

## **Évaluation de la charge polluante des effluents urbains du bassin versant du Gourou : Impact sur les ouvrages de drainage, Abidjan, Côte d'Ivoire**

**Domian KONE<sup>1,2</sup>, Gbombélé SORO<sup>1\*</sup> et Nagnin SORO<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Laboratoire des Sciences du sol, de l'eau et des géomatériaux, 22 BP 582 Abidjan 22, Abidjan, Côte d'Ivoire*

<sup>2</sup> *Ministère de l'Hydraulique de l'Assainissement et de la Salubrité, Direction de l'Assainissement Urbain et du Drainage, 01 BP 12666 Abidjan 01, Côte d'Ivoire*

(Reçu le 16 Août 2022 ; Accepté le 03 Octobre 2022)

---

\* Correspondance, courriel : [marc\\_soro@yahoo.fr](mailto:marc_soro@yahoo.fr)

### **Résumé**

Cette étude a pour objectif d'évaluer la charge polluante des effluents urbains du bassin du Gourou et leur impact sur les ouvrages de drainage dudit bassin. Une analyse de ces effluents au laboratoire a permis de caractériser les paramètres physico-chimiques, chimiques et organiques qui ont été comparés aux normes ivoiriennes et celles de l'OMS. Les débits moyens journaliers d'eaux usées déversés dans la baie de Cocody sans aucun traitement adéquat sont estimés à 27,72 m<sup>3</sup>/h. Ces débits sont sous-estimés puisque qu'une quantité importante de ces eaux usées transite par les ouvrages de drainage du bassin versant du Gourou. Le pH des eaux usées est compris entre 6 et 7,4. En ce qui concerne les paramètres microbiologiques, les valeurs moyennes respectives en E. Coli, coliformes fécaux, coliformes totaux, et streptocoques fécaux sont respectivement de 0,33 UFC/100 mL, 3,11 UFC/100 mL, 1,22 UFC/100 mL et 14 UFC/100 mL. Les eaux sont également chargées en métaux lourds à l'exception de l'As avec des concentrations inférieures aux normes ivoiriennes et de l'OMS. Les valeurs moyennes respectives de DCO, DBO<sub>5</sub> et MES sont 125,2 mg O<sub>2</sub>/L, 59,4 mgO<sub>2</sub>/L et 61 mg/L. La valeur maximale de 102,8 mg/L en MES au Carrefour de l'Indenié s'explique par la présence de déchets piégés dans le bassin de rétention à cet endroit. Les rapports DBO<sub>5</sub>/DCO supérieurs à 0,5 montrent que ces eaux sont en général biodégradables. On note également la présence d'hydrocarbures avec une valeur moyenne de 12,25 mg/L due aux activités industrielles et humaines telles que les garages automobiles installés le long du canal principal du Gourou. La quantité et la qualité des effluents sont à l'origine des nombreux dysfonctionnements constatés au niveau du bassin versant du Gourou. Ces résultats sont très importants et doivent servir d'outils pour la prise de décision dans les politiques mises en place pour la protection de ces ouvrages.

**Mots-clés :** *eaux usées, bassin versant, Gourou, baie, Cocody.*

**Abstract****Evaluation of the pollutant load of urban effluents in the Gourou watershed : Impact on drainage works, Abidjan, Côte d'Ivoire**

The objective of this study is to assess the polluting load of urban effluents from the Gourou basin and their impact on the drainage structures of the said basin. An analysis of these effluents in the laboratory made it possible to characterize the physico-chemical, chemical and organic parameters which were compared to Ivorian standards and those of the WHO. The average daily flow of wastewater discharged into Cocody Bay without any adequate treatment is estimated at 27.72 m<sup>3</sup>/h. These flows are underestimated since a large quantity of this wastewater passes through the drainage structures of the Gourou watershed. The pH of wastewater is between 6 and 7.4. With regard to microbiological parameters, the respective average values for E. Coli, faecal coliforms, total coliforms, and faecal streptococci are respectively 0.33 CFU/100 mL, 3.11 CFU/100 mL, 1.22 CFU/100mL and 14 CFU/100mL. The waters are also loaded with heavy metals with the exception of As with concentrations below Ivorian and WHO standards. The respective mean values of COD, BOD5 and TSS are 125.2 mg O<sub>2</sub>/L, 59.4 mg O<sub>2</sub>/L and 61 mg/L. The maximum value of 102.8 mg/L in suspended solids at the Indenié crossroads is explained by the presence of waste trapped in the retention basin at this location. BOD5/COD ratios greater than 0.5 show that these waters are generally biodegradable. We also note the presence of hydrocarbons with an average value of 12.25 mg/L due to industrial and human activities such as car garages installed along the main Gourou channel. The quantity and quality of effluents are the cause of the many dysfunctions observed in the Gourou watershed. These results are very important and should serve as tools for decision-making in the policies put in place for the protection of these structures.

**Keywords :** *wastewater, watershed, Gourou, bay, Cocody.*

**1. Introduction**

Le réseau de drainage du bassin versant du Gourou est constitué de canaux bétonnés ou en terre dont le canal principal du Gourou qui draine les eaux de ruissellement en direction du Carrefour de l'Indenié, son exutoire. Cependant, de nombreux raccordements d'eaux usées sont enregistrés sur ces ouvrages hydrauliques suite à l'incivisme des populations riveraines. La connaissance de la qualité des effluents urbains (collecte, traitement, rejet) permet de limiter les dysfonctionnements des systèmes de gestion et d'éviter les désordres hydrauliques et les inondations par débordement des réseaux en temps de pluie [1]. Les effluents urbains ou industriels sont chargés de matières polluantes organiques ou minérales [2]. Ceci confère à ces effluents un caractère agressif et nuisible pour le milieu récepteur avec divers niveaux de toxicité [2]. En général, les eaux usées devraient être traitées avant leur rejet dans le milieu récepteur, ce qui n'est pas toujours le cas. Cette lacune dans la gestion des eaux usées contribue à la dégradation des ouvrages de drainage liée à la corrosion ou aux dépôts provoqués par la qualité de de ces eaux usées. Cela engendre pour l'Etat, d'importants frais d'entretien et de réparation de ces canaux. Le rejet des sels nutritifs dans les eaux de surface favorise la croissance des végétaux aquatiques qui conduit à une pollution organique et à des phénomènes d'eutrophisation en impactant négativement la qualité des eaux de surface [3]. En Abidjan, les effluents urbains sont déversés dans les ouvrages de drainage grâce à de nombreux branchements anarchiques liés à une insuffisance du réseau d'assainissement collectif. Le taux d'accès à l'assainissement amélioré en Côte d'Ivoire est estimé à 24 %, avec 36 % en milieu urbain et 11 % en milieu rural [4]. Depuis 1974, le schéma d'assainissement d'Abidjan qui visait le raccordement de la totalité des espaces habités à un réseau collectif de transport des eaux usées a permis de construire trois collecteurs de base [4]. La majorité des ménages du

bassin du Gourou, rejettent leurs eaux usées dans la nature et celles-ci se retrouvent dans les collecteurs des eaux pluviales lors des événements pluvieux provoquant de nombreux dysfonctionnements des ouvrages (stations et canalisations). Il est donc impérieux d'évaluer la quantité et la qualité de ces effluents en vue de trouver des solutions durables pour la protection des ouvrages de drainage dans le bassin versant du Gourou. La présente étude a pour objectif d'estimer les débits journalier et mensuel des effluents urbains rejetés dans la baie de Cocody, l'exutoire du bassin versant et de déterminer les paramètres physico-chimiques, biologiques et organiques des eaux usées.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Présentation de la zone d'étude

Le District Autonome d'Abidjan (DAA) est situé au sud de la Côte d'Ivoire, entre les degrés  $5^{\circ}17$  et  $5^{\circ}30$  de latitude Nord et les degrés  $3^{\circ}45$  et  $5^{\circ}20$  de longitude Ouest. C'est dans ce District Autonome que se situe le bassin versant du Gourou (*Figure 1*), objet de notre étude. Son lit constituait autre fois la rivière appelée « GOUGOU » par les peuples autochtones Ebriés. Ce bassin versant s'étend sur trois communes, à savoir : Cocody, Plateau, Adjamé et Abobo. Il se situe sur un axe nord- sud qui draine les écoulements produits par son réseau hydrographique vers la baie de Cocody au sud via le carrefour de l'Indénié. Ce carrefour qui est situé à l'intersection de ces trois communes, constitue le point de croisement du boulevard Charles De Gaulle et de l'Avenue Reboul. La zone est bordée à l'Ouest par la voie de chemin de fer Adjamé — Anyama, qui longe le parc national du Banco, à l'Est par le prolongement du boulevard Latrille jusqu'au quartier des Deux Plateaux, au Nord par le quartier d'Abobo et au Sud par les quartiers d'Adjamé et du Plateau. La forme géométrique de ce bassin versant est semblable à un rectangle d'environ 9 km de longueur (axe Nord -Sud) sur 3 km de largeur (axe Est — Ouest). Sa superficie est estimée à 28,26 Km<sup>2</sup>. Des quantités de sables, déchets solides et d'eaux usées se déposent dans les canaux de drainage ainsi que les bassins de retenue qui se trouvent ainsi obstrués. Ce phénomène provoque des inondations au carrefour de l'Indénié tout en accélérant le dépôt de sable sur les berges de la lagune Ebrié.

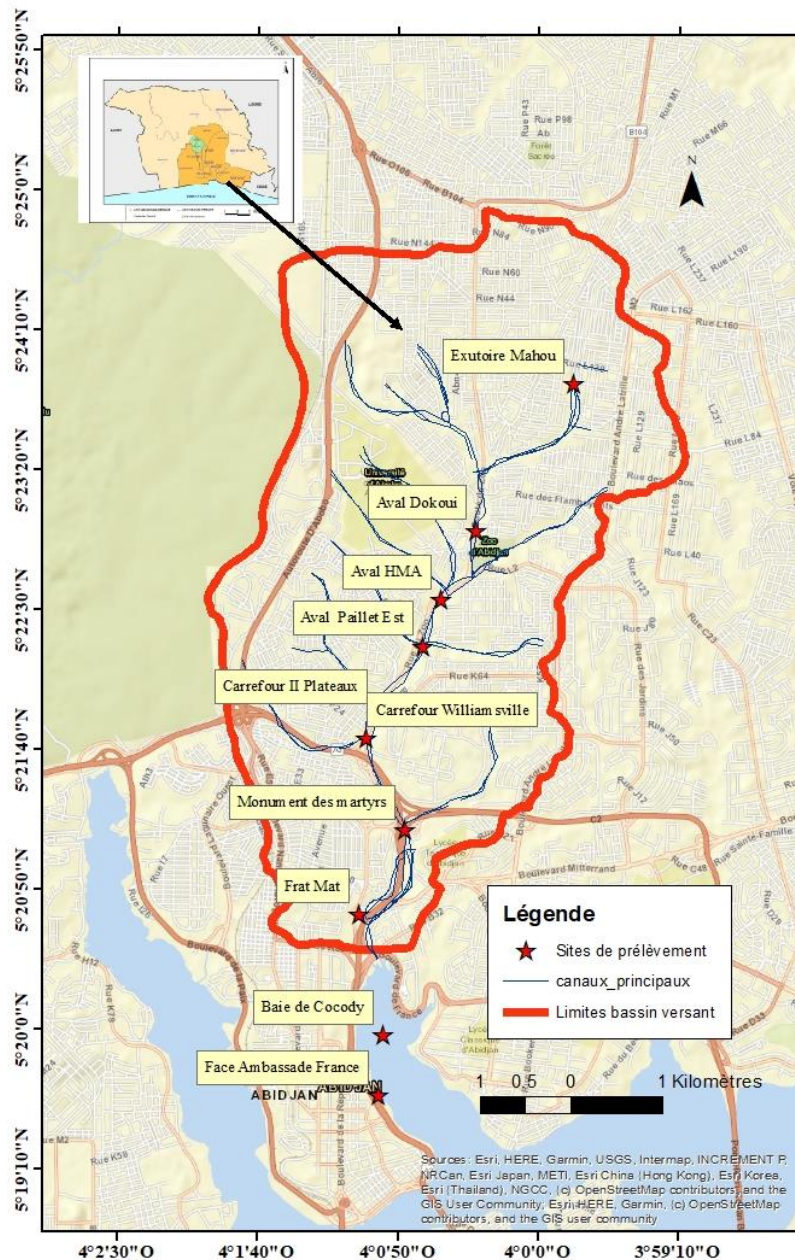


Figure 1 : Zone d'étude et sites d'échantillonnage

## 2-2. Choix des sites d'échantillonnage et données

Pour déterminer la qualité des eaux du bassin versant du Gourou, les points de mesures choisis sont au nombre de dix (10), répartis sur l'ensemble du bassin versant dont huit (8) situés sur le canal du Gourou ou ces affluents et deux (2) points situés au niveau de la Baie de Cocody (proche de l'embouchure du canal du Gourou et plus en aval). Le **Tableau 1** donne la localisation et les coordonnées GPS des sites de prélèvement.

**Tableau 1 : Localisation des points de mesure des eaux pluviales**

| Points | Latitude (X) | Longitude (Y) | Localisation            |
|--------|--------------|---------------|-------------------------|
| 1      | 389595       | 596684        | Exutoire Mahou          |
| 1      | 388521       | 595078        | Aval Dokoui             |
| 3      | 388131       | 594315        | Aval HMA                |
| 4      | 387934       | 593809        | Aval Paillet Est        |
| 5      | 387436       | 593060        | Carrefour II Plateau    |
| 6      | 387308       | 592801        | Carrefour Williamsville |
| 7      | 387733       | 591789        | Monument Des Martyrs    |
| 8      | 387234       | 590868        | Frat Mat                |
| 9      | 387494       | 589535        | Baie de Cocody          |
| 10     | 387442       | 588875        | Face Ambassade Fr       |

Les dix (10) sites de prélèvements dans le bassin versant sont présentés sur la **Figure 1**. Les données sont constituées de dix échantillons en raison de trois prélèvements par site, Les résultats de l'analyse de ces échantillons ont servi de base d'étude de ce travail.

**2-3. Matériel et méthodes**

Les échantillons d'eau sont prélevés en surface et en profondeur aussi bien dans les ouvrages de drainage qu'en lagune pour tous les sites avec des bouteilles en verre gainé polyéthylène d'un (01) litre pour les analyses microbiologiques. Les dix (10) échantillons ont été ensuite transportés au laboratoire pour analyse dans une glacière contenant des accumulateurs de froid à une température de 4 °C. Un espace d'environ 5 % du volume de chaque bouteille a été laissé libre pour permettre les échanges gazeux des microorganismes. Les débits d'eaux usées ont été estimés à l'aide d'un débitmètre de type RAVEN-EYE qui mesure la hauteur et la vitesse de l'eau dans le regard sans contact par l'émission d'une onde radar. Les mesures ont été effectuées sur la station de dessablage et dégrillage Reoul située au Carrefour de l'Indénié. Les coordonnées de la station sont : X = 387138,01 m, Y = 590453,47 m, et Z = 14 m (**Photo 1**).



**Photo 1 : Débitmètre dans un regard à l'exutoire**

Les analyses des effluents urbains concernent :

- Les paramètres physico-chimiques et chimiques (pH, DBO<sub>5</sub>, DCO, MES, Azote total, N-NH<sub>4</sub>, Phosphore total, Nitrate, Nitrite, les pesticides organochlorés, les pesticides organophosphorés, les



hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les Hydrocarbures totaux) pour vérifier l'existence de rejets d'eaux usées domestiques mal ou non traités dans le canal du Gourou et ses affluents ;

- Les métaux lourds (fer, zinc, mercure, plomb, nickel, calcium, cuivre, manganèse, arsenic, aluminium, chrome, cadmium, etc.) pour montrer l'impact des activités industrielles ou artisanales ;
- Les paramètres microbiologiques (coliformes fécaux, coliformes totaux, streptocoques fécaux) pour montrer la présence de rejets d'origine anthropique dans les ouvrages de drainage

Une campagne de prélèvements d'échantillons a été réalisée le 03 juin 2015 par temps sec (épisode pluvieux la veille). Pour chaque point, des échantillons journaliers ont été constitués sur la base de trois prélèvements ponctuels (8h -12h -16h.). Le tableur Excel de Microsoft a été utilisé pour le traitement des données et la construction des différents graphiques. Les différentes méthodes d'analyse sont résumées dans le **Tableau 2**.

**Tableau 2 : Méthodologie de suivi des paramètres de qualité des eaux usées de la zone d'étude**

| Paramètre                     | Unité                   | Méthode   |
|-------------------------------|-------------------------|---|
| PH                            | oC                      | Le pH est mesuré par potentiométrie en utilisant une électrode de verre   |
| Conductivité                  | uS/cm                   | Elle est mesurée par la méthode électrométrique qui se base sur la mesure de la résistivité électrique de l'échantillon,  |
| Nitrite(NO <sub>2</sub> )     | mg/L                    | Le suivi des paramètres chimiques minéraux a consisté au dosage de l'ammoniaque, des nitrites, des nitrates, du sulfate à l'aide d'un photomètre  |
| Nitrate(NO <sub>3</sub> )     | mg/L                    |   |
| Ammoniaque (NH <sub>3</sub> ) | mg/L                    |   |
| MES                           | mg/L                    | La détermination des matières en suspension (MES) a été effectuée par filtration sur membrane (microfibre de type wattman GF/C et de millipore 0.45µm),   |
| DBO                           | mg de O <sub>2</sub> /L | La DBO <sub>5</sub> a été déterminée par la méthode respirométrique à l'aide d'un Oxitop. Elle a consisté à conserver un volume représentatif de l'échantillon (164 ml) dans une enceinte thermo                        |
| DCO                           | mg de O <sub>2</sub> /L | La DCO a été analysée par la méthode de digestion en milieu acide dans un excès de dichromate de potassium (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ), suivie d'une lecture au spectrophotomètre DR 6000 à 620 nm |
| Escherichia coli              | UFC/ mL                 | La méthode d'incubation à 44 °C pendant 24h a été utilisée  |
| Streptocoques fécaux          | UFC/ mL                 | La méthode à la Bile Esculine Azide (BEA) et incubation à 37 °C pendant 24h a été utilisée  |
| Coliformes fécaux             | UFC/ mL                 | La méthode à la gélose lactosée biliée au cristal violet et au Rouge neutre (VRBL) et incubation à 44°C a été utilisée  |

### 3. Résultats

#### 3-1. Volume des effluents dans les ouvrages d'assainissement et la baie de Cocody

La **Figure 2** présente les quantités d'eaux usées mensuelles arrivant à la station Reboul, au Carrefour de l'Indenié du mois de janvier à décembre au cours de l'année 2015. Les débits moyens journalier et annuel enregistrés à l'exutoire du bassin versant à la station Reboul sont respectivement de 6552 m<sup>3</sup>/j et de 6 120 m<sup>3</sup>/j pour un débit maximal journalier d'eaux usées de 67 848 m<sup>3</sup>/j.

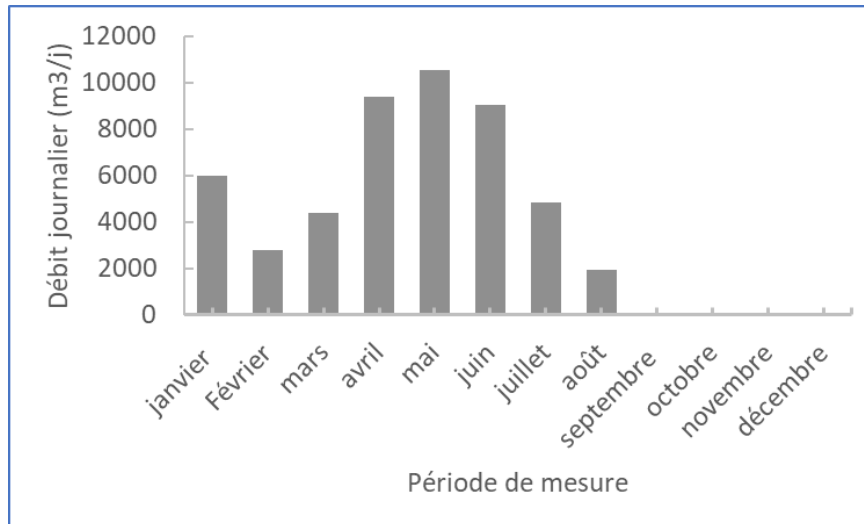


Figure 2 : Variation des débits mensuels d'eaux usées à la station Reboul en 2015

### 3-2. Caractérisations de la pollution des effluents urbains dans les canaux et la baie de Cocody

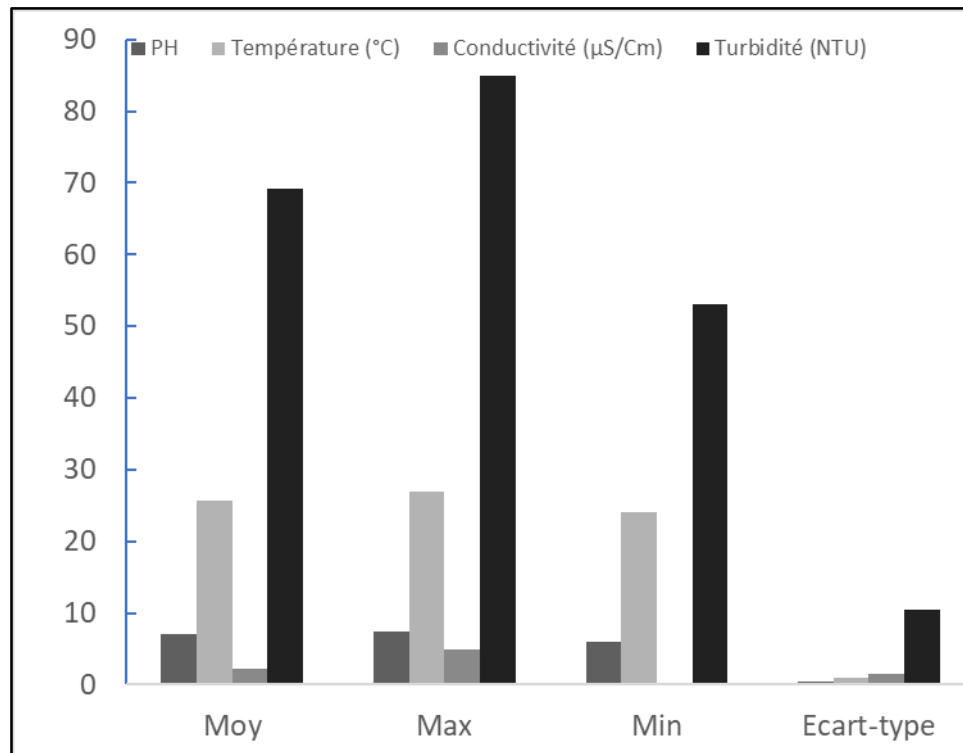
Le **Tableau 3** donne les valeurs moyennes, maximales, minimales, les écart-types ainsi que leurs normes OMS et ivoiriennes des paramètres physico-chimiques, chimiques et organiques des échantillons analysés.

Tableau 3 : Statistiques élémentaires des paramètres physico-chimiques et chimiques des effluents urbains

| Paramètres        | Unités                       | Concentration        |        |       |            | Normes   |               |
|-------------------|------------------------------|----------------------|--------|-------|------------|----------|---------------|
|                   |                              | Moy.                 | Max    | Min   | Ecart-type | OMS 2006 | Cote d'Ivoire |
| Physiques         | pH                           | 7,04                 | 7,4    | 6     | 0,44       | 6,5-9    | 5,5-8,5       |
|                   | Température                  | °C                   | 25,7   | 27    | 24         | 0,58     | 40            |
|                   | Conductivité                 | µS/Cm                | 2,27   | 4,85  | 0,3        | 1,45     | 400           |
|                   | Turbidité                    | NTU                  | 69,2   | 85    | 53,15      | 10,49    | 50            |
| Chimiques         | Ptot                         |                      | 3,94   | 7,35  | 0,09       | 2,39     |               |
|                   | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | mg/l                 | 1,08   | 3,1   | 0,4        | 0,76     | 50            |
|                   | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> |                      | 0,03   | 0,14  | 0,004      | 0,05     |               |
| Organiques        | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> |                      | 13,68  | 32    | 0,7        | 8,35     |               |
|                   | DCO                          | mg/O <sub>2</sub> /l | 125,2  | 210   | 52         | 47,56    | 250-500       |
|                   | DBO <sub>5</sub>             |                      | 59,4   | 100   | 30         | 21,17    | 100-150       |
| Métaux lourds     | MES                          | mg/l                 | 61,016 | 102,8 | 8,4        | 31,04    | 50-150        |
|                   | Fe                           |                      | 0,32   | 0,86  | 0,02       | 0,22     |               |
|                   | Fe+Al                        | mg/l                 | 0,33   | 0,87  | 0,02       | 0,22     |               |
|                   | Pb                           |                      | 0,48   | 0,98  | 0,23       | 0,23     |               |
| Micro-biologiques | Coliformes totaux            |                      | 1,22   | 11    | 0          | 3,48     | 10            |
|                   | Coliformes fécaux            | UFC/100 ml           | 3,11   | 70    | 0          | 22,91    |               |
|                   | Streptocoques fécaux         |                      | 14     | 87    | 0          | 26,9     |               |
|                   | E. Coli                      |                      | 0,33   | 1     | 0          | 0,52     |               |
| Hydrocarbures     | TPH                          | mg/l                 | 12,25  | 54,86 | 5,23       | 15,07    |               |
|                   | HAP                          |                      | 1,75   | 1     | 1          | 1,16     |               |

### 3-2-1. Paramètres physiques

La **Figure 3** donne les valeurs moyennes, maximales, minimales et les écart-types des paramètres physiques (pH, température, conductivité, turbidité) des eaux usées des ouvrages de drainage pour chaque site d'échantillonnage. Les résultats indiquent que le pH moyen est de 7,4. La valeur de la température moyenne est 25,7 °C. Les valeurs respectives de la conductivité et la turbidité sont 2,27µS/Cm et 69,2 NTU. Toutes ces valeurs des paramètres physiques respectent les normes ivoiriennes et celles de l'OMS.



**Figure 3 :** Paramètres physiques des effluents du bassin versant du Gourou

### 3-2-2. Paramètres chimiques

La **Figure 4** donne les valeurs des concentrations moyennes, maximales, minimales et les écart-types des paramètres chimiques (P<sub>tot</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) des eaux usées des ouvrages de drainage. Les résultats obtenus indiquent que les valeurs moyennes respectives de phosphore, nitrites, nitrates et d'ammoniac sont 3,94 mg/L, 0,03 mg/L, 1,08 mg/L et 13,68 mg/L. On note une valeur maximale en nitrates de 3,1 mg/L sur le site 5 (Carrefour II Plateaux) contre 7,35 mg/L pour le phosphore, 32 mg/L pour l'ammoniac et 0,14 mg/L pour les nitrites.



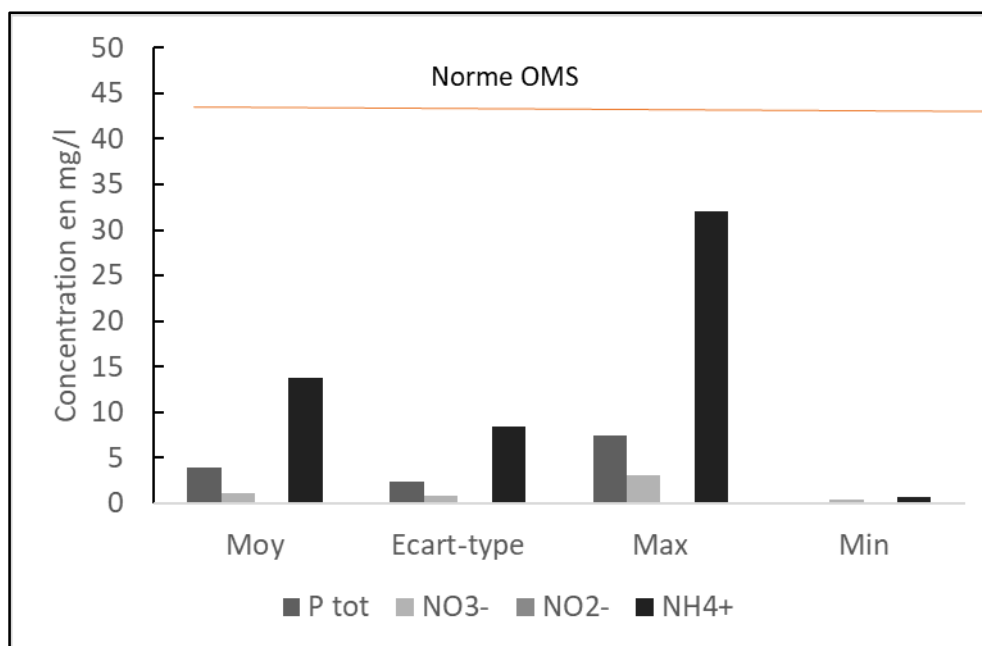


Figure 4 : Évaluation de la charge minérale azotée et phosphatée des effluents urbains

### 3-2-3. Pollution organique

La **Figure 5** donne les concentrations maximales, minimales, moyennes et les écart-types de la pollution organique (DCO, DBO<sub>5</sub>, MES) des effluents urbains des ouvrages de drainage au niveau des dix (10) échantillons étudiés. L'analyse des résultats révèle une concentration moyenne de DCO (125,2 mg O<sub>2</sub>/L) supérieure à celles de la DBO<sub>5</sub> (59,4 mg O<sub>2</sub>/L) et des MES (61,016 mg /L). Il en est de même pour les valeurs maximales, minimales des concentrations et celles des écart-types. Pour les MES, la **Photo 2** montre comment elles sont stockées dans un bassin tampon au Carrefour de l'Indenié.

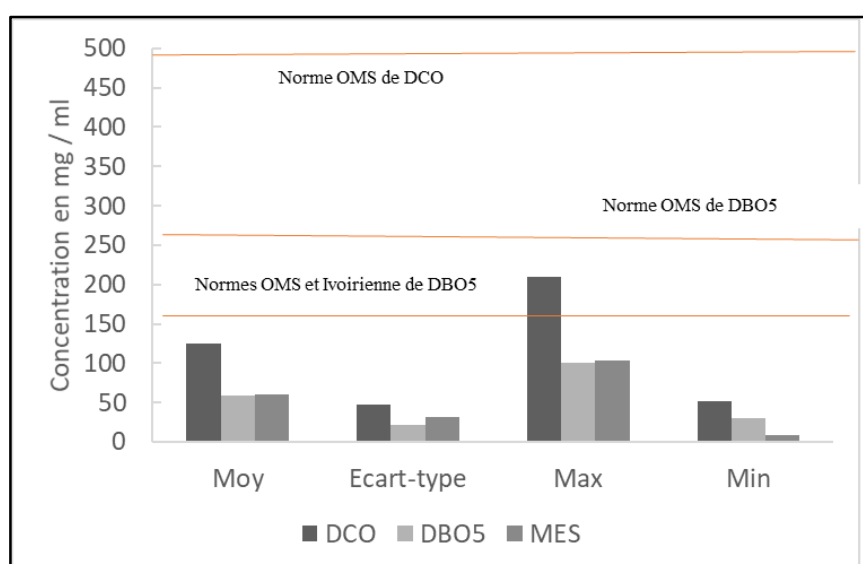


Figure 5 : Évaluation de la charge polluante organique

Le **Tableau 4** donne les différents ratios DCO/DBO<sub>5</sub> et DBO<sub>5</sub>/DCO qui permettent d'apprécier d'une part l'origine des polluants et d'autre part leur biodégradabilité. L'utilisation de ces paramètres constitue un bon

moyen de l'estimation du degré la pollution afin de proposer un mode de traitement convenable. Les ratios DCO/DBO<sub>5</sub> sont compris entre 1,73 et 2,25. En dehors de la station 2, toutes les autres stations présentent un ratio  $\geq 2$ . Le rapport DBO<sub>5</sub>/DCO est compris entre 0,44 et 0,58 avec une valeur moyenne de 0,48. Les valeurs du rapport sont situées d'une part entre 1,4 et 2,5 et d'autre part, entre 2,5 et 3,5. Le rapport DBO<sub>5</sub>/DCO donne une valeur d'environ 0,4 située entre 0,31 et 0,60. Quant aux concentrations moyennes respectives de DBO<sub>5</sub>, DCO et MES, elles sont égales à 59,4 mg O<sub>2</sub>/mL, 125, 2 mg O<sub>2</sub>/mL dans les effluents analysés. Quant aux valeurs maximales obtenues, elles sont de 102,8 mg/ L pour les MES, 100 mg O<sub>2</sub>/mL pour la DBO<sub>5</sub> et 210 mg O<sub>2</sub>/mL pour la DCO. La **Photo 2** montre un stock de déchets solides et liquides au niveau du bassin tampon du Carrefour de l'Indenié.

**Tableau 4 : Coefficients de biodégradabilité des eaux usées du bassin versant du Gourou**

| Sites   | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|---|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Coefficient de biodégradabilité (DCO/DBO <sub>5</sub> ) | 2   | 1,73 | 2,22 | 2,14 | 2,10 | 2,25 | 2,17 | 2    | 2,25 | 2    |
| Ratio DBO <sub>5</sub> /DCO                             | 0,5 | 0,58 | 0,45 | 0,47 | 0,48 | 0,44 | 0,46 | 0,50 | 0,44 | 0,50 |



**Photo 2 : Matières en suspension du bassin tampon à l'Indenié**

### 3-2-4. Pollution métallique

La **Figure 6** donne la variation des concentrations moyennes, maximales, minimales et les écart-types de la pollution en métaux lourds (Fe, Fe+Al, Pb) dans les dix (10) échantillons prélevés. L'analyse des résultats montre que la concentration moyenne du plomb est de 0,48 mg/L. Celle de Fe+Al est de 0,33 mg/L tandis que Fe a une concentration de 0,32 mg/L. Les écart-types de Fe, Fe +Al et du Pb sont tous égaux à la valeur de 0,22. A l'exception de l'Arsenic, tous les métaux lourds ont été détectés dans les 10 échantillons, et notamment le Plomb, le fer avec des concentrations maximales respectives de 0,977 mg/L et 0,347 mg/L.

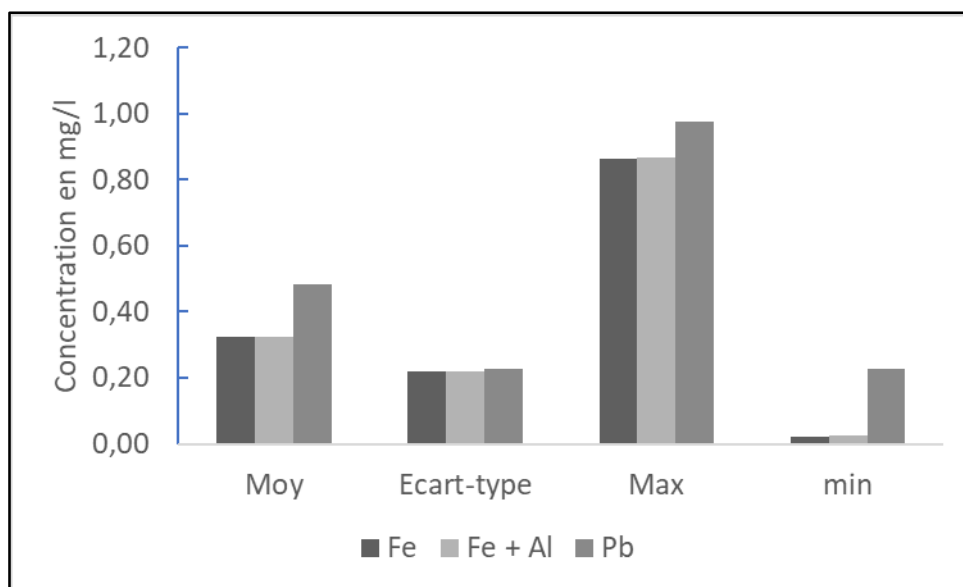


Figure 6 : Évaluation de la charge polluante en métaux lourds

### 3-2-5. Pollution en hydrocarbures

La **Figure 7** donne les valeurs moyennes, maximales, minimales et les écart-types en Hydrocarbures pétroliers totaux (TPH) et en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) des eaux usées des ouvrages de drainage du bassin versant du Gourou. L'analyse des résultats indique des valeurs moyennes respectives en TPH et HAP de 12,24 mg/L et 1,75 mg/L. Une valeur maximale de 54,86 mg/L pour les TPH est enregistrée au Carrefour II Plateau (échantillon 5). Sur ce site, on constate la présence de nombreux garages automobiles le long du canal principal du Gourou (**Photo 3**).

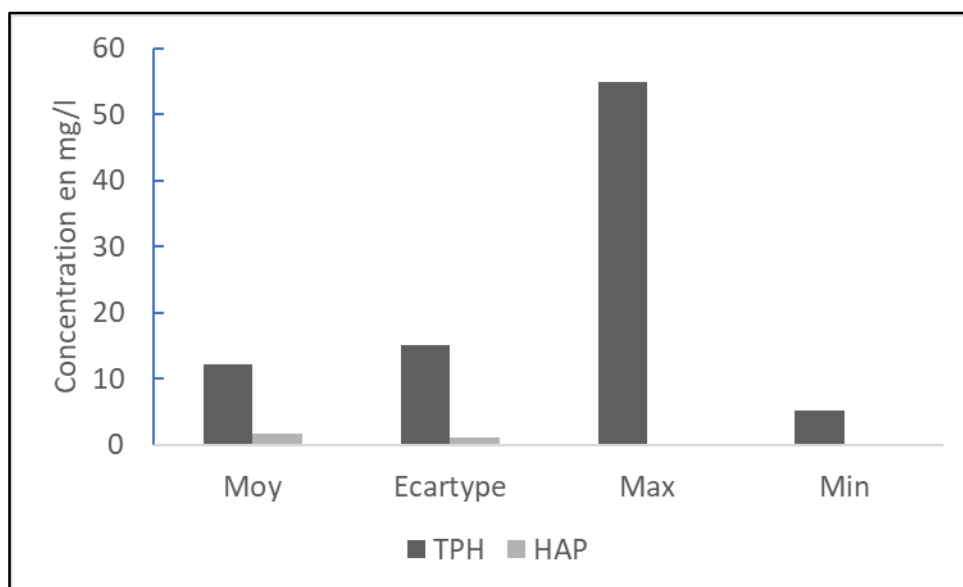


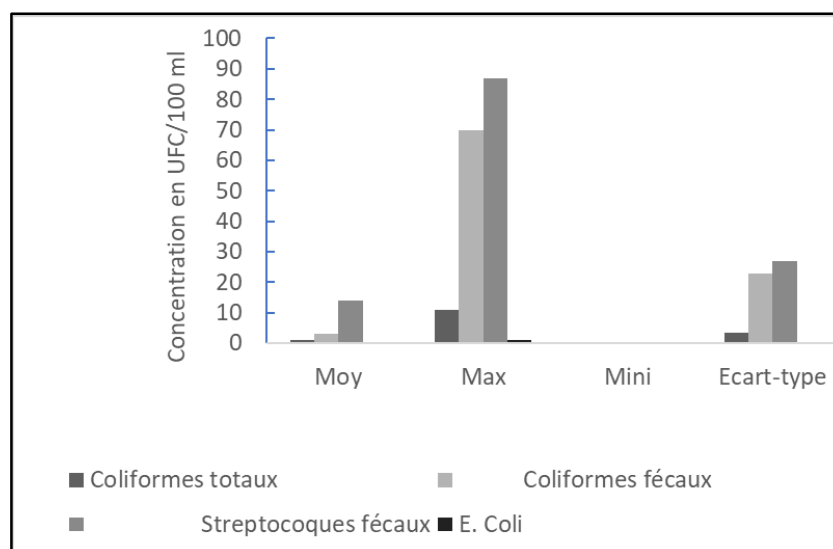
Figure 7 : Évaluation de la charge polluante en hydrocarbures



**Photo 3 :** Garages automobiles et dépotoirs de déchets installés le long du canal principal au Carrefour II Plateaux

### 3-2-6. Charge bactériologique

La **Figure 8** indique les concentrations moyennes, maximales, minimales et les écart-types des paramètres bactériologiques (E. Coli, coliformes fécaux, coliformes totaux, et streptocoques fécaux) des eaux usées des dix sites. L'analyse des résultats indique des valeurs moyennes respectives en E. Coli, coliformes fécaux, coliformes totaux, et streptocoques fécaux de 0,33 UFC/100 mL, 3,11 UFC/100 mL, 1,22 UFC/100 mL et 14 UFC/100 mL. Les streptocoques fécaux sont les plus importants dans le milieu étudié avec un pic de 87 UFC/100 ml sur le site 4 (Carrefour Paillet Est). A l'exception des sites 1 et 2, les coliformes fécaux ne sont pas détectables sur les autres sites. Les streptocoques fécaux ne sont pas présents sur les sites 5, 7, 9 et 10. Quant à *Escherichia coli*, il est absent sur de nombreux sites.



**Figure 8 :** Évaluation de la charge polluante bactériologique

### 3-3. Impacts des effluents urbains sur les ouvrages de drainage

La non collecte des déchets solides dans les ménages, la mauvaise organisation du secteur des déchets solides et le manque de moyens financiers dans les ménages pour payer la precollecte impactent négativement les ouvrages de drainage où des tonnes de déchets solides sont rejetées chaque année (*Photo 4*). Les quartiers sont souvent dépourvus de système de raccordement au réseau d'eaux usées. On note aussi les mauvais comportements des populations en matière d'assainissement qui raccordent leurs eaux usées au réseau des eaux pluviales (*Photo 5*). Les ouvrages de drainage sont ainsi dégradés par la mauvaise qualité de ces effluents urbains. Le phénomène d'ensablement des ouvrages de drainage entraîne souvent leur dysfonctionnement et provoque des débordements d'eaux de ruissellement. En effet, les activités humaines dans le bassin versant du Gourou accentuent l'érosion du sol qui cause les ruptures des ouvrages de drainage (*Photo 6*).



**Photo 4 :** *Déchets solides dans un bassin de rétention au carrefour de l'Indenié*



**Photo 5 :** *Raccordement d'effluents urbains sur le réseau d'eau pluviale*





**Photo 6 :** *Rupture de canal principal au Carrefour Williamsville*

## 4. Discussion

### 4-1. Débit d'eaux usées à l'exutoire du bassin versant

Les débits moyens journaliers et mensuels d'eaux usées respectifs de 273,72 m<sup>3</sup>/h et 255,78 m<sup>3</sup>/h enregistrés à l'exutoire du bassin du versant du Gourou. Ces quantités d'eaux usées mesurées sont importantes et transitent dans les ouvrages hydrauliques (canaux, barrages, bassins de rétention) pour être rejetées ensuite dans la lagune Ebrié. La mauvaise gestion de ces eaux usées dans le milieu récepteur est un problème sous-régional. Ainsi, la majorité des industries Douala (Cameroun) déversent leurs effluents dans le milieu naturel sans traitement préalable [5]. Quant à la nature des effluents rejetés, l'analyse des dix (10) échantillons obtenus montre que les concentrations des paramètres varient au fur et à mesure qu'on s'approche du Carrefour de l'Indenié, exutoire du bassin versant. Les apports en pollution au niveau des ouvrages sont donc multiples. Aussi, le gradient de potentiel génotoxique des eaux usées en différents points du réseau de collecte est décroissant de l'amont à l'aval du réseau [6]. Cependant, grâce aux nombreux travaux de réhabilitation et de construction d'ouvrages de drainage dans le bassin versant, on note une amélioration de la maîtrise des flux polluants, en particulier ceux qui concernent les apports de matière organique, de nutriments (azote et phosphore) et de contaminants bactériologiques [7].

### 4-2. Paramètres organiques

Les résultats de l'analyse des paramètres organiques ont donné des concentrations moyennes respectives DCO et DBO<sub>5</sub> de 125,2 mg O<sub>2</sub>/L et 59,4 mg O<sub>2</sub>/L respectant ainsi les normes OMS et ivoiriennes. Les concentrations moyennes en DBO<sub>5</sub> (125,2 mg O<sub>2</sub>/L) et DCO (59,4 mg O<sub>2</sub>/L) obtenues dans les ouvrages sont largement supérieures aux valeurs de DBO<sub>5</sub> (34,36 mgO<sub>2</sub>/L) et DCO (10,90 mgO<sub>2</sub>/L) des eaux de la rivière Djibi dans le District Autonome d'Abidjan [8]. En effet, les débits d'eaux usées rejetées dans le bassin versant du Gourou sont plus importants (273,72 m<sup>3</sup>/h de rejet par jour). Les ratios de DCO/DBO<sub>5</sub> sont compris entre 1,73 et 2,25 pour les dix (10) sites de mesure. Ce rapport qui est un indicateur de la biodégradabilité des eaux usées est inférieur à 3. Ce qui indique que les effluents urbains rejetés sont facilement biodégradables. Ces



ratios sont inférieurs à ceux obtenus sur les effluents de la ville d'Abomey-Calavi (Benin) qui sont moyennement biodégradables avec un coefficient de biodégradabilité DCO/DBO5 compris entre 3 et 5 [9]. Cependant, le caractère biodégradable des eaux usées n'exclut pas leur impact négatif sur les ouvrages de drainage. Outre, le caractère organique de ces effluents, force est de noter qu'ils sont également chargés en d'autres composants chimiques dangereux pour les ouvrages en béton, tels que les ions chlorures [10]. La valeur moyenne de 61 mg/L en MES traduit la présence de déchets solides dans les différents rejets pouvant compromettre le fonctionnement des ouvrages de drainage. En effet, les concentrations en MES des effluents urbains entraînent la sédimentation de ces derniers dans les réseaux urbains, source de nombreux débordements des ouvrages [11].

#### 4-3. Paramètres organiques

Les valeurs moyennes de plomb (0,48 mg/L) et fer (0,32 mg/L) traduisent une pollution d'origine minérale des effluents. Celle-ci proviendrait de divers rejets dans les ouvrages de drainage tels que les huiles usagées, les déchets d'équipements électriques et électroniques, etc. L'incivisme des populations et l'insuffisance des ouvrages d'assainissement conduit certaines personnes à des branchements anarchiques d'eaux usées sur le réseau des eaux pluviales faisant fi des normes ivoiriennes et celles de l'OMS portant réglementation des rejets et émissions des installations classées pour la protection de l'environnement. Le même constat est fait dans la région du M'Zab (Algérie) où le déversement des eaux usées en aval sans traitement et les raccordements des eaux usées au collecteur principal, ainsi que la présence des fosses septiques non conventionnelles ont créé des problèmes de pollution de la nappe phréatique [12]. En plus, certains industriels refusent de se raccorder à l'égout et le rejet anarchique de leurs eaux usées domestiques constitue un risque pour la pollution des sols [13]. Cette pollution des sols favorise la dégradation de ces ouvrages au fil du temps. Il faut réhabiliter les ouvrages de collecte et de stockage des eaux usées afin qu'ils répondent aux normes en la matière et prévoir un système de traitement de ces eaux usées [9].

#### 4-4. Paramètres organiques

Les valeurs moyennes en phosphates (3,94 mg/L), nitrates (1,08 mg/L), nitrites (0,03 mg/L) et ammoniac (13,68 mg/L) présents dans les échantillons confirment la prolifération de cyanobactéries dans les ouvrages [14]. En effet, Les cyanobactéries étant des microorganismes photosynthétiques émettrices de gaz constituant un risque sanitaire (H<sub>2</sub>S est toxique pour l'humain) et des effets corrosifs sur les équipements ouvrages [14]. Ces concentrations moyennes sont en général assez faibles dans tous les échantillons analysés. La valeur moyenne de 1,08 mg/L de nitrates respecte la norme prescrite par l'OMS (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> < 50 mg/L). Cette concentration est supérieure à la valeur moyenne comprise entre 0,06 et 0,22 mg/L de la pollution en nitrates dans le réseau de distribution d'eau potable en zone Nord de la ville d'Abidjan [15]. La présence de phosphore total et de nitrates des eaux usées du bassin versant est d'origine domestique. En effet, lors des événements pluvieux certains ménages rejettent directement les eaux de toilettes dans le canal du Gourou.

#### 4-5. Pollution bactériologique

L'analyse des résultats bactériologiques donne des valeurs moyennes en E. Coli de 0,33 UFC/100 mL, coliformes fécaux de 3,11 UFC/100 mL, coliformes totaux de 1,22 UFC/100 mL et streptocoques fécaux de 14 UFC/100 mL. On enregistre un pic de 87 UFC/100 mL sur le site 4 (Carrefour Paillet Est). Ces valeurs sont inférieures à aux concentrations moyennes en Escherichia coli variant de 86 UFC/ 100 mL à 183 UFC/100 mL et en Coliformes totaux allant de 61 UFC/ 100 mL à 106 UFC/ 100 mL dans les eaux usées de la Commune d'Antananarivo à Madagascar [16].

#### 4-6. Pollution en hydrocarbures

L'analyse des résultats donne des valeurs moyennes en hydrocarbures HAP de 1,75 mg/L et TPH de 12,24 mg/L. La concentration maximale hydrocarbures TPH de 54,86 mg/l au niveau du Carrefour II Plateau (échantillon 5) indique leur origine anthropique. La concentration particulièrement élevée en hydrocarbures au niveau du Carrefour Deux- Plateaux résulte des nombreux garages automobiles installés le long du canal du Gourou. Ceux-ci déversant directement les huiles de vidange dans les ouvrages en direction de la baie de Cocody, causant ainsi la dégradation de ces ouvrages. Les sulfures et les hydrocarbures sont souvent à l'origine de nuisances olfactives, de dégradation du patrimoine, de perturbations du fonctionnement des stations d'épuration, voire même d'intoxication d'agents d'exploitation [17].

#### 5. Conclusion

La baie de Cocody qui est le prolongement du Carrefour de l'Indenié, exutoire du bassin versant, reçoit des débits importants d'effluents urbains transitant dans les ouvrages de drainage. L'analyse physico-chimique et biologique de ces effluents a montré leur mauvaise qualité. Des métaux lourds ont été détectés, et notamment le Plomb et le Fer, présents en quantités importantes. Le rapport DCO/DBO5 compris entre 1,73 et 2,25 indique que les composants des eaux usées sont biodégradables avec une forte concentration de MES au Carrefour de l'Indenié (bassin de rétention) et la baie de Cocody. De faibles quantités de bactéries d'origine fécale ont été obtenues dans les canaux de drainage. Dans le bassin versant du Gourou, de nombreuses habitations sont raccordées au réseau de drainage et y rejettent leurs eaux usées. Cette situation oblige l'Etat à investir d'énormes flux financiers chaque année dans la réhabilitation et la construction de nouvelles infrastructures d'assainissement et de drainage. En effet, toute la charge polluante évaluée au cours de la présente étude est constituée en majorité de boues qui contribuent l'obstruction des ouvrages de drainage causant ainsi leur dégradation récurrente. Pour protéger les ouvrages et le milieu récepteur, un système séparatif des effluents urbains devrait être mis en place avec l'installation de stations d'épuration avant leur rejet en lagune.

#### Références

- [1] - E. BERTHIER, J. S. FINCK, A. LE GALL, R. WAGNER, A. GÉROLIN, KABDHERAMEN, F. BOUILLAGUET, O. WARUSFEL, J. C. DE BORTOLI, L. ANSTETT, "Retour expériences national sur les bassins d'orage en réseau unitaire". Techniques Sciences Méthodes, France, (2019)
- [2] - Y. CHERGUI, "Séquestration de polluants organiques et minéraux par des bio-adsorbants modifiés : effet du traitement chimique", Thèse, université Abdelhamid ibn badais de Mostaganem. Algérie, (2020)
- [3] - A. J. GBOKO, A. C. AKOBE, A. M. AKA, C. A. AKA, A. F. KOUAME, N. A. KOFFI, O. B. YAPO, S. MONDE, K. AKA, "Etat d'eutrophisation de la lagune continentale Ono (Bonoua sud-est de la Côte d'Ivoire) dans un environnement agro-industriel durant la crue du fleuve Comoé", *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, Vol. 13, N° 6 (2019) 2942 - 2958
- [4] - G. SORO, A. COULIBALY, S. M. KOUAME, B. O. YAPO, N. SORO, "Caractérisation et évaluation de la charge polluante des boues de vidange du district d'Abidjan, sud de la côte d'ivoire", *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, Vol. 1, N° 6 (2020) 78 - 96
- [5] - L. K. A. KAMEGNE, C. DEFO, "Conception et dimensionnement d'un système de traitement des eaux usées brassicoles à Douala, Cameroun : une solution technologique pour la protection de l'environnement en Afrique Subsaharienne", *Sustainable Water Resources Management*, Vol. 7, N° 30 (2021) 1287 - 1302

- [6] - R. MOILLERON, C. MORIN, L. PAULIC, A. MARCONI, V. ROCHER, R. MAILLER, A. BRESSY, L. GARRIGUE-ANTAR, "Caractérisation du potentiel toxique des eaux urbaines par bioessais—Cas de l'agglomération parisienne". *Techniques Sciences Méthodes*, Paris, (2020)
- [7] - C. DUSSERVAIS, O. GUERRI, "Expérience du bassin de la Dordogne, au service de l'adaptation de la gestion des grands ouvrages hydroélectriques aux nouveaux enjeux sociaux, économiques et environnementaux", *E3S Web of Conferences*, Vol. 346, N°01020 (2022)
- [8] - Y. B. KOFFI, O. H. EVI, A. M. KOUASSI, K. E. AHOUSI, A. KAMAGATE, "Cartographie des sources de pollution et caractéristiques physico-chimiques d'une rivière péri-urbaine : Cas de la Djibi dans le District d'Abidjan", *Afrique SCIENCE*, Vol. 17, N°6 (2020) 138 - 153
- [9] - M. V. M. S. KPESSOU, L. ADANGNITODÉ, H. H. SOCLO, "Caractérisation physico-chimique et évaluation de la gestion des eaux usées des résidences universitaires du campus d'Abomey-Calavi. *International Journal of Innovation and Applied Studies*", Vol. 24, N° 2 (2018) 736 - 741
- [10] - C. W. N. EL HOUDA, "Durabilité des éléments en béton armé en milieu marin, Thèse de Doctorat, Centre Universitaire Belhadj Bouchaib-Ain Témouchent", Algérie, (2020)
- [11] - D. AMMAR, L. ABDELAZIZI, T. ABDELALI, "Analyse de la relation débit-matière en suspension durant les crues dans le bassin versant de l'Oued Isser", *Sciences et Technologies*, Vol. 5, N°52 (2020) 19 - 32
- [12] - H. BENHEDID, M. D. BOUHOUN, M. ACHOUB, "Variation de la pollution azotée et phosphorée de la nappe superficielle à Oued M'Zab", *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, Vol. 6, N°35 (2019) 1090 - 1096
- [13] - B. GOUBA, "Revue Internationale du chercheur, Caractérisation du processus de traitement des eaux usées des unités industrielles dans la station de traitement de Kossodo mise en place par l'Office Nationale des Eaux et de l'Assainissement (ONEA) au Burkina-Faso", Vol. 3, N°2 (2022) 19 - 38
- [14] - P. NAMOUR, "Les gaz nocifs des égouts, Synthèse bibliographique", *Techniques Sciences Méthodes*, France (2022) "*Afrique SCIENCE*, 18 (2) (2021) 81 - 93
- [15] - L. O. BLE, G. S. DEGNY, A. DOUAMPO, T. D. SORO, "Qualité physico-chimique des eaux d'adduction publique issues d'une station de traitement d'Abidjan (cas de la station zone Nord d'Adjamé)", Vol. 16, N°2 (2020) 217 - 228
- [16] - S. ANDRIANIRINA, B. RAZANAMPARANY, G. RAMANANTSIZEHENA, "Evolution spatio-temporelle de la pollution des eaux cressonnières et des eaux usées domestiques dans la commune urbaine d'Antananarivo, Madagascar", *Afrique SCIENCE*, Vol. 16, N°2 (2020) 217 - 228
- [17] - H. KHALLAKI, M. KASTALI, S. SOUABI, A. ANOUZLA, "Etude de la performance de la station d'épuration de la société de raffinerie SAMIR (type boues activées)". *Scientific Study & Research*, Vol. 23, N°2 (2022) 119 - 129