

Utilisation Des Eaux Usées Traitées Pour L'Irrigation Dans La Zone Humide Du Technopole De Dakar : Un Risque D'Insécurité Alimentaire Des Cultures Maraichères

Mouhamadou Thierno Gueye¹, Dame Bop², Aissatou Ndoye³, 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— La sécurité alimentaire est l'accès physique et économique de tous les êtres humains à une nourriture suffisante, saine et nutritive (OMS/FAO). Cependant, les eaux usées traitées par la station d'épuration dans la zone du Technopole de Dakar et réutilisées pour l'irrigation ont révélé des concentrations de ses paramètres physico-chimiques et microbiologiques qui dépassent largement leurs normes de réutilisation ce qui entraîne un risque d'insécurité alimentaire des cultures maraichères dans cette zone. Ainsi, la teneur de la matière en suspension (MES) dans les eaux traitées est en moyenne 25 fois plus grande que la valeur limite tandis que celles de la demande chimique et biologique en oxygène (DCO et DBO) sont environ 8 et 4 fois plus élevées par rapport aux normes de réutilisation respectivement. De même, la valeur moyenne de l'azote total est très élevée soit 9 fois la valeur limite. En outre, ces eaux traitées restent microbiologiquement très contaminées avec plus de 1000000 U/100mL de coliformes fécaux et de *Escherichia coli* alors qu'elle ne devrait pas dépasser 1000 U/100mL. Par conséquent, une baisse quantitative et qualitative des cultures maraichères a été constatée traduisant à la fois une insécurité alimentaire et un risque sanitaire liés aux agents microbiens. En perspective, la phytoremédiation pourrait améliorer la qualité de ces eaux usées traitées pour l'irrigation.

Mots clés—eaux usées, irrigation, insécurité alimentaire, Technopole

I. INTRODUCTION

Dans les pays en voie de développement, la question de l'assainissement se pose avec beaucoup de problème et une attention particulière doit être portée dans ce sens par les pouvoirs publics. L'assainissement est central dans toute politique pour la gestion

efficace et durable de notre environnement. En effet, les conséquences sanitaires, socioéconomiques et environnementales entraînées par une gestion inefficace ou hasardeuse de l'assainissement ont des coûts extrêmement élevés pour la communauté.

Le Sénégal est un pays d'Afrique subsaharienne confronté à de grandes difficultés pour gérer son environnement, en particulier les eaux usées. En 2015, le Sénégal n'a pas atteint l'objectif de 77% fixé par les objectifs du millénaire pour le développement (OMD) d'améliorer la couverture en assainissement, qui était de 37% au niveau national (ANSD, 2014). La capitale sénégalaise Dakar, en raison de l'exode rural et la croissance de sa démographie rejette de grande quantité d'eaux usées dont la gestion pose des problèmes. La majorité des eaux usées rejetées ne subissent pas de traitement et sont déversées dans la mer, dans les rues ou même parfois dans des zones qui devraient être spécialement protégées telles que les zones humides. La capitale sénégalaise rejette plus de 200 000 m³ d'eaux usées par jour en 2006 (Akpo, 2006). Les écosystèmes humides jouent des fonctions socio-économiques importantes pour le développement de la région de Dakar et de ses habitants. Ainsi, le traitement des eaux usées et leur réutilisation font parties des activités majeures développées dans la zone humide du Technopole dans le département de Pikine à Dakar.

La Technopole a été créée par le gouvernement du Sénégal par la loi n° 96-36 du 31 décembre 1996. C'est une zone dont la vocation est d'accueillir des centres de recherche et d'enseignement ainsi que des entreprises développant l'innovation technologique dans le but de promouvoir entre eux la synergie nécessaire à la création de richesse et d'emploi. C'est une zone très riche en maraichers avec une nappe phréatique qui affleure pratiquement le sol. La forte concentration de la population dans la capitale sénégalaise à Dakar qui représente le quart de la population nationale (ANSD, 2008) engendre des rejets importants d'eaux usées, d'excréta (N'diaye, 2007), de déchets solides (Diawara, 2009) dans des zones sensibles à la pollution. Ainsi pour lutter contre la pollution dans cette zone par les rejets d'eaux usées, une station d'épuration des eaux usées a été installée dans la zone Technopole de Dakar en juin 2008 pour recevoir et traiter les eaux usées des quartiers voisins. La zone du Technopole est une zone très propice à l'agriculture (Badiane et al., 2017), par conséquent les eaux traitées par la station d'épuration sont réutilisées par les maraichers pour cultiver toutes sortes de produits agricoles. Dans la zone humide du Technopole, les eaux usées traitées malgré leur abondance et l'insuffisance du traitement ne sont même pas suffisantes pour le maraichage. En effet, les eaux usées sont utilisées sans précautions de sécurité nécessaires, les polluants microbiologiques et chimiques peuvent s'accumuler dans les cultures, les produits de l'élevage, le sol ou les ressources en eau, et avoir de graves répercussions sur la santé des consommateurs d'aliments et travailleurs agricoles exposés. Toutefois, lorsqu'elles sont traitées de façon adéquate et utilisées sans risque, les eaux usées constituent une source précieuse d'eau et de nutriments, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire et à l'amélioration des moyens de subsistance.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. La zone d'étude

Le Sénégal se trouve à l'extrême ouest du continent africain (fig. 1). La capitale sénégalaise Dakar s'étend sur 550 km² entre les longitudes 16 ° 55 'et 17 ° 30' ouest et les latitudes 14 ° 55 'et 14 ° 35' nord (Diouf et al., 2013). Son climat est de type canarien subit fortement l'influence des facteurs géographiques et atmosphériques. Par la présence d'une façade maritime ceinturant presque toute la région. Dakar est caractérisé, pendant une bonne période de l'année, par un microclimat marqué par l'influence de l'alizé maritime ; d'où l'existence d'une fraîcheur et d'une humidité quasi permanente et relativement forte (ANSD, 2009). La température varie entre 17° et 25° C de décembre à avril et de 27° à 30 ° C de mai à novembre.

La pluviométrie est caractérisée par une durée relativement courte de l'hivernage de trois mois de juillet à septembre. 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 interdunes où des pratiques agricoles sont développées (Faye et al., 2003).

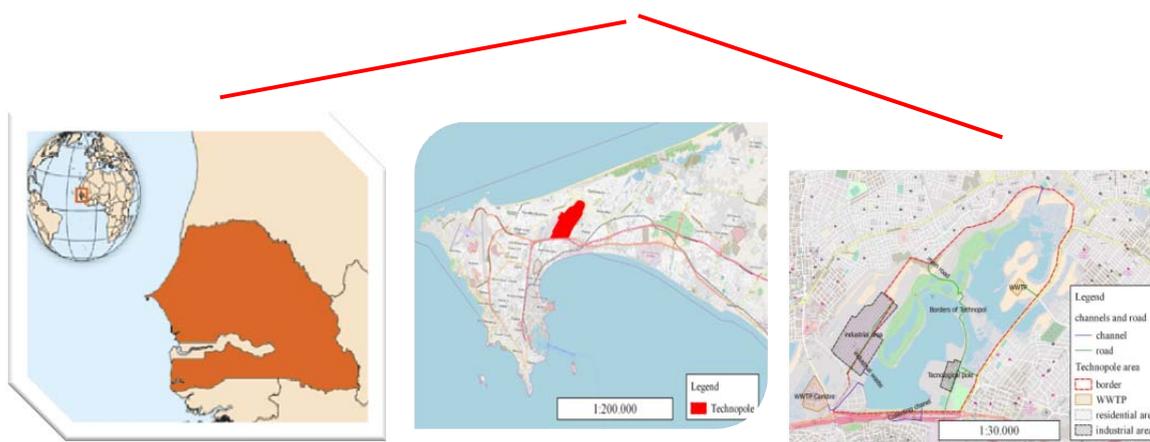


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude du Technopole à Dakar

C'est une zone humide qui abrite une diversité de ressources naturelles. Il présente des valeurs sociales, économiques, culturelles, esthétiques, récréatives et éducatives (Badiane et al., 2017). Sa végétation est dominée par les plantes aquatiques avec une importante prolifération de Typha et de roseaux. Les Niayes sont nombreuses dans la région de Dakar, celle de Pikine, la 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 maraichères car ce sont des sols à hydromorphie partielle (Ndao, 2012). C'est une zone fertile d'une importance agricole et maraichère, qui fournit 80 % de la production totale des légumes aux marchés de Dakar et de l'intérieur du Sénégal (Gaye et Niang, 2009). La zone de la Technopole est occupée par environ sept cents (700) maraichers dont la moitié, trois cent cinquante (350) utilisent les eaux traitées par la station d'épuration des eaux usées (fig. 2).



Fig. 2. Différentes activités d'agriculture dans la zone du Technopole

Dans le secteur du maraîchage par exemple, une dizaine de spéculations a été identifiée sur le site de la Technopole de Dakar (tableau 1). Il s'agit de la culture de tomate, de poivron, d'oignon, de betterave, d'aubergine, de concombre, de courgette, de patate douce, de salade, etc. (Badiane et al., 2017).

Tableau I : Données D'enquêtes Auprès Des Producteurs

Spéculation	Production totale (kg) En 2014	Prix Unitaire		Valeur de la Production	
		en Francs CFA	En Euro	en Francs CFA	En Euro
Tomate	40	6285	9.6	237 167	362.09
Poivron	333	1 739	2.65	751400	1147.18
Oignon	1200	350	0.53	440500	672.52
Concombre	2010	492	0.75	1069417	1632.70
Betterave	523	488	0.75	388 042	592.43
Aubergine	241	411	0.63	82 056	125.28
Courgette	450	150	0.23	67 500	103.05
Piment	1005	2 667	4.07	20 000	30.53
Patate	251	5 300	8.09	1 170 000	1 786.26
Salade	134	7 125	10.88	933 179	1 424.70
Total				5159261	7 876.73

La zone du technopôle de Dakar rencontre aujourd'hui de nombreuses difficultés liées à un défaut d'assainissement, à une urbanisation forcée avec la multiplication de cités et autres habitations officielles et irrégulière parfois construites sur des zones inondables. Le tableau 2 montre l'évolution de l'utilisation des terres en 1942 et en 2014 dans le bassin versant du Technopole (Diop et al., 2017)

Tableau Ii : Zone D'utilisation Des Sols Dans Le Bassin Versant De La Grande Niaye En 1942 Et En 2014

Utilisation des terres	ZONE			
	1942		2014	
	ha	%	ha	%
Eau	417.11	33.15	157.14	14.95
Floraison	-	-	3.35	0.32
Jardinage	-	-	92.54	8.81
Construction	-	-	458.60	43.64
Sol nu	88.02	7.00	117.35	11.17
Végétation anthropisée	-	-	4.79	0.46
Végétation aquatique	-	-	177.14	16.86
Végétation des dunes	-	-	40.03	3.81
Végétations	752.87	59.85	-	-
TOTAL:	1258	100	1050.94	100

2.2. Échantillonnage

Notre travail s'est basé d'abord sur une enquête que nous avons menée durant le mois de septembre 2017 dans la zone. Ainsi, nous avons récoltés des informations chez les maraichers sur leurs différentes activités dans la zone : nature et la qualité de l'eau utilisée (lac, nappe phréatique, eaux usées traitées), type d'engrais chimique (pesticide par exemple) ou naturel (fumier de vache, de volaille...) utilisé, les produits maraichers récoltés et leurs rendements.

Après avoir rencontré les principaux acteurs de la zone, nous avons débuté la géolocalisation des points de prélèvement sur les sites qu'on pensait être plus pollué et plus stratégique pour nos analyses. Au total on avait choisi six (6) sites de prélèvement sur les eaux traitées par la station de traitement. Les points ont été choisis en fonction de l'exploitation de la zone par les maraichers (fig. 3).

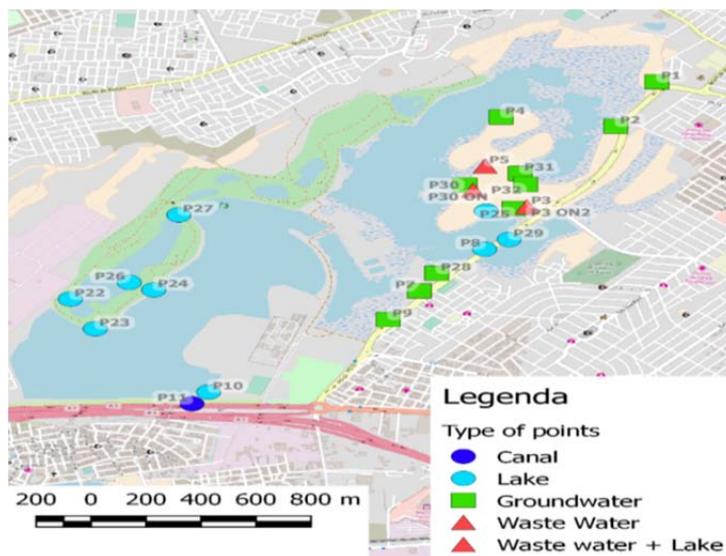


Fig. 3. Type et position des points d'échantillonnage dans la zone du Technopole

Trois types de site de prélèvements ont été choisis pour analyser les eaux traitées et réutilisées par les maraichers.

P₅ : Il se situe l'eau traitée et stockée par la station de traitement des eaux usées dans une cavité en contacte directe avec le sol. Plus d'une trentaine des maraichers de la zone l'utilisent directement par pompage.

P_{30 ONAS} : Ce point est appelé ainsi parce que l'eau traitée par la station d'épuration vient directement à partir des tuyaux jusqu'aux maraichers. Cette eau n'est pas en contact avec le sol jusqu'à son usage pour arrosage.

P_{3 ONAS LAC} et P_{6 ONAS LAC} : Ces points ont été choisis parce que les maraichers du site mélangent l'eau traitée par la station d'épuration et l'eau du lac. D'une part, parce que l'eau du lac dans cette zone est salée et ne peut pas être utilisée seule, et d'autre part parce que l'eau traitée par la station est chaude, contient de la boue et forme une patte sur la partie superficielle du sol. La patte formée par la boue empêche l'eau de s'infiltrer et atteindre les racines des plantes. Par conséquent ils font le mélange pour diminuer les dégâts que peuvent causer l'une ou l'autre des deux types d'eau.

P₃ et P'₃ : Ces points ont été choisis sur le même site que P_{3 ONAS LAC}, mais sont différents de ce dernier point. Ils représentent des points qui donnent des prélèvements d'eaux traitées par la station mais stockée dans des cuvettes en contact direct avec le sol. Ce choix a été fait pour vérifier les conséquences directes de stocker les eaux traitées dans le sol avant leurs réutilisations comme dans le cas du P₅.

Le pH et la température ont été mesuré par l'appareil pH 340i / SET. La conductivité, la salinité et le taux de solide dissous TDS ont été mesuré 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 (MES, DCO, DBO, nitrates, nitrites) ont été effectués par l'appareil

HACH DR/4000v Spectrophotomètre du laboratoire de l'Office National de l'Assainissement du Sénégal (ONAS). Les mesures microbiologiques, de l'azote Kjeldahl et le phosphore total ont été aussi 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 correspondants. Ainsi, les tableaux 3, 4 et 5 indiquent les informations sur les paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux usées avant et après traitement respectivement.

Tableau Iii : Résultats Des Paramètres Des Eaux Usées Avant Traitement

Date	pH	Cond ($\mu\text{S/cm}$)	Salinité (mg/L)	MES (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DCO (mg/L)	TKN (mg/L)	PTOT (mg/L)	Col. Fécaux (UFC/100mL)
07/08/2018	7.54	4150	2100	2340	1100	5430	-	-	$6.3 \cdot 10^6$
13/08/2018	7.52	3110	1500	950	900	2300	-	-	-
28/08/2018	7.57	3990	2000	1390	800	2670	-	-	-
04/09/2018	7.65	3170	1600	632	700	1604	-	-	$6.5 \cdot 10^6$
11/09/2018	7.68	2510	1200	404	650	1154	-	-	-
18/09/2018	7.42	1643	600	1350	800	2248	-	-	-
25/09/2018	7.71	4050	2100	700	400	1598	-	-	-
02/10/2018	7.33	2420	1100	27940	1800	21840	-	-	-
09/10/2018	7.51	3490	1700	868	550	1928	431.3	23.5	-
16/10/2018	7.52	2500	1100	360	550	2244	-	-	10^6
23/10/2018	7.56	2480	1100	900	750	2112	-	-	-
30/10/2018	7.64	2090	900	476	350	1132	-	-	-
06/11/2018	8.03	3720	1900	653.3	650	1337	481.4	16.0	-
13/11/2018	7.55	3520	1800	720	700	1724	-	-	-
21/11/2018	7.52	3080	1500	473.3	900	1436	-	-	-
27/11/2018	7.52	2880	1400	524	1200	1481	-	-	-
Moyenne	7.58	3050	1500	2543	800	3265	456.3 5	19.75	4600000

Tableau Iv : Résultats Des Paramètres In Situ Des Eaux Usées Après Traitement

Prélèvement	pH	Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	TDS (g/L)	O.D (mg/L)	t°(c)	Salinité (mg/L)	Utilisation
P _{3 L+O}	7.6	4100	3.3	0	31.6	1400	Agriculture
P ₃	7.6	3800	2.7	0.4	34.7	1100	Agriculture
P' ₃	7.8	3300	2.7	0.6	29.8	1100	Agriculture
P ₅	7.7	4000	2.8	0	30.6	1300	Agriculture
P _{60+L}	7.8	3800	2.7	0.5	31.2	1200	Agriculture
P ₃₀	7.4	3900	2.7	2.2	30.4	1200	Agriculture
Moyenne	7.6	3800	2.8	0.6	31.3	1200	

Tableau V : Résultats Des Paramètres Physicochimiques Des Eaux Usées Après Traitement Dans Les Sites De Prélèvement

Prélèvement	MES (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	E. Coli (U/100ml)	Enterroco (U/100ml)	Colichrome (U/100ml)
P _{3 L+O}	2495	375	2951	1	0.03	1700000	308000	404000
P ₃	1259	220	1875	23	0.03	20000	200000	3200
P ₅	766	235	1271	10	0.03	2300000	252000	96000
P ₃₀	358	295	595	2	0.05	6600	0	25900
Moyenne	1219.5	281.2	1673	9	0.03	1006650	190000	132275

À partir des valeurs collectées dans les tableaux 3, 4 et 5, les valeurs moyennes sont calculées pour chaque paramètre (tableau 6) avec leur valeur limite.

Tableau Vi : Valeurs Moyennes Des Paramètres Des Eaux Usées Avant Et Après Traitement

Paramètres	pH	Cond ($\mu\text{S/cm}$)	Salinité (mg/L)	MES (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DCO (mg/L)	TKN (mg/L)	PTOT (mg/L)	Col. Fécaux (UFC/100mL)
Eaux usées avant traitement	7.58	3050	1500	2543	800	3265	456.35	19.75	4600000
Eaux usées après traitement	7.6	3800	1200	1219.5	281.2	1673	271	5.8	1810000
Limites SN	5.5-9.5	<3000	-	<50	<80	<200	<30	<10	<1000

3.1. Discussion

Le pH

Le pH d'une eau indique son degré d'acidité ou d'alcalinité (Guettaf et al., 2014). 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 (Said, 2012). Cependant, les eaux usées des points de prélèvement ont un pH légèrement basique mais ne dépassent pas les limites de rejet des eaux usées sénégalaises qui est de 5,5 – 9,5.

Conductivité, solide total dissous TDS, salinité

La conductivité des eaux usées pourrait augmenter en raison de la présence de chlorure, de phosphate et de nitrate (USEPA, 2017). Sa valeur moyenne dans les sites de prélèvement est de 3800 μ S/cm légèrement supérieure à 3000 μ S/cm qui représente la valeur limite pour les eaux destinées à l'irrigation.

La salinité dans les eaux grises (eaux usées domestiques, sans la partie provenant des toilettes) est généralement un problème lorsque cette eau est réutilisée dans l'agriculture. Elle nuit à la productivité du sol de différentes manières, y compris en modifiant l'osmose des racines des plantes et en interférant avec l'absorption des principaux nutriments tels que le potassium et les nitrates (OMS, 2006). Ici, elle est relativement faible avec 1,2 mg/L.

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 (Chapman, 1996). Le premier constat fait est que l'eau traitée par la station d'épuration ne contient pratiquement pas d'oxygène. Sur les six points de prélèvement les trois ne contiennent absolument pas d'oxygène 0mg/L ($P_{3\ L+O}$, P_3 , P_5). Il faut aussi rappeler que pour ces trois points, les eaux ont été traitées puis stockées dans des cavités en contact directe avec le sol avant d'être réutilisées par les maraichers. Le point $P_{3\ L+O}$ est un point situé sur le lac mais représente aussi le mélange de l'eau traitée avec l'eau du lac. Le point P_{30} contient 2,2 mg/L, c'est le point qui contient plus d'oxygène dissous. En effet, pour ce point, l'eau traitée vient directement de la station à travers des tuyaux et n'est pas en contact avec le sol. En effet, le sol contient de la boue utilisée comme engrais, elle contamine d'avantage les eaux dans cette zone et diminue ainsi le taux d'oxygène dissous. La concentration moyenne en oxygène dissous est de 0,6mg/L dans les eaux traitées par la station d'épuration. L'oxygène dissous est en-dessous de la limite souhaitable qui est de 3 mg/L, ce qui signifie qu'il y a de risque pour de nombreuses formes de vie.

Les matières en suspension MES

Les MES freinent la pénétration de la lumière, ce qui perturbe le déroulement des réactions photosynthétiques et désorganise par conséquent le reste du réseau trophique. La valeur limite selon la norme sénégalaise de rejet des eaux concernant les matières en suspensions totales est de 50mg/L et celle de des eaux usées traitées est en moyenne 1219,5 mg/L.

Demande biologique et chimique en oxygène (DBO et DCO)

La plupart des substances organiques présentes dans les eaux usées domestiques et dans les effluents de nombreuses industries (en particulier celles qui traitent des matières premières d'origine animale ou végétale) sont biodégradables. Ceci indique qu'ils peuvent être utilisés par des populations bactériennes (habituellement présentes dans les mêmes eaux usées) comme source de nourriture pour la production de nouvelles cellules et d'énergie nécessaires à la synthèse, la mobilité, etc....

La teneur en matières organiques biodégradables (DBO) 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. Ainsi, la concentration minimale en DBO est 220 mg/L pour le point P_3 et celle maximale est 375 mg/L pour $P_{3\ L+O}$ avec une moyenne de 281,2 mg/L soit environ 4 fois la valeur limite qui est de 80 mg/L.

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 [$K_2Cr_2O_7$] ou le permanganate de potassium [$KMnO_4$] (Li et al., 2018).

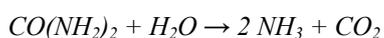
Dans la norme sénégalaise de rejet des eaux usées (NS 05-061, juillet 2001) la limite de rejet est 200 mg/L. La concentration minimale en DCO est de 595 mg/L au point P₃₀ et la valeur maximale mesurée est de 2951 mg/L au point P_{3 L+O} avec une moyenne de 1673 mg/L soit 9 fois que la valeur limite. Par conséquent, la faible valeur de l'oxygène dissous dans l'eau traitée peut aussi être justifiée par les valeurs trop élevées de la DCO.

Azote total Kjeldahl et phosphore total

Selon la norme sénégalaise NS 05-061 juillet 2001 de rejet des eaux usées, la limite de rejet est de 30 mg/L pour l'azote total et 10mg/L pour le phosphore total. Cependant, la valeur moyenne de l'azote total est environ 9 fois plus grande soit 271 mg/L et pour le phosphore total, nous avons 5,6 mg/L donc respecte les normes. La concentration très élevée de l'azote dans les eaux traitées de la station d'épuration peut s'expliquer par :

-Dans les conditions standards, la station d'épuration (STEP) doit recevoir 825m³/j alors qu'elle en reçoit environ 3000m³/j.

-La présence d'urine dans les eaux usées : l'urine contient les principaux nutriments nécessaires au développement des plantes ; l'urée est une substance organique de formule $H_2N-CO-NH_2$ présent dans l'urine. Sa plus grande utilisation se fait sous la forme d'engrais azoté. Elle est hydrolysée en ammoniac et en oxyde de carbone dans le sol :



Or 90% de l'azote dans les eaux usées domestiques provient de l'urine (Ameglio, 2011) ce qui explique les concentrations élevées d'azote dans les eaux usées traitées.

Paramètres microbiologiques

Les bactéries indicatrices fécales (FIB) telles qu'Escherichia coli (E. coli) (Brendel et al., 2017) sont l'un des paramètres de pollution affectant plus la qualité de l'eau traitée par la station. 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. Les concentrations des bactéries trouvées dépassent largement les normes de rejet sénégalaises des eaux usées et de réutilisation des eaux usées dans l'agriculture (1000 U/100mL selon l'OMS) avec parfois plus de 1000000 U/100mL. Les quantités de E. coli dans les eaux usées traitées sont considérables avec une moyenne de 1006650 U/100mL. La quantité de boue non traitée utilisée comme engrais organiques dans la zone environnante de la station a contribué davantage à contaminer le sol par les E. coli. En effet, les concentrations d'E. Coli dans les cours d'eau sont influencées de façon significative par les zones recevant du fumier, des terres humides, des terres drainées et des terres cultivées (Pandey et al., 2012). En outre, les concentrations en Coliformes totaux trouvées dépassent largement les normes de réutilisation des eaux usées dans l'agriculture avec une moyenne de 1810000 U/100mL.

Par conséquent, les paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux usées traitées et réutilisées pour l'irrigation qui ont révélé des concentrations qui dépassent largement leurs normes entraînent un risque très élevé sur l'insécurité alimentaire des cultures maraichères dans cette zone. En effet, leur utilisation a provoqué une baisse de la quantité et de la qualité des cultures maraichères et ceci a été confirmé par les acteurs qui ont travaillé pendant des décennies dans cette zone de Technopole.

IV. CONCLUSION

Cette présente étude a pour objectif d'évaluer le risque de la qualité des eaux usées traitées et réutilisées pour l'irrigation qui ont révélé des résultats non satisfaisants. En effet, cette mauvaise qualité des eaux traitées et utilisées pour l'agriculture pourrait entraîner un risque très élevé d'insécurité alimentaire des cultures maraichères dans cette zone du Technopole de Dakar. Ainsi, les concentrations en MES, DBO₅, DCO, NTK et coliformes fécaux qui représentent les principaux paramètres des eaux usées, dépassent largement les limites des normes de réutilisation en agriculture. Ainsi, la teneur de la matière en suspension (MES) dans les eaux traitées est en moyenne 25 fois plus grande que la valeur limite tandis que celles de la demande chimique et biologique en oxygène (DCO et DBO) sont environ 8 et 4 fois plus élevées par rapport aux normes de réutilisation respectivement. De même, la valeur moyenne de l'azote total est très élevée soit 9 fois la valeur limite. En outre, les eaux usées traitées restent microbiologiquement très contaminées avec plus de 1000000 U/100mL de coliformes fécaux et d'Escherichia coli alors qu'elle ne devrait pas dépasser 1000 U/100mL. Par conséquent, une baisse de la quantité et de la qualité des cultures maraichères a été

constatée sans compter le risque sanitaire lié aux agents microbiens mais aussi l'occupation anarchique des terres arables par l'habitation.

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] Akpo, Y. Evaluation de la pollution des eaux usées domestiques collectées et traitées à la station d'épuration de Cambéréne (Dakar), 2006. Mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales. Université de Dakar, Sénégal.
- [2] Ameglio E. Trattamento delle acqua 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), 2011. Tesi di Laurea Specialistica, Università Degli Studi di Pavia, Italie.
- [3] Agence National de la Statistique et de la Démographie (ANSD), 2014. Situation économique et social. Eau et Assainissement. Ed 2014. Site web : www.ansd.sn
- [4] Agence National de la Statistique et de la Démographie (ANSD), 2009. Situation économique et sociale de la région de Dakar de l'année 2008, 186 p.
- [5] Agence National de la Statistique et de la Démographie (ANSD), 2008. Situation économique et sociale de la région de Dakar de l'année 2007, 163 p.
- [6] Badiane, S. D., Diouf, E., M'baye, E. Le Technopôle de Dakar, une zone humide dans l'agglomération dakaroise. Perception et perspectives de valorisation, 2017. Département de géographie, UCAD- Dakar, Section de géographie, UGB-Saint-Louis.
- [7] Brendel, C. and Soupir, M. L. Relating Watershed Characteristics to Elevated Stream *Escherichia coli* Levels in Agriculturally Dominated Landscapes: An Iowa Case Study, 2017. *Water* 2017, 9, 154; doi:10.3390/w9030154
- [8] Chapman, D. Water Quality Assessments—A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring, 1996. Cambridge University Press: Cambridge, UK. [Google Scholar]
- [9] Diawara, A. B. Les déchets solides à Dakar. Environnement, sociétés et gestion urbaine, 2009. Géographie. Thèse de doctorat de l'université Michel de Montaigne - Bordeaux III. Français.
- [10] Diop, A., Diop, Y. M., Thiaréd, D. D., Cazierc, F., Sarr, S., Kasprowiak, A., Landy, D. et Delattre, F. Monitoring survey of the use pattern and pesticide residues on vegetables in the Niayes zone, Senegal, 2015. *Elsevier, Chemosphere* 144 (2016) 1715–1721.
- [11] Diouf O.C., Faye S.C., Diédhiou M., Faye S., Faye, A. et Wohnlich, S. Urban impact in Groundwater Levels in Dakar Shallow Aquifer (SENEGAL), 2013. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*, Volume 1 Issue 4 (October 2013): 37-43
- [12] 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* (2004) 45:312–322
- [13] Gaye, M. et Niang, S. Manuel des bonnes pratiques de l'utilisation saine des eaux usées dans l'agriculture urbaine, 2009. ENDA RUP (Relais pour le Développement Urbain Populaire), Ouest Foire, BP 27 083, Malick Sy, Dakar - Sénégal
- [14] Guettaf, M., Maoui, A., et Ihdene Z. Novembre. Assessment of water quality: a case study of the Seybouse River (North East of Algeria), 2014. *Appl Water Sci* (2017) 7:295–307, DOI 10.1007/s13201-014-0245-z.
- [15] Li, J., Luo, G., He, L., Xu, J. and Lyu, J. Analytical Approaches for Determining Chemical Oxygen Demand in Water Bodies: A Review, 2018. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 48:1, 47-65, DOI: 10.1080/10408347.2017.1370670.

- [16] 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), 2012. Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse, France.
- [17] N'diaye, A. A. Caractérisation des boues de vidange et performance de la déposante de Cambérène, 2007. Mémoire de fin d'études, EIER/2iE Dernière Promotion.
- [18] Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, 2006. Volume 2 : Wastewater Use in Agriculture, Genève, Organisation mondiale de la santé.
- [19] Pandey, P.K., Soupir, M.L., Haddad, M., Rothwell, J.J. 2012 Assessing the impacts of watershed indexes and precipitation on spatial in-stream E. coli concentrations. *Ecological Indicator* 2012, 23, 641–652. [CrossRef]
- [20] 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, 2012. Thèse de doctorat de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie.
- [21] SENEGALAISE NS 05-061. Eaux usées, eaux de surface, souterraines, marines, pollution des eaux, charge polluante, épandage, valeurs limites des paramètres, milieux récepteurs, caractéristiques générales, effluents, voies d'évacuation, station d'épuration. EAUX USEES : NORMES DE REJET. Juillet 2001.
- [22] United States Environmental Protection Agency (USEPA). (Accessed on 17 January 2017). Available online: <http://water.epa.gov/type/rsl/monitoring/vms511.cfm>