologique et chimique en oxygène (DBO₅ et DCO)

La demande biologique en oxygène DBO₅ est la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation des matières organiques biodégradable (en générale inférieur à la valeur de la DCO). C'est une mesure de la pollution organique de l'eau qui peut être dégradée biologiquement [34]. La teneur en matières organiques biodégradables est déterminée indirectement par la mesure de la quantité d'oxygène consommée, à 20°C et à l'obscurité, par les bactéries aérobies de l'échantillon. Dans un milieu nettement pollué, de faibles valeurs de DBO₅ peuvent être liées à la présence d'éléments toxiques inhibiteurs. Sa valeur limite est de 50 mg/L.

Au niveau du lac, la DBO₅ se situe entre 8 mg/L (P₂₆) et 95 mg/L (P₆). Le point P₆ du lac se situe aux environs de la station de traitement des eaux usées qui représente la zone la plus polluée du Technopole.

La demande chimique en oxygène (DCO) est une mesure de l'équivalent en oxygène de la matière organique dans un échantillon d'eau susceptible d'être oxydé par un oxydant chimique puissant, tels que le dichromate de potassium [K₂Cr₂O₇] ou le permanganate de potassium [KMnO₄] [35]. Sa valeur limite est de 250 mg/L pour les eaux destinées à l'aquaculture.

Ainsi, dans le lac, la DCO se situe entre 66 mg/L (P₂₆) et 1789 mg/L (P₁₀) avec une valeur moyenne de 826,7 mg/L. Le point P₁₀ du lac se situe aux environs du point P₁₁ canal drainant les eaux usées ménagères et les eaux de pluie des quartiers voisins (Dalifort). Cependant, les valeurs trop élevées de la DCO pourraient diminuer la valeur de l'oxygène dissous par oxydation des matières organiques présentes dans le lac.

Paramètres microbiologiques

Les bactéries indicatrices fécales (FIB) telles qu'Escherichia coli (E. coli) [36] sont l'un des paramètres de pollution affectant plus la qualité de l'eau du lac. La présence d'E. coli dans de l'eau indique une contamination récente par des matières fécales, et peut indiquer la présence possible de pathogènes responsables de maladies comme des bactéries, des virus et des parasites.

La concentration d'E. coli la plus élevée dans le lac est trouvée au point P₆ (13000 unités) situé dans la zone environnante de la station, de même que P₂₉ (5000 unités), ce qui représente un risque de contamination pour les pêcheurs. En effet, le fumier d'animaux utilisé, l'épandage de la boue de vidange, le mélange d'eau du lac avec l'eau traitée contenant plusieurs quantités de paramètres microbiologiques, les ruissèlements des eaux de pluie pendant l'hivernage font que le lac aux environs de la station reste très pollué (P₆ et P₂₉). C'est uniquement dans ces deux points situés au niveau du lac qu'on a trouvé des contaminations par les E. coli, pour le reste du lac les Escherichia coli sont absents. Le lac dans sa partie sud qui n'est pas en contact avec les eaux usées de la station de traitement et dont le maraichage est moins dense n'est pas contaminé par les E. coli. Les eaux qui peuvent ruisseler et se versaient dans le lac sont généralement les eaux grises provenant des maisons. Les eaux grises font références aux eaux usées domestiques, sans la partie provenant des toilettes. Il représente 50 à 80% du total des eaux usées domestiques et ses caractéristiques quantitatives et qualitatives sont directement liées au mode de vie de la famille qui vit dans la maison et à sa situation géographique [37]. En dépit de cela, l'eau grise est caractérisée par la présence de micro-organismes pathogènes. Ceux-ci ont une origine fécale et proviennent généralement du lavage des mains, du lavage des enfants après la défécation ou des changements de couches. D'autres pathogènes peuvent résulter du lavage des légumes et de la viande. Mais la faible quantité d'agents pathogènes qui s'y trouve par rapport à la quantité d'eau du lac fait que cette dilution peut diminuer considérablement les concentrations en E. coli.

Azote total Kjeldahl et phosphore total

Concernant ces deux paramètres, deux sites particuliers ont été choisis pour faire les mesures. Le principe de la méthode de Kjeldahl est de convertir l'azote organique en azote ammoniacal et le phosphore organique en orthophosphates, par digestion à l'acide sulfurique auquel on ajoute du sulfate de potassium pour élever le point d'ébullition à 345-370 °C. Après digestion et dilution, la solution est neutralisée à l'aide de soude. Cette méthode consiste à déterminer la teneur en composés non oxydés de l'azote (principalement azote organique et azote ammoniacal) d'un échantillon, déterminée dans les conditions définies par la méthode Kjeldahl (Tab.5).

TABEAU V: RESULTATS DES MESURES SUR L'AZOTE ET LE PHOSPHORE DANS LE LAC

Prélèvement	Volume (NAOH)	Volume (NT)mL	Volume (PT)mL	Lecture (NT)	Lecture (PT)	(NKT) mg/L/N	(PT) mg/L/P
P₁₀	4ml	10	40	1,455	0,23	84,39	6,67
P₁₁ canal	4,8ml	10	40	0,852	0,04	50,78	1,19
Moyenne	-	-	-	-	-	67,58	3,93

Selon les directives des eaux pour l'aquaculture, la valeur limite est de 10 mg/L pour l'azote total et 2 mg/L pour le phosphore total. Or, nous constatons des teneurs très élevées en azote et phosphore avec des valeurs moyennes de 67,58 mg/L et 3,93 mg/L

respectivement. En effet, la présence de quantité importante d'azote dans le lac et le canal se justifie par la décomposition de la matière organique. La surexploitation de la zone par les agriculteurs, des déchets d'animaux organiques comme source de nutriments pour les cultures peuvent contaminer le sol, les eaux de surface et même souterraines [38]. Le lac dans sa globalité est presque ceinturé de champs de maraichage. Par conséquent le ruissellement des eaux de pluies et d'arrosage est favorable à la contamination du lac par l'azote et le phosphore des déchets organiques en excès qui n'ont pas été absorbé par les plantes ni adsorbé par le sol. Concernant le phosphore, ce sont surtout les apports ponctuels d'eaux usées urbaines qui sont responsables de la plus grande partie des apports de phosphore aux eaux de surface. Ils résultent de l'accroissement de la collecte centralisée des eaux usées et de leur rejet, sans traitement suffisant, dans le milieu naturel [39]. Dans le sol, les engrais azotés inorganiques et les déchets contenant de l'azote organique sont d'abord décomposés en ammoniac, qui est ensuite oxydé en nitrite et en nitrates. Les nitrates sont absorbés par les plantes lors de leur croissance et utilisés dans la synthèse de composés azotés organiques. Les nitrates en excès sont rapidement entraînés par les eaux souterraines [40] et [41]. Les eaux de surface peuvent aussi être le siège d'une nitrification ou d'une dénitrification, selon la température et le pH. Toutefois, la réduction de la teneur en nitrates dans les eaux de surface est due principalement à leur absorption par les plantes.

Cependant, les nitrates sont utilisés comme indicateur de pollution. Ils jouent le rôle de fertilisant pour les plantes qui assimilent l'azote sous la forme NO_3^- . L'azote, cependant, stimule la croissance indésirable d'algues sur les sols cultivés. Associés aux phosphates, les nitrates favorisent la croissance parfois exagérée de la flore aquatique, pouvant ainsi entraîner une eutrophisation des fleuves et des lacs. Nitrates, nitrites et phosphates sont les éléments nourriciers des algues perturbant indirectement la présence d'oxygène qui est consommée par ces derniers. Les nitrites par leur forme réduite sont plus dangereux que les nitrates.

IV. CONCLUSION

Au terme de ce travail, une évaluation de la qualité de l'eau du lac dans la zone du Technopole a été réalisé afin d'étudier le risque de disparition des espèces aquatiques. Les résultats de cette étude ont montré que certaines zones du lac ne satisfaisaient pas aux directives internationales pour l'aquaculture. Le lessivage des engrais chimiques, les fumiers d'animaux et de volailles, la boue, ont contaminé le lac par les *Escherichia coli*, les nitrates, l'azote total et de la matière organique. Aussi, les zones sud et nord proches des environnements respectifs de la station d'épuration et du canal provenant de Dalifort représentent les zones les plus polluées du lac. C'est pourquoi dans la partie sud du lac, il n'existe pas de poissons à pêcher ni d'autres animaux aquatiques. Les valeurs trop élevées de la DCO dans la partie nord du lac et de la MES pourraient diminuer la valeur de l'oxygène dissous sans compter l'eutrophisation due à la présence excessive des nitrates. Or, associés aux phosphates, les nitrates favorisent la croissance parfois exagérée de la flore aquatique, pouvant ainsi entraîner une eutrophisation des fleuves et des lacs. En outre, la valeur mesurée de la salinité est très élevée au niveau du lac avec une valeur moyenne de 21g/L, ce qui perturberait l'écosystème et provoquerait la mort d'une grande variété des espèces aquatiques, animales et végétales. Cependant, la sédimentation des solides en suspension dans des clarificateurs ou des bassins de décantation ; le traitement biologique, le plus souvent aérobie, pour réduire la quantité de matière organique soluble (DBO); la chloration des effluents si une décontamination s'avère nécessaire et l'élimination des nutriments biologiques pour réduire les quantités d'azote et de phosphore devraient être gérés soigneusement, surveillés et contrôlés par des spécialistes, afin de vérifier les risques de disparition des espèces aquatiques dans cette zone du Technopole.

V. REMERCIEMENTS

Je remercie vivement pour le soutien du laboratoire de recherche sur les technologies appropriées pour la gestion de l'environnement dans les pays à revenu faible et intermédiaire (CeTAmb) de l'université de Brescia, l'Office Nationale de l'Assainissement du Sénégal (ONAS) et avec la collaboration de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

REFERENCES

- [1] SENEGAL/DIRECTION DE LA STATISTIQUE. La pêche in : "La situation économique du Sénégal en 1984", n.250-260.
- [2] Kebe M. L'approvisionnement en poisson de la région du Cap-Vert (Sénégal). Communication à la consultation F.A.O. des experts sur la technologie du poisson tenue à Casablanca (MAROC) du 7 au 12 Juin 1982, IN DOC. Scientifique CRODT, n084.
- [3] Denneville J. et Jamet J. Sénégal : Bilan Programme du secteur de la pêche continentale. O.C.D.E.-CILSS-CLUB du SM1EL, Avril, 1982, 124p.

- [4] Virmaux J. F. et Couteaux C. B. Etude d'un test préalable au développement de l'aquaculture des crevettes en Basse-Casamance -Sénégal, M.D.P. (Sénégal) - M.C.D. (France), Avril-Mai 1981; 12Op.
- [5] Perrot J. Rapport de mission effectuée au Sénégal sur les possibilités d'implantation d'aquaculture du 16 Oct. au 1er Nov. 1980. M.D.R. (Sénégal) - M.C.D. (France). 1980.
- [6] Diao Boubacar. Caractérisation de l'activité de pêche de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) dans la Grande «Niaye» de Pikine : Cas du Technopôle de Dakar, Mém. de fin d'études : Eaux et Forêts : ISFAR ex ENCR de Bambey : 2013, 76 p.
- [7] Hobbie, J. E., B. J. Copeland, and W. G. Harrison. Nutrients in the Pamlico River estuary, N.C., 1969-1971. North Carolina Water Resources Research Institute. Report no. 76., 1972, Raleigh. 242 p
- [8] Miller, J. M. Effects of freshwater discharges into primary nursery areas for juvenile fish and shellfish: criteria for their protection. In: W. Gilliam, J. Miller, L. Pietrafesa, and W. Skaggs, Water Management and Estuarine Nurseries. UNC Sea Grant Publication no. UNC-SG- WP-85-2. 1985, pp. 62-84.
- [9] Pate, P. P., and R. Jones. Effects of upland drainage of estuarine nursery areas of Pamlico Sound, North Carolina. Working paper no. 81-10. UNC Sea Grant, 1982, Raleigh. 25 p.
- [10] Kjerfve B. Coastal Lagoon Processes. Elsevier Oceanographic Series 60. Elsevier, New York. 1994.
- [11] Kjerfve B., Magill K E. Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. *Marine Geology*, 1989, 88 (3-4), p. 187-199.
- [12] Soto-Jiménez M. F., Pérez-Osuna F. Distribution and normalization of Heavy metal Sotoconcentrations in mangrove and lagoonal sediments from Mazatlán Harbor (SE Gulf of California). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2001, 53 (3), p. 259-274.
- [13] Pagès J., Andrefouet S., Delesalle B., Prasil V. Hydrology and trophic state in Takapoto Atoll lagoon: comparison with other Tuamotou lagoons. *Aquat. Living Resources*, 2001, 14, p. 183-193.
- [14] Chapelle A., Lazure P., Souchu P. Modélisation numérique des crises anoxiques (malaigues) dans la lagune de Thau (France). *Oceanologica Acta*, 2001, 24, p.87-97.
- [15] Agence National de la Statistique et de la Démographie (ANDS). Situation économique et sociale de la région de Dakar de l'année 2007, 2008, 163 p.
- [16] N'diaye, A. A. Caractérisation des boues de vidange et performance de la dépositrice de Cambéréne. Mémoire de fin d'études, EIER/2iE Dernière Promotion. 2007.
- [17] Diawara, A. B. Les déchets solides à Dakar. Environnement, sociétés et gestion urbaine. Géographie. Thèse de doctorat de l'université Michel de Montaigne-Bordeaux III. Français. 2009.
- [18] Agence National de la Statistique et de la Démographie (ANDS). Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'agriculture et de l'élevage. Rapport définitive de l'année 2013, 20014.
- [19] Badiane, S. D., Diouf, E., M'baye, E. Le Technopôle de Dakar, une zone humide dans l'agglomération dakaroise. Perception et perspectives de valorization. Département de géographie, UCAD- Dakar, Section de géographie, UGB-Saint-Louis. 2017.
- [20] Diop, A., Diop, Y. M., Thiaréd, D. D., Caziere, F., Sarr, S., Kasprowiak, A., Landy, D. et Delattre, F. Monitoring survey of the use pattern sand pesticide residues on vegetables in the Niayes zone, Senegal. *Elsevier, Chemosphere*, 2016, 144, 1715–1721.
- [21] Faye, S. C., Faye, S., Wohnlich, S. & Gaye, C. B. An assessment of the risk associated with urban development in the Thiaroye area (Senegal), 2003. *Environmental Geology*, 45, 312-322.
- [22] Sy, M., Khouma, M., Ndong, M.S.G., Badiane, N. Y., Niang, Y., Diagne, M.O., Dial, M.L., Niang, I. et Diop, O. Renforcer la résilience des systèmes agricoles urbains: Évaluer l'agriculture urbaine et périurbaine à Dakar, Sénégal. [Padgham, J. et J. Jabbour (eds.)]. Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), Nairobi, Kenya. 2014.

- [23] Ndao, M. Dynamiques et gestions environnementales de 1970 à 2010 des zones humides au Sénégal : étude de l'occupation du sol par télédétection des Niayes avec Djiddah Thiaroye Kao (à Dakar), Mboro (à Thiès et Saint-Louis). Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse, France. 2012.
- [24] Société Financière Internationale- Groupe de Banque mondiale, Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires pour l'aquaculture, 30 AVRIL 2007.
- [25] Guettaf, M., Maoui, A., et Ihdene Z. Assessment of water quality: a case study of the Seybouse River (North East of Algeria), Novembre . Appl Water Sci, 2017, 7:295–307, DOI 10.1007/s13201-014-0245-z.
- [26] Said, M. M. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées, par des procédés mixtes. Cas de la STEPT de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie. 2012.
- [27] Akpo Y. Evaluation de la pollution des eaux usées domestiques collectées et traitées à la station d'épuration de Cambéréne (Dakar). Mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales. Université de Dakar, Senegal. 2006.
- [28] WRAC (Western Regional Aquaculture Center)-University of Washington, Seattle. Western Regional Aquaculture Center annual progress report 1999-2000.
- [29] USEPA (United States Environmental Protection Agency). Available online: <http://water.epa.gov/type/rsl/monitoring/vms511.cfm>. Accessed on 17 January 2017.
- [30] Wafa, B. et Amina, M. Mesure de salinité par conductimétrie. Mémoire de projet de fin d'étude, Université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen, Algérie. 2016.
- [31] Herbert E. R., Paul B., Amy J. B., Scott C. N., Rima B. F., Marcelo A., Kristine N. H., Leon P. M. L., Peter G.. A global perspective on wetland salinization: ecological consequences of a growing threat to freshwater wetlands. *Ecosphere*, Volume 6, Issue10, October 2015, Pages 1-43. <https://doi.org/10.1890/ES14-00534.1>.
- [32] Lorenz, F. A new species of *Morum* from the Western Indian Ocean (Gastropoda: arpidae). *Conchylia*, 2014, **44(3-4)**:2-5
- [33] Chapman, D. *Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Cambridge University Press: Cambridge, UK. 1996 [Google Scholar]
- [34] Nagel, B., Dellweg, H., Gierasch, L.M. Glossary for chemists of terms used in biotechnology (IUPAC recommendations 1992). *Pure Appl. Chem.* 1992, 64 (1), 143-168.
- [35] Li, J., Luo, G., He, L., Xu, J. and Lyu, J. Analytical Approaches for Determining Chemical Oxygen Demand in Water Bodies: A Review, *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 2018, 48:1, 47-65, DOI: 10.1080/10408347.2017.1370670. <https://doi.org/10.1080/10408347.2017.1370670>.
- [36] Brendel, C. and Soupir, M. L. Relating Watershed Characteristics to Elevated Stream *Escherichia coli* Levels in Agriculturally Dominated Landscapes: An Iowa Case Study. *Water* 2017, 9, 154; doi:10.3390/w9030154.
- [37] Ameglio E. *Trattamento delle acque grigie mediante impianto pilota di fitodepurazione per applicazione in Ciudad de Guyana, Barrio Moscu', Venezuela (Traitement des eaux grises à l'aide d'une installation pilote de phytodépuration pour application à Ciudad de Guyana, Barrio Moscu ', Venezuela)*. Tesi di Laurea Specialistica, Università Degli Studi di Pavia, Italie. 2011.
- [38] Couto, R. da R., Ferreira, P. A. A., Ceretta, C. A., Lourenzi, C. R., Facco, D. B., Tassinari, A., Piccin, R., De Conti L., Gatiboni, L. C., Schapanski, D., Brunetto, G. Phosphorus fractions in soil with a long history of organic waste and mineral fertilizer addition. *Bragantia* vol.76 no.1 Campinas Jan./Mar. 2017 Epub Jan 30, 2017 <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.006>.
- [39] Jerbi, N. A. G. Eutrophisation et dynamique du phosphore et de l'azote en Seine : un nouveau contexte suite à l'amélioration du traitement des eaux usées. *Biochimie, Biologie Moléculaire*. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2015. Français. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01241278>.

- [40] Van Duijvenbooden W., Matthijsen AJCM. Integrated criteria document nitrate. Bilthoven, Pays-Bas, Institut national de santé publique et de protection de l'environnement (Rapport N° 758473012). 1989.
- [41] United States Environmental Protection Agency : Office of Drinking Water. Estimated national occurrence and exposure to nitrate and nitrite in public drinking water supplies. Washington, DC. 1987.