

IMPACTS DES REJETS DES EFFLUENTS INDUSTRIELS SUR LA QUALITE DES EAUX DU FLEUVE NIGER A BAMAKO

IMPACTS OF INDUSTRIAL EFFLUENT DISCHARGES ON THE WATER QUALITY OF THE NIGER RIVER IN BAMAKO

MAMADOU MARIAM TRAORE¹, ABDOULKADRI OUMAROU TOURE², HANNI KONE³, OUMOU LY⁴

¹Laboratoire National des Eaux (LNE), Bamako, Mali. Email : mamoukante@yahoo.fr

Tél : : 64540373

²Faculté d'Histoire et de Géographie (FHG), Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako (USSGB). Email : toureabdoukadi@gmail.com, Tél : 66845923

³Laboratoire National des Eaux (LNE), Bamako, Mali. Email : hannikone21@yahoo.fr , Tel : 76074715

⁴Laboratoire National des Eaux (LNE), Bamako, Mali. Email : lyoumou98@yahoo.fr,
Tel : 76496491

Résumé

La présente étude porte sur l'évolution du Secteur industriel et et l'évaluation de l'impact du type, rythme et effluents industriels sur la qualité des eaux du fleuve Niger à Bamako précisément dans la zone industrielle. Des échantillons d'eaux usées ont été prélevés dans Sept (07) usines en amont à savoir l'abattoir frigorifique, Tolmali, Eurolait, Batexci, Tannerie West Africa, IMAT, l'effluent brut de toutes les usines à l'entrée de la station ANGESEM, la sortie (l'exutoire) et le milieu du fleuve Niger. L'effluent après traitement par la l'agence Nationale de gestion des stations d'épuration des eaux usées du Mali deversé dans le fleuve a une conductivité électrique moyenne de 4662 $\mu\text{S}/\text{cm}$ non conforme à une eau de rejet pendant la période d'étude la norme admise étant de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La DCO et la DBO respectivement en moyenne 364 et 152 mg/L sont aussi non conformes à une eau de rejet dont la norme est respectivement 150 mg/L et 50 mg/L. Cette situation a des impacts négatifs sur la qualité des eaux du fleuve, perturbant l'écosystème aquatique et exposant ainsi les populations riveraines à des problèmes graves de santé avec des impacts négatifs considérables aux plans économique et social.

Mots-clés : Efluent, impact, exutoire, ANGESEM, Bamako.

Abstract

The present study focuses on the evolution of the industrial sector and the evaluation of the impact of the type, rhythm and industrial effluents on the water quality of the Niger River in Bamako, specifically in the industrial zone. Wastewater samples were taken from seven (07) upstream factories, namely the refrigerated slaughterhouse, Tolmali, Eurolait, Batexci, Tannerie West Africa, IMAT, the raw effluent of all the factories at the entrance of the ANGESEM station, the outlet and the middle of the River Niger. The effluent after treatment by the National Agency for the Management of Wastewater Treatment Plants in Mali, discharged into the river, has an average electrical conductivity of 4662 $\mu\text{S}/\text{cm}$, which does not conform to the standard for discharge water during the study period, which is 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. The COD and BOD averaged 364 and 152 mg/L respectively, which do not comply with the discharge water standard of 150 mg/L and 50 mg/L respectively. This situation has negative impacts on the water quality of the river, disturbing the aquatic ecosystem and exposing the riparian populations to serious health problems with considerable negative economic and social impacts.

Keywords: Efluent, impact, outlet, ANGESEM, Bamako.

1. Introduction

L'impact sur l'environnement des effluents industriels est aujourd'hui une réalité manifeste et une menace sérieuse à moyen terme pour la qualité des eaux de surface et des nappes souterraines (Fathallah Z1 et al. 2014). Plus de 60 % des industries sont concentrées à Bamako de l'indépendance à nos jours (Maharoux, 1987). L'industrie moderne est apparue dans le monde il y a deux siècles environ. L'accroissement des déchets solides et liquides est étroitement lié à ce développement économique. En effet, ce dernier entraîne des impacts négatifs sur l'environnement et l'économie de beaucoup de pays (Khelfaoui et al. 2012).

A l'indépendance, en 1960, le paysage industriel était pratiquement inexistant 34 établissements essentiellement agro-alimentaires (Maharoux, 1987). Le développement industriel qui a suivi l'indépendance du Mali a vu l'implantation de plus de 80% des industries sur le bief du Fleuve Niger allant de Bamako à Koulikoro. Ces industries très grandes consommatrices d'eau, s'approvisionnent au fleuve et l'utilisent comme exutoire normal. Le rejet d'effluents industriels dans la nature sans traitement préalable n'est pas sans conséquence sur les ressources du fleuve Niger et partant sur la santé des populations riveraines (Kassambara,2017).

Les industries représentent 20 % des prélèvements totaux d'eau douce pour toutes leurs activités (Sawadogo,2018). De la période coloniale à nos jours, l'industrialisation au Mali a connu différentes phases évolutives telles que nous la connaissons de nos jours. La politique d'industrialisation du Mali postcoloniale s'est effectuée en deux grandes phases à savoir : une phase d'industrialisation de type socialiste et une autre fondée sur le libéralisme économique. Les politiques industrielles de l'époque coloniale et celles du Mali socialiste, avaient réduit les initiatives privées au profit du secteur d'Etat. Les stratégies élaborées après ces deux régimes ont, à partir de 1969 favorisé le secteur privé qui continue à fleurir jusqu'à nos jours (KONE et al.2020).

Les eaux usées industrielles rejetées dans le fleuve à partir de la station de l'ANGESEM sont estimées à 0,85 m³/s à Bamako (BA,2020).Le débit du fleuve en période de hautes eaux est estimé à 6000 m³/s et en période de basse eaux 50 m³/s (Courade, 2022).

De nos jours, nous comptons 991 entreprises industrielles réparties suivant les régions,situées en bordure fleuve Niger et 50 % sont concentrées à Bamako (DNI/CPS, 2020).

Les rejets liquides industriels déversés vers le fleuve Niger sont estimés à environ 2 500 m³ par jour au Mali et au Niger (Bassirou,2008).Une étude d'évaluation de la qualité des eaux de rejet industriel (Doumbia,2011) aux différentes activités responsables des rejets et la composition des effluents rejetés.Il ressort de cette étude que les activités industrielles sont facteurs de rejet de déchets de divers natures dont la composition peut avoir des impacts négatifs sur la santé humaine et celle de la biodiversité aquatique.

Le système de gestion des déchets liquides et solides revêt d'énormes défaillances dans la ville de Bamako. La ville ne dispose pas d'un système d'égout pour une collecte adéquate des eaux usées (Ba, 2020). Aucune station de traitement des eaux usées produites dans la ville

n'existe à l'exception d'un système de lagunage fait de bassins qui reçoivent les effluents de quelques unités industrielles dont le traitement n'est pas adapté pour être efficace. Les eaux usées brutes de toutes natures de la ville de Bamako se retrouvent donc déversées directement ou indirectement dans le fleuve Niger par ruissellement diffus ou à travers des rejets ponctuels de collecteurs des eaux pluviales. Enfin, en l'absence de station de traitement des boues de vidange pour Bamako celles-ci sont déversées dans la ville et ses périphéries de façon illicite ou incontrôlée occasionnant une contamination du fleuve par les collecteurs des eaux pluviales et/ou par les ruissellements pluviaux (Ba , 2020). Cette contamination des eaux du fleuve provoque de réels problème de santé publique d'où ce thème «Impacts des rejets des effluents industriels sur la qualité des eaux du fleuve Niger à Bamako» en vue d'évaluer les impacts des effluents rejettés.

Des recherches sur le sujet ont été menées mais présentent peu de données et qui ne sont souvent pas mises à jour; c'est pourquoi, nous avons initiée cette étude afin d'avoir des éléments de reponse à cette problématique qui se pose avec accuité. L'objectif de cette recherche est d'évaluer les impact des rejets industiels sur la qualité des eaux du fleuve Niger à Bamako.

2. Matériel et méthodes

2.1. Zone d'étude

Le district de Bamako est divisé en six communes par l'ordonnance du 18 août 1978 modifiée par la loi de février 1982. Notre zone d'étude est la commune II du district de Bamako (figure 1). Elle est limitée à l'Est par le marigot de Korofina, à l'Ouest par le pied de la colline du Point G, au Nord par la limite nord du District et au Sud par le lit du fleuve Niger, couvre une superficie de 16,81 km² et compte une population de 160 680 habitants. La commune compte onze quartiers : Niaréla (le plus ancien où réside la famille des fondateurs de Bamako), Bagadadji, Médina-coura, Bozola, Missira, Hippodrome, Quinzambougou, Bakaribougou, TSF, Zone industrielle et Bougouba. La commune abrite 80 % des industries du Mali (Coulibaly, 2015). Le quartier ciblé est la zone industrielle qui abrite une multitude d'industries et unités semi industrielles susceptibles de rejeter leurs effluents dans le fleuve.

2.2. Matériel

Les matériels utilisés sont le GPS pour la géolocalisation des points de prélèvement (échantionnage). Un DBOmètre pour évaluer la demande biologique en oxygène (DBO) et un DCOMètre pour évaluer la demande chimique en oxygène (DCO). Un conductimètre LF 197 nous a permis de déterminer la conductivité de l'eau. Un oxymètre FDO 925 WTW pour mesurer le potentiel hydrogène et la teneur en oxygène de l'eau.

2.3. Méthode

Dans le cadre de cette recherche, nous avons utilisé la matrice de (Léopold et al.1971) pour déterminer la nature des impacts et la grille de détermination de l'importance relative de l'impact de (Fecteau,1997). Cette grille permet d'évaluer l'importance relative d'un impact en fonction de son intensité, son étendue, sa durée et son importance absolue. Les

prélèvements ont eu lieu le 07 Avril, le 27 Avril, le 03 Juin, le 29 Juin, le 15 Juillet, le 27 Juillet, 17 Août, 27 Août, 11 Novembre et le 13 Décembre 2021.

Des échantillons d'eaux usées ont été prélevés dans Sept (07) usines en amont, l'effluent brut de toutes les usines à l'entrée de la station ANGESEM, l'exutoire et le milieu du fleuve Niger (figure 2).

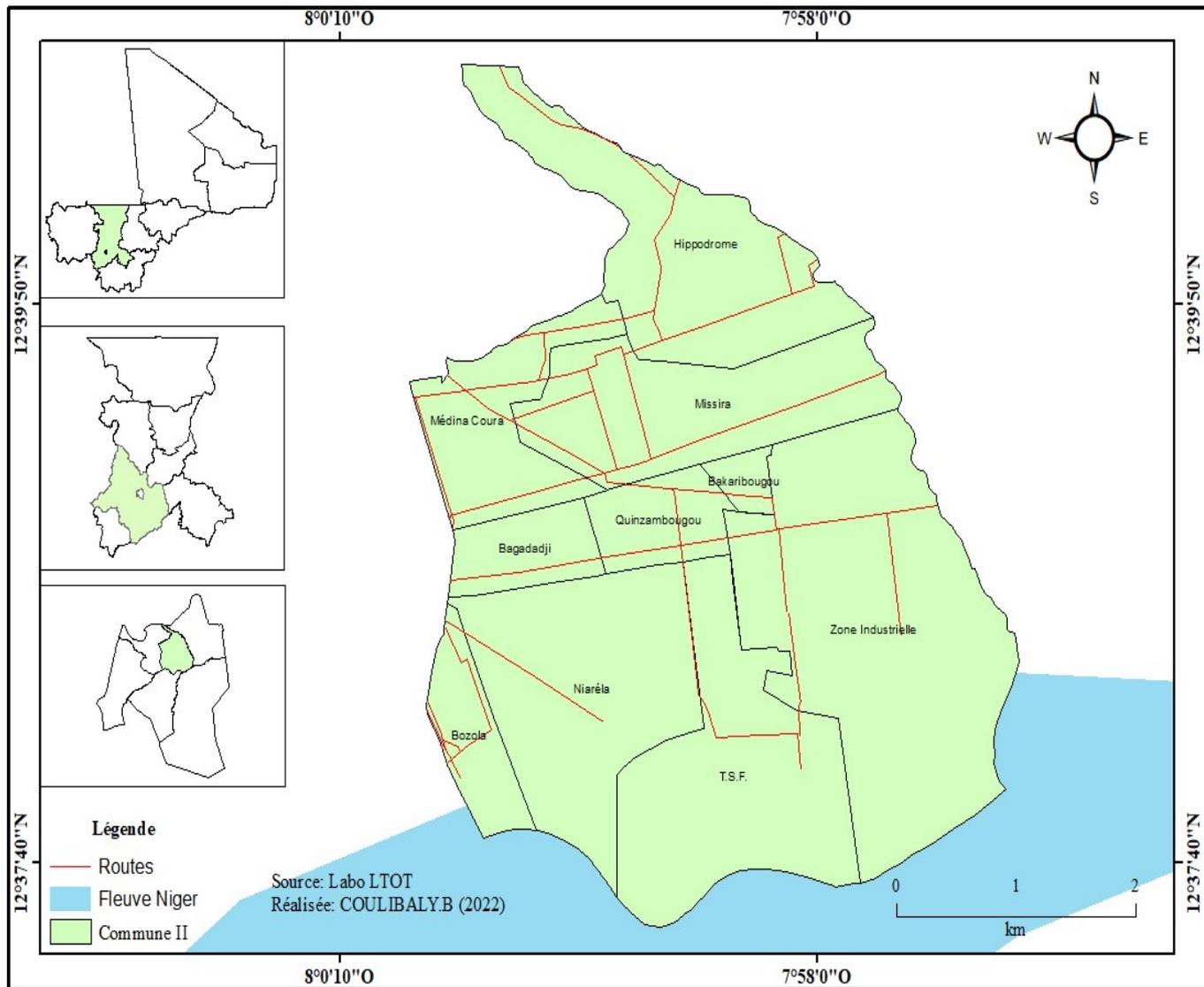


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

Les résultats des prélèments ont été dressés sous forme de tableaux. Ces derniers ont fait l'objet de commentaire dans le présent article.

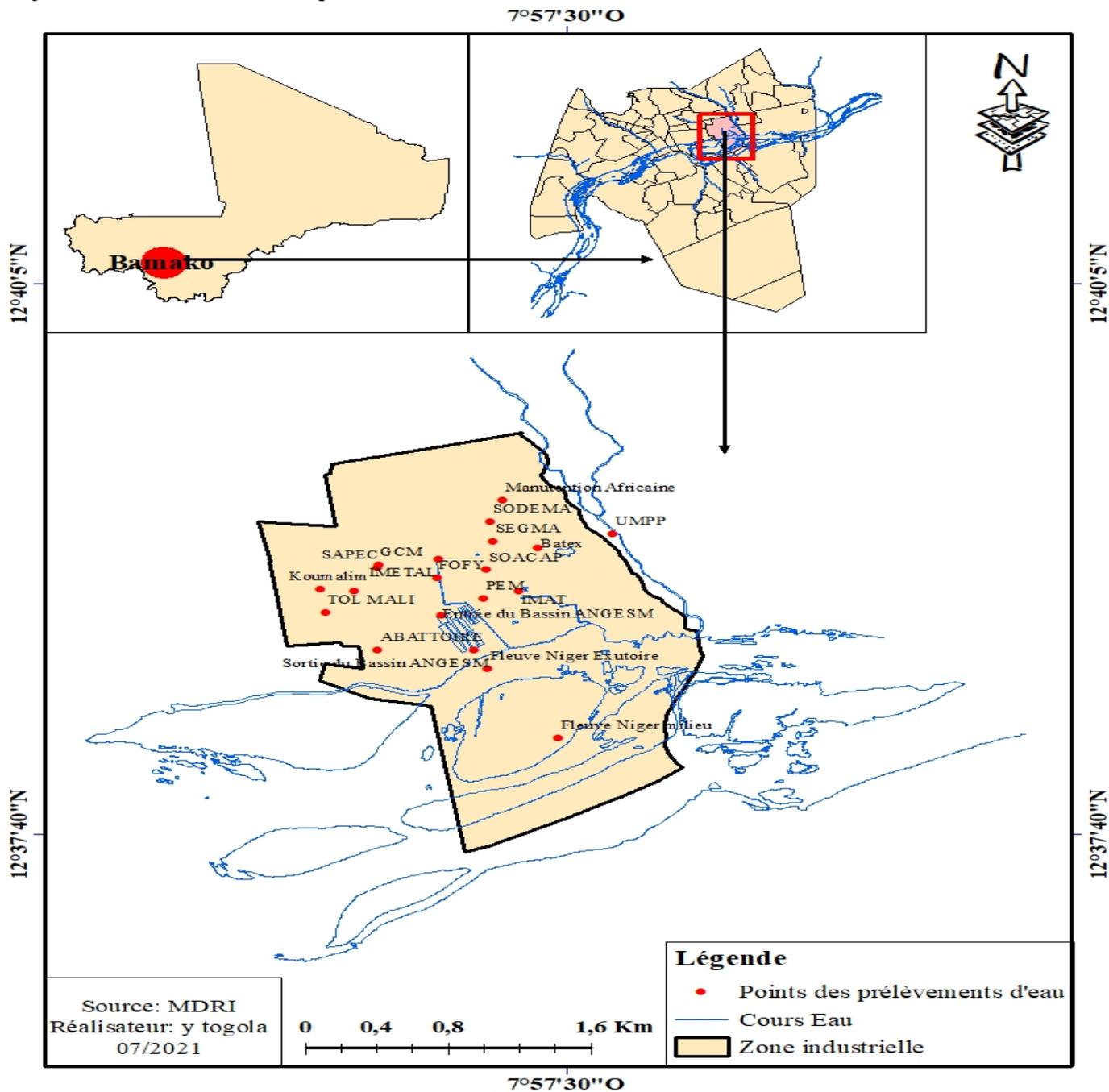


Figure 2: Points de prélèvement des eaux usées

En outre, une enquête auprès des services techniques en charge des industries, de l'environnement, de l'assainissement, de la pêche nous a permis de réunir la documentation ainsi que les informations dans ces domaines respectifs en lien avec notre thème.

3. Résultats

3.1. Une concentration des industries dans l'aire urbaine de Bamako

De l'indépendance à nos jours le nombre d'industries a fortement évolué au Mali et particulièrement dans l'agglomération de Bamako (tableau 1). En effet, en 1960 (à l'indépendance du Mali), le pays comptait 34 industries dont 64,70% étaient concentrées à Bamako, suivi de Koulikoro 23,52%, Sikasso (5,88%) et Ségou (5,88%). Les autres régions du pays étaient dépourvues d'industries. En 2021, le nombre d'industries a atteint 991 dont 482 à Bamako. En fait, Bamako abrite 48,63 % des entreprises industrielles, suivi des régions de Koulikoro 19,76%, de Sikasso 16,64%, de Ségou 5,44%, de Kayes 4,43%, de Mopti 3,02%, Gao 1,41 %, Tombouctou 0,30% et Kidal 0,30%.

Tableau 1: Répartition des entreprises industrielles en activités par région en 2021 en effectif cumulé.

Région	Nombre d'entreprises								
	1960	2013	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Kayes		4	36	42	42	42	42	44	44
Koulikoro	8	80	119	136	154	168	180	186	196
Sikasso	2	92	117	150	152	159	160	162	165
Ségou	2	51	47	49	50	53	54	54	54
Mopti		26	23	27	27	30	30	30	30
Tombouctou		2	3	3	3	3	3	3	3
Gao		9	14	14	14	14	14	14	14
Kidal		2	3	3	3	3	3	3	3
Bamako	22	343	403	454	456	469	471	476	482
Total	34	619	765	878	901	941	957	972	991
Taux d'industrie à Bamako en %	64	55	53	52	50	50	49	49	49
taux d'industrie à Koulikoro en %	24	13	16	15	17	18	19	19	20
taux d'industrie à Sikasso en %	6	15	16	17	17	17	17	17	17

Source: CPS, Secteur Industrie, 2021

3.2. Typologie des industries et composition des rejets

A Bamako, on rencontre une multitude d'industries aux fonctions variées. On distingue les industries de production de viande, de lait, peaux et cuirs, agroalimentaires, métallurgiques, de médicaments, de peinture... Ces industries au cours de leurs activités rejettent des effluents qui sont susceptibles d'avoir des effets nocifs sur les cours d'eau si les normes de prétraitement ne sont pas respectées.

Une étude d'évaluation de la qualité des eaux des rejets industriels effectuée par Doumbia en 2011 a identifié les différentes activités responsables des rejets et la composition des effluents rejetés (tableau 2). Il ressort de cette étude que les activités industrielles sont facteurs de rejet

de déchets de divers nature dont la composition peut avoir des impacts négatifs sur la santé humaine et celle de la biodiversité aquatique.

Tableau 2: Nature et composition des rejets industriels

Unité industrielle	Nature	Rejets
ANGESM	Traitement d'eau usée	Effluent traité
TANERIE O AFRIQUE	Transformation de peaux d'animaux	Rejets acides, alcalins, MES, matière organique, chlorures, sulfures, chrome
CGM	Produits Alimentaires	Rejets organiques
ABATTOIRE	Production de Viandes	Matière organique, agents pathogènes, MES, huiles et graisses
UMPP	Production de médicaments	Rejets biomédicaux, Solvants organiques, MES, CO, NOx, SOx
SODEMA	Production de détergents	Rejets toxiques, solvants organiques, graisses, soude
Manutention Africaine	Travaux mécaniques	Matière organique, agents pathogènes, MES, huiles et graisses
MALI LAIT	Alimentation (produits laitiers)	Huiles et graisses, matières organiques, rejets acides, hypochlorites, matière en suspension.
SOMAPIL	Confection de piles électriques	Rejets toxiques cancérigènes, éthylène, propylène, benzène, butadiène, 1,2-dichloroethane, chlorure de vinyle, solvants organiques; particules, CO, NOx, SOx, métaux (Zn, Hg, Mn)
MALI GAZ	Production et fourniture en gaz	particules, CO, NOx, SOx, métaux (Zn, Hg, Mn)
BATEXCI	Produits textiles	Solvants toxiques, rejets alcalins, matière organique, MES, huile, colorants, métaux, bactéries, pesticides
EURO LAIT=YOP LAIT	Alimentation (produits laitiers)	Huiles et graisses, matières organiques, rejets acides, hypochlorites, matière en suspension.
FOFY	Production de matelas	Solvants toxiques, rejets alcalins, matière organique, MES, huile, colorants, métaux, bactéries, pesticides
JAL AFRIQUE	Production de peintures	Rejet organique,colorant
SAPEC	Production de peintures	Rejet organique,colorant
SOACAP	Production de matériels plastiques	Rejets toxiques cancérigènes, éthylène, propylène, benzène, butadiène, 1,2-dichloroethane, chlorure de vinyle, solvants organiques; particules, CO, NOx, SOx
TOL MALI	Production de matériels métalliques	Poussière, acides, NOx, SOx, hydrocarbures, CO, dioxines, cyanures, fluorures, métaux lourds, graisse, DCO
IMETAL	Production de matériels métalliques	
SOMAFAM	Production de matériels métalliques	
PEM	Production de matelas	Solvants toxiques, rejets alcalins, matière organique, MES, huile, colorants, métaux, bactéries, pesticides

Source: Doumbia, 2011

3.3. Quantité et qualité des rejets des effluents industriels

Les eaux usées industrielles rejetées dans le fleuve à partir de la station de l'ANGESEM sont estimées à 0,85 m³/s à Bamako (BA F, 2020). Pour notre étude, les premiers prélèvements ont été effectués en deux temps au mois d'Avril le 7 et le 27 (tableau 3).

Des analyses ont été faites à partir de nos prélèvements d'eau usée en date du 07 Avril 2021. Par rapport à la conductivité, les résultats indiquent que les eaux usées brutes des usines sont non conformes à la norme (2500 µs/cm) exceptées l'eau usée de l'usine BATEXI (1333 µs/cm).

La charge maximale a été observée au niveau de la tannerie IMAT (11360 µs/cm). Par rapport à l'analyse DCO et DBO, la qualité est non conforme à la norme (150 mg/L pour la DCO et 50 mg/L pour la DBO) au niveau de tous les points de prélèvement excepté celle de TOLMALI (DCO 89 mg/L et DBO 37 mg/L).

La charge polluante la plus élevée a été observée au niveau de l'Abattoir pour la DCO 1332mg/L et la tannerie IMAT 754 mg/L pour la DBO.

Par rapport au taux d'oxygène dissous, la qualité des eaux est non conforme pour l'ensemble des usines la norme admise étant supérieure ou égale à 6 mg/L. Par rapport au pH (potentiel hydrogène), les eaux sont basiques exceptée celle prélevée au niveau de l' abattoir.

Par rapport aux eaux de surface, le taux d'oxygène, la DCO et la DBO au niveau de l'exutoire et au milieu du fleuve sont non conformes à la norme d'une eau de surface qui doit être supérieur à 7 mg/L pour l'oxygène, inférieur ou égal à 20 mg/L pour la DCO et inférieur égal à 3 pour la DBO.

Les eaux prélevées en date du 27 Avril 2021 indiquent que les eaux usées brutes des usines sont non conformes exceptées celles de BATEXI et de l'Abattoir suivant la conductivité. Le taux de DCO et DBO sont non conformes excepté l'eau usée de l'abattoir qui a un pH acide de (4,8).

Le taux d'oxygène est non conforme pour l'ensemble des usines. Par rapport au pH, les eaux sont basiques.

Par rapport à l'analyse des eaux de surface, la DCO et la DBO sont conformes aux normes admises.

Le taux d'oxygène dissous est non conforme au niveau de l'exutoire. Par contre, il est conforme au milieu du fleuve.

Tableau 3 : Résultat d'analyse des eaux usées industrielles du 07/04/2021 au 27/04/2021

Date de prélèvement : 07/04/2021							Date de prélèvement : 27/04/2021					
Unité industrielle	Cond $\mu\text{s/cm}$	pH	T °C	O ₂ mg/L	DCO mg/L	DBO ₅ mg/L	Cond $\mu\text{s/cm}$	pH	T °C	O ₂ mg/L	DCO mg/L	DBO ₅ mg/L
Abattoir	510	4,86	29,8	2,48	1332	650	1777	6,54	27,1	0,16	88	38
Tolmali	4790	9,43	33,6	1,32	89	37	2970	10,83	28,0	0,90	826	345
Euro lait	4110	11,66	36,6	0,62	1131	650	2630	10,60	27,6	0,30	1603	1550
Batexci	1333	8,67	36,6	0,73	127	51	1401	9,11	27,4	0,12	490	306
Tannerie West Arica	-	-	-	-	-	-	7960	7,61	27,4	0,17	779	620
IMAT	11360	6,71	32,3	0,15	1217	754	9150	7,89	27,5	0,14	1603	1550
Entrée Angesem	5220	7,69	35,3	0,12	949	400	5380	7,72	27,1	0,16	2227	900
Sortie Angesem	5850	8,36	31,5	1,92	624	250	6710	8,39	26,9	0,10	632	260
exutoire	102	7,86	31,5	5,20	20	8	67	7,25	31,2	2,47	18	11
Milieu	51,1	7,08	31,6	5,12	4	2	46	7,46	31,8	6,97	8	4
Norme de rejet	≤ 2500	6,5_9,5	-	≥ 6	150	50	≤ 2500	6,5_9,5	-	≥ 6	150	50
Norme Adour Garone	≤ 400	6,5-8,5	25-30	> 7	≤ 20	≤ 3	≤ 400	6,5-8,5	25-30	> 7	≤ 20	≤ 3

Source : Laboratoire National des Eaux, 2021

Des prélèvements ont été effectués en deux temps au mois de Juin, le 3 et le 29 (tableau 4).

Les résultats d'analyses d'eaux usées en date du 03 Juin 2021 par rapport à la conductivité, indiquent que les eaux usées brutes des usines sont conformes à la norme (2500 $\mu\text{s/cm}$) exceptées l'eau usée de la Tannerie West Africa (12900 $\mu\text{s/cm}$), de la tannerie IMAT (7720 $\mu\text{s/cm}$), de l'éfluent à l'entrée de ANGESEM (3570 $\mu\text{s/cm}$), de la sortie ANGESEM (4680 $\mu\text{s/cm}$).

La charge maximale a été observée au niveau de de la Tannerie West Africa (12900 $\mu\text{s/cm}$). Par rapport à l'analyse DCO et DBO, la qualité est non conforme à la norme (150 mg/L pour la DCO et 50 mg/L pour la DBO) au niveau de tous les points de prélèvement.

La charge polluante la plus élevée a été observée au niveau de l'Abattoir pour la DCO 2033 mg/L et La tannerie IMAT 1150 mg/L pour la DBO. Par rapport au taux d'oxygène dissous, la qualité des eaux est non conforme pour l'ensemble des usines la norme admise doit être supérieure ou égale à 6 mg/L. Par rapport au pH (potentiel hydrogène), les eaux sont basiques exceptée celle prélevée au niveau de l'Abattoir et de l'exutoire. La valeur la plus élevée a été observée au niveau de l'usine Eurolait soit 11,08.

Par rapport aux eaux de surface, le taux d'oxygène dissous est non conforme à la norme d'une eau de surface qui est doit être supérieur à 7 mg/L pour l'oxygène. La valeur la plus élevée a été observée au milieu du fleuve qui était de 6,02 mg/L.

La DCO et la DBO de l'exutoire est non conforme par contre elles sont conformes au milieu du fleuve, la norme admise étant inférieur ou égal à 20 mg/L pour la DCO et inférieur égal à 3 pour la DBO.

Les eaux prélevées en date du 29 Juin 2021 indiquent que la qualité des eaux usées brutes des usines sont non conformes par rapport à la conductivité exceptées celles de l'Abattoir et de Batexci. La charge maximale a été observée au niveau de la tannerie IMAT (10680 µs/cm). La DCO et DBO sont non conformes au niveau de toutes les usines.

La charge maximale a été observée au niveau de Eurolait (1373 mg/L) pour la DCO et (1340 mg/L) pour la DBO. Le taux d'oxygène est non conforme pour l'ensemble des usines. La valeur la plus élevée a été observée au niveau de Tolmali qui est de 1,78 mg/L.

Par rapport au pH, les eaux sont basiques exceptées celles de Batexci, l'Abattoir et la tannerie IMAT. La valeur la plus élevée du pH a été observée au niveau de l'usine Eurolait soit 11,69.

Par rapport à l'analyse des eaux de surface, la DCO, DBO, le taux d'oxygène dissous au niveau de l'exutoire et au milieu du fleuve sont non conformes à la norme d'une eau de surface qui est doit être supérieur à 7 mg/L pour l'oxygène, inférieur ou égal à 20 mg/L pour la DCO et inférieur égal à 3 pour la DBO.

La charge maximale a été observée au niveau de l'exutoire (237 mg/L) pour la DCO et (95 mg/L) pour la DBO.

La valeur la plus élevée du taux d'oxygène dissous a été observée au niveau du milieu du fleuve (6,36 mg/L).

Tableau 4: Résultat d'analyse des eaux usées industrielles du 03/06/2021 au 29/06/2021

Date de prélèvement : 03/06/2021							Date de prélèvement : 29/06/2021					
Unité industrielle	Con d µs/cm	pH	T °C	O ₂ mg/L	DC O mg/L	DB O ₅ mg/L	Cond µs/cm	pH	T °C	O ₂ mg/L	DC O mg/L	DB O ₅ mg/L
Abattoir	602	6,9 9	30,0	1,87	2033	900	519	6,57	23,0	0,49	1010	750
Tolmali	1253	7,1 6	32,1	0,32	167	75	2760	9,86	22,4	1,78	306	125
Euro lait	1746	11, 08	35,9	1,34	1215	750	3800	11,6 9	22,5	0,20	1373	1340
Batexci	1466	9,0 7	34,3	2,78	578	380	926	8,65	22,4	0,59	110	60
Tannerie West Arica	1290 0	8,1 5	31,6	0,12	1640	750	8090	7,33	22,1	0,22	883	420
IMAT	7720	8,3 8	31,2	0,23	1586	1150	10680	6,54	22,5	0,54	896	690
Entrée Angese m	3570	7,9 0	32,9	0,13	413	175	3300	7,58	22,4	0,14	624	396
Sortie Angese m	4680	8,1 9	30,8	2,54	353	150	4530	8,32	22,4	0,63	340	150
exutoire	56,8	6,9 9	32,0	5,18	18	8	199,4	7,22	22,5	1,41	237	95
Milieu	50,1	6,9 5	31,7	6,02	4	2	50,4	7,44	22,6	6,36	192	80
Norme de rejet	≤250 0	6,5 _9, 5	-	≥6	150	50	≤2500	6,5_9,5	-	≥6	150	50
Norme Adour Garone	≤400	6,5 - 8,5	25- 30	>7	≤20	≤3	≤400	6,5- 8,5	25- 30	>7	≤20	≤3

Source : Laboratoire National des Eaux, 2021

Des prélèvements ont été effectués en deux temps au mois de Juillet 2021, le 15 et le 27 (tableau 5). Les résultats d'analyses d'eaux usées en date du 15 juillet 2021 par rapport à la conductivité, indiquent que les eaux usées brutes des usines sont conformes à la norme (2500 $\mu\text{s}/\text{cm}$) exceptée celle de l'Abattoir.

La charge maximale a été observée au niveau de la Tannerie West Africa (9430 $\mu\text{s}/\text{cm}$). La DCO et la DBO sont non conformes sur l'ensemble des eaux usées.

La charge maximale a été observée au niveau de l'Abattoir pour la DCO (1466 mg/L) et au niveau de la Tannerie West Africa pour la DBO (910 mg/L). Le taux d'oxygène dissous est non conforme sur l'ensemble des eaux usées. La valeur la plus élevée a été observée au niveau BATEXI (2,64 mg/L).

Par rapport au pH, les eaux usées sont basiques dans l'ensemble exceptée celle de l'abattoir. La valeur maximale a été observée au niveau de l'usine Eurolait (10,90).

L'analyse des eaux de surface au niveau de l'exutoire et au milieu du fleuve indique que la DCO, la DBO, le taux d'oxygène dissous sont non conformes à la norme d'une eau de surface qui est doit être supérieur à 7 mg/L pour l'oxygène, inférieur ou égal à 20 mg/L pour la DCO et inférieur ou égal à 3 pour la DBO.

La charge maximale a été observée au niveau de l'exutoire (20 mg/L) pour la DCO et (9 mg/L) pour la DBO. La valeur la plus élevée du taux d'oxygène dissous a été observée au niveau du milieu du fleuve soit (6,04 mg/L).

Les eaux prélevées en date du 30 Juillet 2021 indiquent que la qualité des eaux usées brutes des usines sont non conformes par rapport à la conductivité exceptées celles de Tolmali, Eurolait, et Batexi.

La charge maximale a été observée au niveau de la tannerie IMAT (9900 $\mu\text{s}/\text{cm}$). La DCO et DBO sont non conformes au niveau de toutes les usines exceptées celles de BATEXI et de la sortie de l'ANSESEM.

La charge maximale a été observée au niveau de la tannerie IMAT avec une DCO de 965 mg/L et une DBO de 810 mg/L. Le taux d'oxygène dissous est non conforme sur l'ensemble des usines exceptée celui de la sortie ANGESEM.

La maximale a été observée au niveau de la sortie ANGESEM qui est de 8,35 mg/L. Par rapport au pH, les eaux sont basiques exceptées celles au niveau de la tannerie IMAT et l'entrée ANGESEM.

La valeur la plus élevée a été observée au niveau de Eurolait soit 11,27. Par rapport à l'analyse des eaux de surface, la DCO, DBO sont conformes au niveau de l'exutoire par contre non conformes au milieu du fleuve. La maximale a été observée au milieu du fleuve soit 148 mg/L pour la DCO et 60 mg/L pour la DBO.

Le taux d'oxygène dissous au niveau de l'exutoire et au milieu du fleuve sont non conformes à la norme d'une eau de surface qui est doit être supérieur à 7 mg/L . La maximale a été observée au milieu du fleuve (5,99 mg/L).

Tableau 5 : Résultat d'analyse des eaux usées industrielles du 15/07/2021 au 27/07/2021

Date de prélèvement : 15/07/2021							Date de prélèvement : 27/07/2021					
Unité industrielle	Cond $\mu\text{s/cm}$	pH	T °C	O ₂ mg/L	DCO mg/L	DBO ₅ mg/L	Cond $\mu\text{s/cm}$	pH	T °C	O ₂ mg/L	DCO mg/L	DBO ₅ mg/L
Abattoir	773	6,73	29,8	0,4	1466	600	-	-	-	-	-	-
Tolmali	3860	10,74	31,5	2,34	467	210	2220	9,18	31,7	4,76	602	250
Euro lait	2120	10,90	33,8	0,27	1033	870	2330	11,27	33,8	3,50	917	800
Batexci	1290	9,03	31,9	2,64	211	126	717	8,23	33,8	2,51	53	25
Tannerie West Arica	9430	7,46	29,8	0,20	1427	910	6750	7,04	31,1	0,32	574	385
IMAT	7220	8,66	29,8	0,25	1398	900	9900	7,54	31,5	0,19	965	810
Entrée Angesem	3100	7,66	30,1	0,13	401	224	4030	7,25	32,1	0,18	628	552
Sortie Angesem	3730	8,44	32,0	8,82	160	65	3010	8,22	32,4	8,35	121	50
exutoire	120	7,28	31,0	3,99	20	9	67	7,07	29,3	3,46	4	2
Milieu	49,2	7,11	30,7	6,04	10	5	37	8,06	29,1	5,99	148	60
Norme de rejet	≤ 2500	6,5_9,5	-	≥ 6	150	50	≤ 2500	6,5_9,5	-	≥ 6	150	50
Norme Adour Garone	≤ 400	6,5-8,5	25-30	> 7	≤ 20	≤ 3	≤ 400	6,5-8,5	25-30	> 7	≤ 20	≤ 3

Source : Laboratoire National des Eaux, 2021

Des prélèvements ont été effectués en deux temps au mois d’Août, le 17 et le 27 (tableau 6). Les résultats d’analyses d’eaux usées en date du 17 Août 2021 par rapport à la conductivité, indiquent que les eaux usées brutes des usines sont non conformes à la norme (2500 $\mu\text{s}/\text{cm}$) exceptée celle de BATEXI.

La charge maximale a été observée au niveau de la Tannerie West Africa (9770 $\mu\text{s}/\text{cm}$). La DCO et la DBO sont non conformes sur l’ensemble des eaux usées exceptée celle de BATEXI.

La charge maximale a été observée au niveau de Eurolait soit 1472 mg/L pour la DCO et 1020 mg/L pour la DBO. Le taux d’oxygène dissous est non conforme sur l’ensemble des eaux usées excepté celui de Batexci. La valeur la plus élevée a été observée au niveau de l’exutoire (4,50 mg/L). Par rapport au pH, les eaux usées sont basiques dans l’ensemble exceptées ceux de la tannerie IMAT et de l’Abattoir. La valeur maximale a été observée au niveau de Eurolait (10,96).

Par rapport à l’analyse des eaux de surface, la conductivité, la DCO, la DBO sont conformes au niveau de l’exutoire et au milieu du fleuve. La charge maximale a été observée au milieu du fleuve (4 mg/L) pour la DCO et (2 mg/L) pour la DBO. Le taux d’oxygène dissous au niveau de l’exutoire et au milieu du fleuve sont non conformes à la norme d’une eau de surface qui doit être supérieur à 7 mg/L. La maximale a été observée au milieu du fleuve (6,20 mg/L).

Les eaux prélevées en date du 27 Août 2021 indiquent que la qualité des eaux usées brutes des usines sont conformes par rapport à la conductivité exceptées celles de la tannerie West Africa, de la tannerie IMAT et l’entrée de l’ANSEGEM.

La charge maximale a été observée au niveau de la tannerie IMAT (9370 $\mu\text{s}/\text{cm}$). La DCO et DBO sont non conformes au niveau de toutes les usines.

La charge maximale a été observée au niveau de la tannerie West Africa soit 2548 mg/L pour la DCO et 1200 mg/L pour la DBO. Le taux d’oxygène dissous est non conforme sur l’ensemble des usines. La maximale a été observée au niveau de Tolmali (0,96 mg/L).

Par rapport au pH, les eaux sont moyennement neutres exceptées celles de l'Abattoir, de la Tannerie West Africa, de la tannerie IMAT et de l'entrée de l'ANGESSEM. La valeur la plus élevée a été observée au niveau de Tolmali soit 10,18.

Tableau 6 : Résultat d'analyse des eaux usées industrielles du 17/08/2021 au 27/08/2021

Date de prélèvement 17/08/2021							Date de prélèvement 27/08/2021					
Unité industrielle	Cond $\mu\text{s/cm}$	pH	T °C	O ₂ mg/L	DCO mg/L	DBO ₅ mg/L	Cond $\mu\text{s/cm}$	pH	T °C	O ₂ mg/L	DCO mg/L	DBO ₅ mg/L
Abattoir	801	6,72	20,1	0,20	1293	580	1347	6,60	28,2	0,26	1441	1060
Tolmali	3700	9,67	20,2	3,93	907	360	1821	10,18	27,9	0,96	745	300
Euro lait	1435	10,96	20,1	0,86	1472	1020	2360	9,25	28,2	0,44	1257	940
Batexci	996	8,94	20,4	0,58	46	22	1882	8,79	27,6	0,19	631	376
Tannerie West Africa	9770	7,91	20,4	0,32	1039	550	2870	7,06	27,8	0,17	2548	1200
IMAT	7220	7,23	20,8	0,33	791	544	9370	7,15	27,9	0,22	882	530
Entrée Angesem	2800	7,72	20,8	0,29	572	308	3680	7,20	28,1	0,25	432	192
Sortie Angesem	3010	8,58	20,6	1,27	133	56	-	-	-	-	-	-
exutoire	37	7,02	20,4	4,50	4	2	-	-	-	-	-	-
Milieu	26	8,04	20,4	6,20	0	0	-	-	-	-	-	-
Norme de rejet	≤ 2500	6,5_9,5	-	≥ 6	150	50	≤ 2500	6,5_9,5	-	≥ 6	150	50
Norme Adour Garone	≤ 400	6,5-8,5	25-30	> 7	≤ 20	≤ 3	≤ 400	6,5-8,5	25-30	> 7	≤ 20	≤ 3

Source : Laboratoire National des Eaux, 2021

Des prélèvements ont été effectués en deux temps sur 02 mois le 11 Novembre 2021 et le 7 Décembre 2021 (tableau 7). Les résultats d'analyses d'eaux usées en date du 11 Novembre 2021 par rapport à la conductivité, indiquent que les eaux usées brutes des usines sont non conformes dans l'ensemble (2500 $\mu\text{s/cm}$) exceptées celle de l'Abattoir. La charge maximale a été observée au niveau de la Tannerie West Africa (11890 $\mu\text{s/cm}$). La DCO et la DBO sont non conformes dans l'ensemble exceptées celles de la Tannerie West Africa. La charge maximale a été observée au niveau de l'Abattoir soit 1613 mg/L pour la DCO et 1127 mg/L pour la DBO. Le taux d'oxygène est non conforme excepté celui de Tolmali. La maximale a été observée au niveau de Tolmali (6,15 mg/L).

Les eaux prélevées en date du 07 Décembre 2021 indiquent que la qualité des eaux usées brutes des usines par rapport à la conductivité sont non conformes dans l'ensemble exceptées celles de l'Abattoir et de Tolmali. La charge maximale a été observée au niveau de la tannerie IMAT (10480 $\mu\text{s/cm}$). La DCO et la DBO sont non conformes sur l'ensemble des points. La charge maximale a été observée au niveau de la tannerie IMAT soit 1584 mg/L pour la DCO et 1000 mg/L pour la DBO. Le taux d'oxygène dissous est non conforme sur l'ensemble des points eaux. La maximale a été observée au niveau de Tolmali soit 1,73 mg/L. Par rapport au pH, les eaux sont basiques exceptées au celle de l'Abattoir. La valeur la plus élevée a été observée au niveau d'Eurolait soit 10,80.

Par rapport à l'analyse des eaux de surface, la DCO, la DBO sont conformes au milieu du fleuve par contre non conformes au niveau de l'exutoire. La maximale a été observée au milieu du fleuve soit 45 mg/L pour la DCO et 18 mg/L pour la DBO. Le taux d'oxygène dissous au niveau de l'exutoire et au milieu du fleuve sont non conformes à la norme d'une eau de surface qui est doit être supérieur à 7 mg/L. La maximale a été observée au milieu du fleuve soit 5,73 mg/L.

Tableau 7 : Résultat d'analyse des eaux usées industrielles du 11/11/2021 au 07/12/2021

Date de prélèvement : 11/11/2021							Date de prélèvement : 07/12/2021					
Unité industrielle	Cond $\mu\text{s/cm}$	pH	T °C	O ₂ mg/L	DCO mg/L	DBO ₅ mg/L	Cond $\mu\text{s/cm}$	pH	T °C	O ₂ mg/L	DCO mg/L	DBO ₅ mg/L
Abattoir	1270	6,27	20,5	1,83	1613	1127	1126	6,89	21,5	0,63	1437	750
Tolmali	2520	10,86	19,7	6,15	854	350	1229	10,41	20,9	1,73	1366	712
Euro lait	2410	8,63	19,8	0,93	1490	1000	2760	10,80	21,1	0,18	1817	800
Batexci	-	-	-	-	-	-	1581	9,08	20,6	0,14	265	120
Tannerie West Arica	2110	7,46	20,6	1,95	94	70	-	-	-	-	-	-
IMAT	11890	7,34	20,2	0,18	923	650	10480	8,12	20,2	0,11	1584	1000
Entrée Angesem	4930	7,14	19,8	0,16	1034	900	3680	7,34	20,6	0,19	1637	810
Sortie Angesem	3290	8,28	20,0	1,55	137	65	4130	8,53	20,7	0,07	324	150
exutoire	-	-	-	-	-	-	318	7,68	19,9	3,14	45	18
Milieu	-	-	-	-	-	-	52	7,43	20,8	5,73	3	1
Norme de rejet	≤ 2500	6,5_9,5	-	≥ 6	150	50	≤ 2500	6,5_9,5	-	≥ 6	150	50
Norme Adour Garone	≤ 400	6,5-8,5	25-30	> 7	≤ 20	≤ 3	≤ 400	6,5-8,5	25-30	> 7	≤ 20	≤ 3

Source : Laboratoire National des Eaux, 2021

La matrice de Léopold, Sorensen (1971) et la grille de Martin Fecteau (1997) ont permis l'identification des impacts environnementaux des activités de traitement de l'effluent industriel sur l'environnement de l'ANGESEM. Dans cet article nous avons analysé les impacts qui sont en lien avec notre thème de recherche à savoir la qualité de l'eau (tableau 8). Les autres impacts environnementaux peuvent servir de pistes pour de recherches futures.

Tableau 8: Composantes environnementales affectées par le traitement de l'effluent.

Milieu physique	Milieu biologique	Milieu humain
- la qualité de l'air; - la qualité l'eau ; - la qualité des sols déchets solides et liquide	- le paysage - la pêche	-les activités socio-économiques ; -la santé/sécurité ; - l'emploi;

Source : Grille de Fecteau 1997

L'effluent traité par l'ANGESEM destiné au rejet dans le fleuve est non conforme à une eau de rejet durant nos périodes de prélèvements par rapport à la conductivité, au taux d'oxygène et à la charge organique.

Ces eaux usées appauvries d'oxygènes émettent des gaz et des odeurs nauséabondes dans l'air qui contribuent à la dégradation de la qualité de l'air pouvant causer l'apparition de maladies respiratoires chez les êtres vivants des zones environnantes et même les passants.

Les eaux usées chargées de matières organiques rejetées dans le fleuve, modifient les paramètres physicochimiques et biologiques de l'écosystème aquatique causant la rareté des espèces aquatiques de leurs habitats naturels ou leurs morts, la baisse de l'activité de pêche, empêchant la baignade, augmentant le coût de traitement de ces eaux pour la consommation humaine.

La pollution du fleuve Niger à Sotuba sera plus accentuée si les ouvrages étaient plus adaptés. La consommation humaine d'espèces aquatiques provenant de ces types d'eaux peut contaminer les êtres humains à travers la chaîne alimentaire.

Les eaux usées en provenance des usines avant traitement sont fortement polluées avec un taux d'oxygène non conforme peuvent avoir des impacts négatifs sur l'homme et le milieu receveur (voir photo 1). La qualité du dimensionnement des ouvrages contribue à la diminution de la pollution du fleuve par la réduction du débit de l'effluent (voir photo 2).

Ces eaux qui sont rejetées dans le fleuve peuvent être source de pollution on y voit des pratiques d'activités maraîchères et de pêche (voir photo 3).

Au point de rejet de l'effluent dans le fleuve, on y voit le developpement de la jacinthe d'eau ce qui est signe de pollution (voir photo 4).



Photo 1 : Canal de drainage des effluents à l'entrée de l'ANFESEM
Source : M. M. Traoré, Octobre 2022



Photo 2 : Drainage de l'effluent vers le fleuve. Source : M. M. Traoré, Octobre 2022



Photo 3 : Pratique d'activités (maraîchage et pêche) près de l'exutoire. Source : M. M. Traoré, Octobre 2022



Photo 4 : Point de rejet de l'effluent dans le fleuve. Source : M. M. Traoré, Octobre 2022

4. Discussion

A l'indépendance en 1960, le pays comptait 34 entreprises industrielles, le secteur était peu diversifié dont 65% des industries étaient en activité à Bamako aux abords du fleuve Niger dans la zone industrielle de sotuba. Soixante deux (62) ans après le constat est que le secteur a été fortement diversifié, le nombre d'entreprise en activité en 2021 est de 991 dont 49 % sont à Bamako. En 1960, le développement industriel était à un rythme où l'impact des eaux de rejets industriels sur le fleuve Niger était faible mais, de nos jours, avec l'accélération du rythme du développement industriel au Mali en général et à Bamako en particulier, les impacts sont majeurs sur le fleuve Niger à Bamako et environ.

La pollution des eaux à travers le drainage de l'effluent dans les bassins de traitement de l'ANGESEM influence négativement le milieu receveur (l'eau du fleuve), ce qui contribue à la dégradation de la biodiversité à travers l'altération du cadre de vie des hommes et des ressources halieutiques.

Notre étude a démontré que la charge polluante (DCO=364 mg/L ; DBO₅=152mg/L) de l'effluent vers le fleuve après traitement dépasse respectivement la norme malienne de rejet de 2,5 à 3 fois. La conductivité (4662 µS/cm) dépasse la norme de 1,8 fois). Le pH (8,36) est conforme et l'oxygène dissous est de 2,80 mg/L qui est en deçà de la norme. Ce taux très faible d'oxygène peut menacer la survie des ressources halieutiques.

Ce résultat concorde avec les constats de Ba F, 2020 sur les impacts des effluents industriels raccordés à la STEP sur la qualité du fleuve Niger à Bamako. Les résultats de l'analyse de l'effluent vers le fleuve était de: pH=7,77 ; MES=380 mg/L ; DCO=1116 mg/L ; DBO₅=485mg/L conductivité= 8140 µS/cm. Elle conclut à une DCO dépassant 7 fois la norme et la DBO 10 fois.

En outre, il a été constaté que l'inadaptation des ouvrages atténue le niveau de pollution des eaux car la présence des déchets de tout genre (sable, cailloux, plastiques, verres, végétaux...) contenus dans les caniveaux de drainage contribuent à atténuer le niveau de pollution de l'effluent sur le fleuve Niger par la diminution son débit. En tout état de cause, nous estimons que le niveau de pollution des eaux du fleuve seront accentués si les ouvrages étaient adaptés au bon écoulement des effluents. Nos résultats confirment ceux obtenus par MAIGA H 2009 sur les effluents des unités industrielles connectées à l'ANGESEM. En effet, les paramètres physicochimiques et les paramètres de pollution était de pH=8,18 ; MES=673mg/L ; DCO=1213mg/L; DBO₅=750mg/L. Ce qui veut dire que l'effluent était basique, la charge polluante dépassait la norme malienne de rejet. Cependant, lors de cette étude, la conductivité et l'oxygène dissous (O₂) n'ont pas été pris en compte alors qu'ils constituent des paramètres importants dans la caractérisation de ces types d'eau.

Une étude menée par Doumbia M, 2011 concluait que les paramètres physicochimiques et paramètres de pollution de l'effluent était de pH=8,36 ; conductivité= 5570 $\mu\text{S}/\text{cm}$; O_2 =0,28 mg/L ; DCO=395 mg/L ; DBO_5 =198mg/L. Ce résultat traduit que l'effluent n'était pas conforme aux normes maliennes de rejet. La conductivité dépassait 02 fois la norme et le taux d'oxygène dissous était très en deçà de la norme, ce qui excluait une possible survie des espèces aquatiques vivant sous l'eau.

BA S et al, 2020 indiquent clairement que le procédé de traitement des eaux usées de l'AGESEM est le lagunage naturel qui est une technique non adaptée pour traiter les eaux usées industrielles notamment celles des tanneries et des industries textiles.

Notre étude démontre que les paramètres physicochimiques et paramètres de pollution de l'effluent était en moyenne de: pH=8,36 ; MES=322 mg/L ; DCO=364 mg/L ; DBO_5 =152mg/L ; conductivité= 4662 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et d'oxygène dissous 2,80 mg/L. Cela confirme que le traitement de l'effluent industriel n'est pas adapté et mérite d'être revu par les structures chargés du traitement des effluents notamment l'ANGESEM.

La saison peut avoir une influence sur les impacts des rejets industriels à travers l'effet de dilution surtout pendant la saison des pluies. Lors de notre étude, il a été constaté que durant les mois d'Août et Novembre, la norme de rejet a été respectée. En effet, le rechargement de la nappe augmente le pouvoir autoépurant du fleuve qui était de 6000 m^3/s en Août comparativement au débit de l'effluent qui était au même moment de 0,85 m^3/s , dans ce cas de figure, les impacts sont naturellement atténués. Inversement en saison sèche, le débit atteint son minimum soit 50 m^3/s , cette baisse diminue la capacité d'autoépuration du fleuve d'où l'augmentation de la charge polluante du fleuve. C'est le cas observée lors de notre étude de Décembre à Juin.

Selon les résultats de notre étude, le fleuve a été impacté négativement toute l'année par l'effluent industriel rejeté dans le fleuve par l'ANGESEM excepté fin Juillet et la mi-Août suivant l'exutoire dont la DCO, la DBO dépassent la norme respectivement de 2 à 6 fois. Cette situation s'explique par le fait que ce point de prélèvement contient non seulement les eaux traitées de l'ANGESEM mais aussi les eaux usées domestiques drainées dans le fleuve par d'autres canaux. Quand on s'approche au milieu du fleuve, le constat est que seulement en début Août le taux de charge organique était nul. Exceptée cette période, les autres mois de l'année ont enregistré des valeurs de DCO et de DBO non conformes. Les valeurs les plus élevées de DCO et de DBO dépassent la norme respectivement de 9,6 à 6,66 fois en fin juin et de 7 à 20 fois en fin juillet !

Contrairement à une conception théorique qui avance un niveau de pollution très faible en saison pluvieuse qu'en saison sèche; cette étude a démontré que la charge polluante du fleuve peut être élevée aussi en saison pluvieuse. Ce phénomène s'explique par le fait qu'en plus de

l'impact des rejets industriels, les eaux usées domestiques viennent s'ajouter par ruissellement diffus sans traitement augmentant du coup le risque de pollution du fleuve Niger. Ce qui est d'ailleurs confirmé par l'étude Carteau menée en 2020.

5. Conclusion

Cette étude démontre que l'accélération du rythme du développement et la diversification du secteur industriel de l'indépendance en 1960 seulement 34 entreprises industrielles dont 64,70 % étaient concentrées à Bamako à nos jours en 2021 soit nous comptons 991 entreprises industrielles dont 49% sont en activité à Bamako. Cette évolution industrielle croissante impacte négativement la qualité du fleuve Niger si les rejets industriels ne sont pas bien traités. L'étude montre aussi que les industries les plus polluantes sont les tanneries West Africa et IMAT dont les effluents sont extrêmement chargés dépassant la norme de rejet respectivement de 3 fois, 7,5 fois, 14 fois pour la conductivité, la DCO, la DBO avec un taux d'oxygène très faible en moyenne 0,32 mg/L.

Les industries moyennement polluantes sont les agroalimentaires (abattoir et EUROLAIT) dont les effluents par rapport à la conductivité sont conformes à la norme mais les DCO et DBO dépassent respectivement 8,76 fois et 16,89 fois la norme de rejet avec un taux d'oxygène très faible en moyenne de 0,89 mg/L.

Les industries faiblement polluantes sont BATEXI (industrie textile) et TOLMALI (industrie métallurgique) dont les effluents sont moins chargés et donc conformes à la norme de rejet par rapport à la conductivité. Cependant la DCO et la DBO dépassent respectivement la norme de rejet de 3 fois et 4 fois avec un taux d'oxygène très faible en moyenne 1,77 mg/L.

Au vu de cette problématique qui se pose avec acuité, et qui impacte la santé des hommes et celle de notre environnement, le défi consiste donc à faire respecter la loi par les unités industrielles et artisanales par un suivi régulier, lutter contre l'incivisme, mettre en place/entretenir les ouvrages adaptés de drainage des effluents.

Références

Alhou B., 2007. Impact des rejets de la ville de Niamey (Niger) sur la qualité des eaux du fleuve Niger. Thèse de Doctorat. Science. Belgique : Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur, Faculté des Sciences, 300 p

Ba F. 2020. Impacts des effluents industriels raccordés à la STEP sur la qualité du fleuve Niger à Bamako. Mémoire de Master. Chimie Appliquée. Bamako : Universités des Sciences, des Techniques et des Technologies, Faculté des Sciences et Techniques, 51 p.

Ba S. et al., 2020. Cartographie du réseau d'égout de Bamako et évaluation des déversements des eaux usées de la ville dans le Fleuve Niger : Join for Water et IPR/IFRA, Rapport technique Etude CART'EAU, 51 p.

Courade G. « Niger, fleuve », Novembre 2022 ». *Ancyclopædia Universalis* [en ligne]. <https://www.universalis.fr/encyclopedie/niger> (8 novembre 2022)

Coulibaly Y., 2022. « Commune du district de Bamako » <https://bamako.ml/communes/> (28 Novembre 2022).

Doumbia M L., 2011. Suivi de la qualité des eaux de rejets de certaines unités industrielles de la ville de Bamako. Rapport de Mission N° 000369. Bamako : Laboratoire National des EAUX, 27 p.

Fathallah Z. et al., 2014. Etude physicochimique des eaux usées de l'unité industrielle papeterie (CDM) à Sidi Yahia El GHARB (Maroc). *Larhyss Journal*, pp 57-69.

Fecteau, M., 2013. « Regard éthique sur des outils d'analyse des impacts environnementaux » *Contribution a de nouvelles Méthodes pour JAT Consulting*, 2013 [en ligne] <https://hal-auf.archives-ouvertes.fr/hal-01212032/document> (15 février 2022)

Hakim K. et al., 2012. : Impacts des rejets industriels sur les eaux de la région de Berrahal (Nord Est Algérien). *Synthèse Révue des Sciences et de la Technologie*, 71, 81

Kassambara, O., 2017. « Evaluation de la performance de la station d'épuration de sotuba et les impacts de son dysfonctionnement sur le fleuve Niger à Bamako Mali ». 03 Avril 2017, [en ligne] <http://dicames.online/jspui/handle/20.500.12177/3990> (08 février 2022)

Koné D., Marico S. , Koné A. 2020 : Analyse de la dynamique industrielle au Mali. *Révue Malienne de Sciences et de Technologie*, vol 1 n°24, série A , pp 104-106

Léopold L. et al., 2000. L'évaluation des impacts environnementaux: un outil d'aide à la décision. Paris, France. Éditions multimodes, 428 p.

Maharoux A. 1987. « les industries du Mali-persée » *Cahiers d'outre-mer*, N° 159 - 40e année 1987, [en ligne] https://www.persee.fr/doc/caoum_0373-5834_1987_num_40_159_3226 (08 février 2022).

MDIPI (Ministère du développement industriel et de la promotion des investissements) 2020 : *Annuaire statistique du secteur industrie, commerce, artisanat, emploi et promotion de l'investissement privé au Mali. (édition annuelle)*. Bamako, CPS Edition, 71 p.

Maiga H., 2011. Suivi de la qualité des eaux de rejets de certaines unités industrielles de la ville de Bamako. Rapport de Mission N° 000369. Bamako : Laboratoire National des EAUX, 5 p.

Sawadogo B., 2018. Traitement des eaux usées industrielles par des procédés membranaires sous climat sahélien : cas des eaux usées de brasserie au Burkina Faso. Thèse de Doctorat .Science de l'Eau et de Génie des procédés. Ouagadougou : Ecole doctorale Sciences et Technologies de l'Eau, l'Energie et l'Environnement 2i E, 196 p.