

# Mesure de la demande biologique en oxygène (DBO5) des eaux usées de tannerie.

## Abstract :

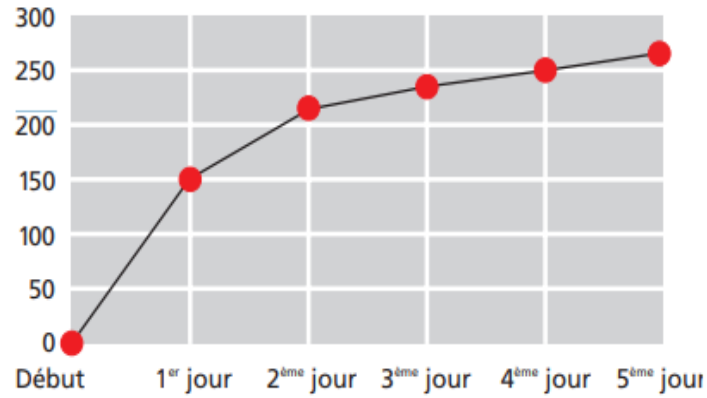
Les eaux usées des tanneries déversées dans les collecteurs y apportent des substances organiques et du chrome. Ces substances métabolisées par des bactéries en aérobiose demande un oxydant exogène : oxygène. La teneur en oxygène de l'eau diminue, pouvant conduire à l'asphyxie de la faune aquatique et à la création de zones dites « mortes ». Les mesures de DBO5 est beaucoup plus réaliste car les bactéries ne métabolisent pas les molécules à longue durée de vie. L'objectif de l'étude est d'évaluer la quantité d'oxygène dissous dans les eaux usées de tannerie. L'étude nécessite une approche chimique qui consiste à soumettre 164 mL d'échantillon d'eaux usées à la photométrie numérique pendant 5 jours avec le DBOmètre de 12 postes placé dans l'obscurité et agité à 100f/mn. Chaque poste contenant la pastille de soude est muni d'un oxiTop. La lecture se faisait à chaque 24H. Les résultats révèlent que les DBO5 étaient de 20mg/L à 31 mg/L avec une plage  $\leq 40$  mg/L. La valeur maximale 31 mg/L de DBO5 obtenue est inférieure à la norme 200 ppm de l'ISO internationale 5815-1 mais supérieur à celle des eaux non polluées 2 à 20 mg O<sub>2</sub>/L). Les mesure de DCO sont en perspective.

## Key words:

Mesure, Demande, Biologique, Oxygène.

## Introduction

L'eau constitue une ressource vitale, vulnérable aux activités surtout industrielles et de son environnement. Les eaux usées de tanneries des collecteurs irriguent en partie les eaux superficielles surtout le fleuve Niger en y apportant des substances organiques et du chrome. Ce qui justifie la variation de la qualité des eaux de surface dans le temps. Pour avoir une bonne connaissance de l'état global de la qualité des eaux usées des tanneries débouchant dans les cours d'eau vivent les animaux aquatiques, les équilibres biologiques, les différents usages des cours d'eau et suivre l'évolution dans le temps, nous avons choisi d'évaluer la qualité des eaux usées de tannerie. Les eaux usées des tanneries constituent une des nuisances, principales causes de pollution des eaux du fleuve Niger. Leur gravité est fonction de la densité des pratiques de tanneries. (KEDDARI, 2015). L'objectif du présent travail consiste principalement à évaluer la demande biologique bactérienne en oxygène dans les échantillons des eaux usées afin d'éviter les problèmes d'asphyxie des animaux aquatiques. Le Système d'Evaluation de la Qualité (SEQ) des eaux du collecteur consiste à adopter la technique de mesure conventionnelle de la pollution de l'eau appelée « demande biologique en oxygène » (DBO). Cette nouvelle technique de mesure de la DBO présente l'avantage de faire toutes les mesures sur un même échantillon d'eau et de déterminer la consommation d'oxygène sans interférer avec l'échantillon. Avec cette nouvelle technique, un capteur optique d'oxygène est inséré dans le récipient. La teneur en oxygène peut ainsi être mesurée en continu directement dans chacun des échantillons, sans les perturber, offrant une mesure beaucoup plus précise et plus facile de la DBO. Lorsque les eaux usées de tanneries se déversent dans le fleuve Niger via des collecteurs, elles y apportent des quantités considérables de substances organiques et minérales. Ces substances sont éliminées par des bactéries chimiotrophes dont la respiration consomme de l'oxygène dissous dans l'eau. Plus la quantité d'eaux usées est importante, plus les bactéries se prolifèrent et plus elles consomment l'oxygène. En conséquence, la teneur en oxygène des cours d'eau où vivent les animaux aquatiques diminue progressivement, pouvant conduire à l'asphyxie de la faune aquatique et à la création de zones dites « mortes ». Ces phénomènes de mort des poissons et autres se rencontrent dans plusieurs rivières, lacs et eaux côtières du monde. Il requiert, plusieurs jours et reflète l'activité microbienne. Une technique de mesure plus fiable pour évaluer le déficit d'oxygène dans les eaux naturelles causé par la pollution matière organique dans l'eau ». Ces connaissances sur la DBO5 font l'objet de l'étude.



**La figure I :** courbe d'interprétation de DBO5, servait d'indicatif pour l'interprétation des résultats de mesure des demandes de besoins en oxygène en 5 jours d'expérience. Les valeurs de DBO mesurées doivent toujours être supérieures à celles de la veille. Ces valeurs n'augmentent pas de façon linéaire. L'augmentation des valeurs est toujours inférieure à celle de la veille. Si les valeurs DBO augmentent de façon linéaire, cela signifie que l'échantillon a une valeur DBO plus importante que celle attendue avant la mesure. L'augmentent de façon soudaine des valeurs de DBO durant la mesure peut être due à une nitrification. La diminution des valeurs de DBO durant la mesure peut être due au fait que le système n'est plus étanche.

### Objectifs :

#### Objectif général

Mesurer la demande biologique en oxygène (DBO5) des eaux usées de tannerie

#### Objectifs spécifiques

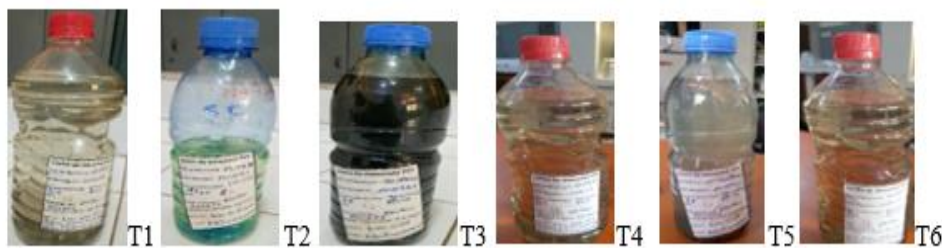
-Identifier les bactéries chimiotrophes dans les échantillons

-Quantifier la concentration en oxygène des échantillons des eaux usées

#### -Matériel et Méthodes

##### . Matériel

**Echantillons :** La recherche a été réalisée sur les échantillons de T1 à T6 d'eaux usées de tannerie des collecteurs de la station d'épuration de Bamako



**Fig 2 :** les échantillons d'eaux usées de tanneries.

#### -Les dispositifs expérimentaux :



**Figure 3 :**

a

b

Les dispositifs expérimentaux (Figure 3a : DBO mètre : **Kits complets 12 postes de mesure de DBO<sub>5</sub>** et Figure 3b : Stuart orbital incubator / 1600 C/ agitateur) ont été utilisés pour la mesure de la DBO<sub>5</sub> des échantillons d'eaux usées. C'est un système de respiration et de détermination du biogaz avec OxiTop®. C'est la méthode d'exploitation conforme aux règlements sur l'autocontrôle sur proposition de la procédure allemande uniforme - DEV, 46<sup>ème</sup> numéro 2000 - H55

**Les milieux de culture pour identifier les colonies microbiennes étaient les suivants**



**Figure 4 :** Le milieu Salmonella Shigella agar (a) a été utilisé pour tester le risque d'infection de typhoïde ou de dysenterie à la manipulation des eaux usées des tanneries  
 Le Desoxycholate agar (b) servait à isoler les coliformes totaux (colique), fécaux (diarrhée)  
 Le nutrient agar (c) a servi d'isoler les bactéries chimiotrophes.  
 Le Sabouraud chloramphénicol dextrose agar (d) servait à détecter les champignons (mortels).  
 Le MacConkey agar (e) servait à détecter la présence de *Escherichia coli*.  
 Les milieux de culture étaient préparés selon les conditions de chaque fabricant qui consistait à peser la quantité de milieux en suspension avec la balance électronique à porter en ébullition puis stériliser à 121°C pendant 15 minutes ou à surfusionner à 45°C. La lecture se faisait avec le compteur de colonies 24 heures après l'incubation. Tous les travaux étaient réalisés sous la hotte. Le vortex servait à homogénéiser les échantillons.

**Les réactifs** ci-dessous étaient utilisés pour l'identification des germes microbiens.

- Carte : GN Code barres : 2412465503566067 Instrument de test : 00001925E9C6 (INRSP)  
 Carte : AST-N240 Code barres : 6402643203422589 Instrument de test : 00001925E9C6 (INRSP) Carte : GN N° de lot : 2412465503 Péréemption : 26 août 2024 13:00 WEST  
 - Carte : GN Code barres : 2412465503566066 Instrument de test : 00001925E9C6 (INRSP)  
 Carte : AST-N240 Code barres : 6402643203422093 Instrument de test : 00001925E9C6 (INRSP)  
 GN N° de lot : 2412465503 Péréemption : 26 août 2024 13:00 WEST  
 - Type de carte : GN Code barres : 2412465503566068 Instrument de test : 00001925E9C6 (INRSP)  
 Type de carte : AST-N240 Code barres : 6402643203423052 Instrument de test : 00001925E9C6 (INRSP)  
 GN N° de lot : 2412465503 Péréemption : 26 août 2024 13:00 WEST

#### **. Méthodes :**

L'étude est : prospective, portant sur la mesure du DBO<sub>5</sub> des eaux usées de tannerie ; transversale s'étendant de 6 mois et analytique qui consistait une déduction à partir des principes fondés sur l'analyse des observations et des expériences.

#### **-Echantillonnage :**

##### **-Site et techniques de prélèvement :**

Les échantillons ont été prélevés dans les collecteurs des eaux usées de tanneries de Bamako à des périodes différentes avec une pissette puis transférés dans les bidons et dans les conditions aseptiques.



**Figure 5** : les étapes de prélèvement des eaux usées de tannerie.

**La taille** : 46 échantillons ont été prélevée en 2024

**-Identification des bactéries dans les échantillons d'eaux usées des tanneries :**

Les micro-organismes doivent être en nombre assez suffisant.

La manipulation des eaux usées des tanneries avait des risques d'infection de microorganismes responsables de coliques, de diarrhées, d'érythèmes, de typhoïdes, de dysenteries, et de maladies fongiques.

**-Isolement des colonies bactériennes des échantillons d'eaux usées des tanneries par culture bactérienne :**

La gélose nutrient agar a étéensemencée par étalement pour isoler les colonies bactériennes des échantillons après une incubation à 37°C et 44°C pendant 24h. Les colonies ont été repiquées sur des milieux sélectifs de culture bactérienne : Drigalski agar.

**-La densité bactérienne dans les échantillons des eaux usées :**

Les nombres de colonies et la densité de bactéries viables par mL et par échantillon d'eaux usées ont été déterminés par comptages avec le compteur de colonies puis par calcul.

**-Coloration Gram des bactéries formant les colonies :**

La technique de double coloration qui consiste à fixer à la chaleur, colorer les frottis de colonies sur lame avec le violet de gentian pour les germes à Gram+ et avec la fuchsine pour les germes à Gram-

**-Propriétés biochimiques des bactéries :**

Les propriétés biochimiques ont été déterminées par la méthode chromatographique avec le Vitek 2.

Les propriétés biochimiques ont permis d'identifier les genres et les espèces des bactéries avec une probabilité de fiabilité d'identification en %.

**. Quantification de la concentration en oxygène des eaux usées de tannerie :**

La méthode de mesure avec OxiTop® fait appel à une approche chimique. La demande biochimique en oxygène durant 5 jours a été évaluée par la méthode de spirométrie dite manométrie qui consiste automatiquement l'évolution de la demande biochimique en oxygène au cours de l'oxydation des matières biodégradables. La mesure a été réalisée avec l'appareil manométrique numérique de type. La méthode reposait sur la mesure de la pression dans un système clos. Elle consistait à placer deux piles lithium (280 mAh) - 2 x CR 2430, de consommation 25 mA maxi, dans le manomètre (OxiTop®) (vertes et jaunes) disposant d'une fonction AutoTemp. A chaque test, 12 échantillons à densité microbienne connue, étaient répartis à 12 postes du kit de DBOmètre. La quantité d'échantillon prélevée et testée par poste était 164 mL. Dans le joint caoutchouc de chaque poste placée dans le goulot du flacon était introduite la pastille d'hydroxyde de sodium capable de piéger l'anhydride de carbone formé lors de la dégradation des matières en suspensions dans les eaux usées de tanneries par les micro-organismes présents. Suivant le volume échantillon utilisé, on règle l'oxygène disponible pour pouvoir effectuer une DBO complète. Les 12 postes étaient placées dans le Stuart orbital incubator / 1600 C/(Fig 1 b) réglé à une température constante 20°C, à 100f/mn d'agitation et à l'obscurité pendant 5 jours. Les microorganismes consomment l'oxygène. Il s'ensuit une dépression dont la valeur est enregistrée. La lecture se faisait

manuellement à chaque 24H en appuyant sur S de l'OxiTop® ou momentanément en appuyant sur M. Les valeurs de DBO<sub>5</sub> affichées sur l'écran inférieur de l'appareil ont été exprimées en mg/L. La DBO<sub>5</sub> a été calculée avec la formule DBO<sub>5</sub> (mgO<sub>2</sub>/l) = Valeur lue \* facteur.

**Tableau I:** Le facteur de conversion de la DBO<sub>5</sub>

| Portée de mesure | Quantité      | Facteur   |
|------------------|---------------|-----------|
| 0-40             | 432 ml        | 1         |
| 0-80             | 365 ml        | 2         |
| 0-200            | 250 ml        | 5         |
| <b>0-400</b>     | <b>164 ml</b> | <b>10</b> |
| 0-800            | 97 ml         | 20        |
| 0-2000           | 43.5 ml       | 50        |
| 0-4000           | 22.7 ml       | 100       |

Le facteur de conversion de DBO<sub>5</sub> était 10 en fonction du volume d'eau usée 164mL du tableau I

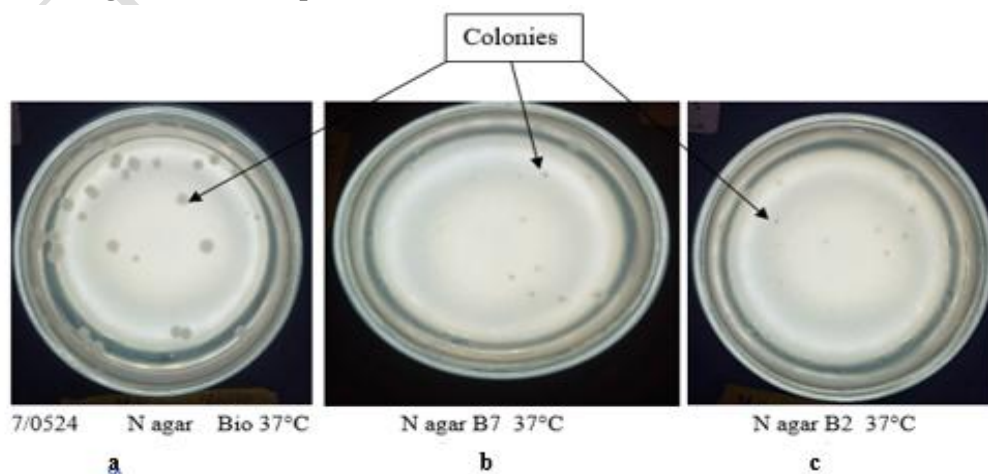
**Tableau II : Grille (de la qualité des eaux superficielles (ABH, 2009))**

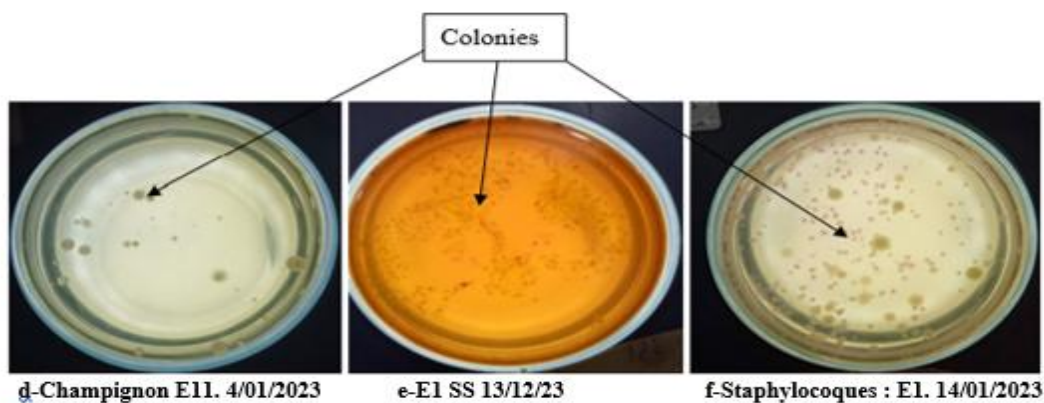
| Classes Paramètres            | Unité                 | Très bonne | Bonne    | Passable | Mauvaise | Très Mauvaise |
|-------------------------------|-----------------------|------------|----------|----------|----------|---------------|
| DCO                           | mg/l d'O <sub>2</sub> | 20         | 30       | 40       | 80       | >80           |
| DBO <sub>5</sub>              | mg/l d'O <sub>2</sub> | 3          | 6        | 10       | 25       | >25           |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | mg/l                  | 0,5        | 1,5      | 2,8      | 4        | >4            |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | mg/l                  | 2          | 10       | 25       | 50       | >50           |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | mg/l                  | 0,03       | 0,3      | 0,5      | 1        | >1            |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | mg/l                  | 0,1        | 0,5      | 1        | 2        | >2            |
| Conductivité                  | µs/cm                 | 180-2500   | 120-3000 | 60-3500  | 0-4000   | >4000         |

La grille a été utilisée pour apprécier la qualité de concentration des eaux usées de tanneries en composition chimique connue et quantifiée. Les facteurs influant sur le DBO<sub>5</sub> ont été interprétés à base du tableau I

## RESULTATS

### . Les colonies de microorganismes isolés par culture





**La figure 6 (a, b, c, d, e, f):**représente respectivement les colonies des microorganismes isolés des échantillons d'eaux usées des tanneries.

Sur le milieu nutrient agar (a, b, c) il a été dénombré 18 colonies UFC/mL de l'échantillon B2 , soient 180 microorganismes; 6 colonies UFC/mL de l'échantillon B7, soient 60 microorganismes , 51 colonies UFC/mL de l'échantillon Bio, soient 510 microorganismes.

d-champignons de couleur blanche de forme régulière, et d'aspect laiteux

e-*Salmonella-Shigella* (SS), respectivement de couleur verdâtre centre noir (*Salmonella*), incolore (*Shigella*) de forme régulière et d'aspect chlorophylle, de gélatine.

f-De Staphylocoques de couleur jaune de forme régulière et d'aspect lisse, luisant et bombé

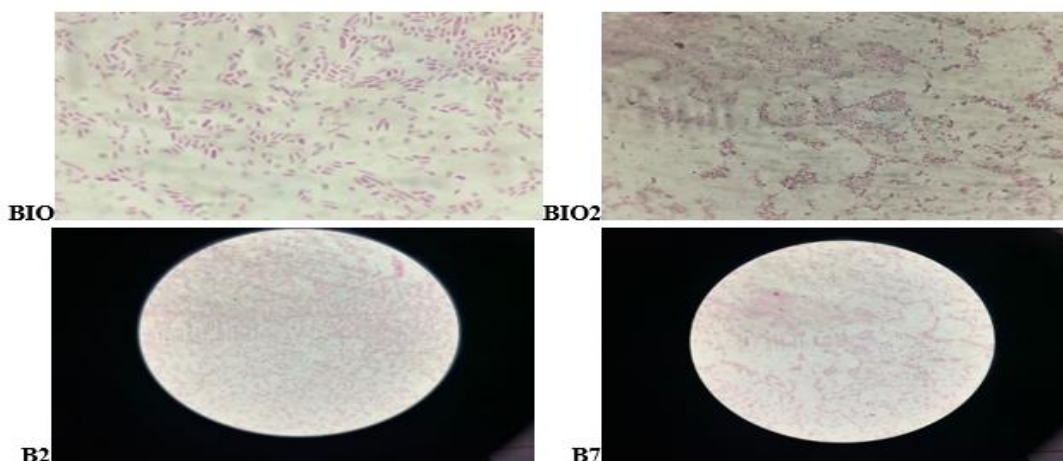
Les cultures sur gélose de Sabouraud chloramphénicol agar comptaient 4 colonies (Levures-Moisissures) après 24 heures d'incubation

**Le Tableau III (Dénombrement après 24 heures d'incubation :**

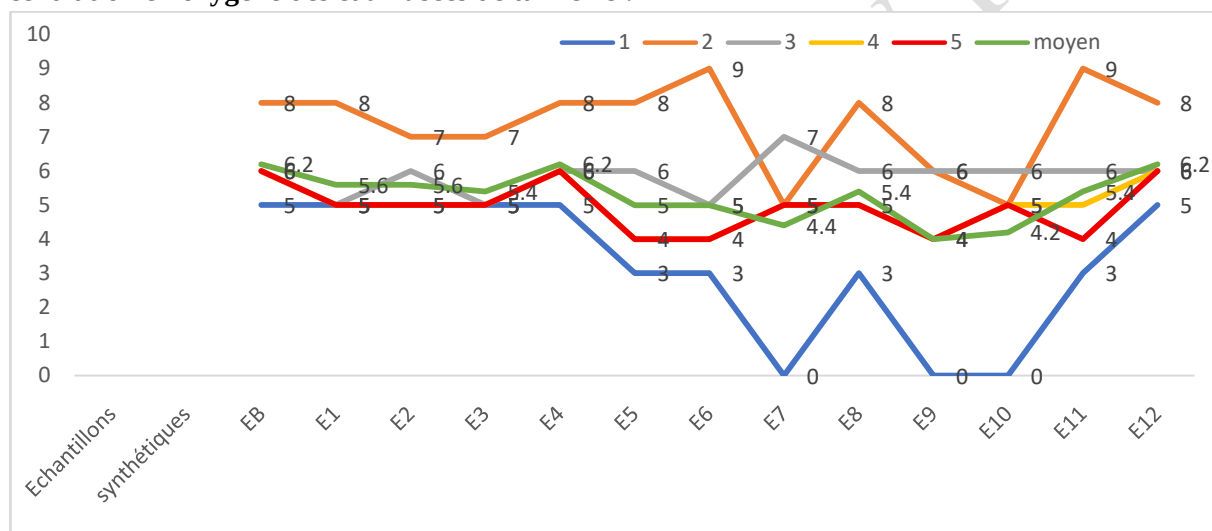
|                              | Méthodes       |                   | Nombre de colonies à 24H d'incubation. Décret n°01-395 P-RM des eaux usées) |                            |                       |                             |                         | Conclusion   |
|------------------------------|----------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------|
|                              | Culture/gélose | Coliformes Totaux | Coliformes Fécaux                                                           | <i>Salmonella Shigella</i> | <i>Staphylocoques</i> | <i>Streptococcus Fécaux</i> | <i>Escherichia coli</i> |              |
| UFC/mL /10 <sup>0</sup> /24H | -              | ≤ 200             | ≤ 120                                                                       | 00                         | 00                    | ≤ 20                        | ≤ 200                   | Conforme     |
| Nombre de colonies           | X              | 09                | 06                                                                          | 05                         | 07                    | 02                          | 18                      | Non Conforme |
| Echantillons                 | -              | E2                | E2 et E4                                                                    | E1, E2, E3, E4             | E1, E3                | E1                          | E4                      | -            |

Ce tableau représente les densités optiques des microorganismes viables dans les échantillons à la dilution 10<sup>-0</sup>

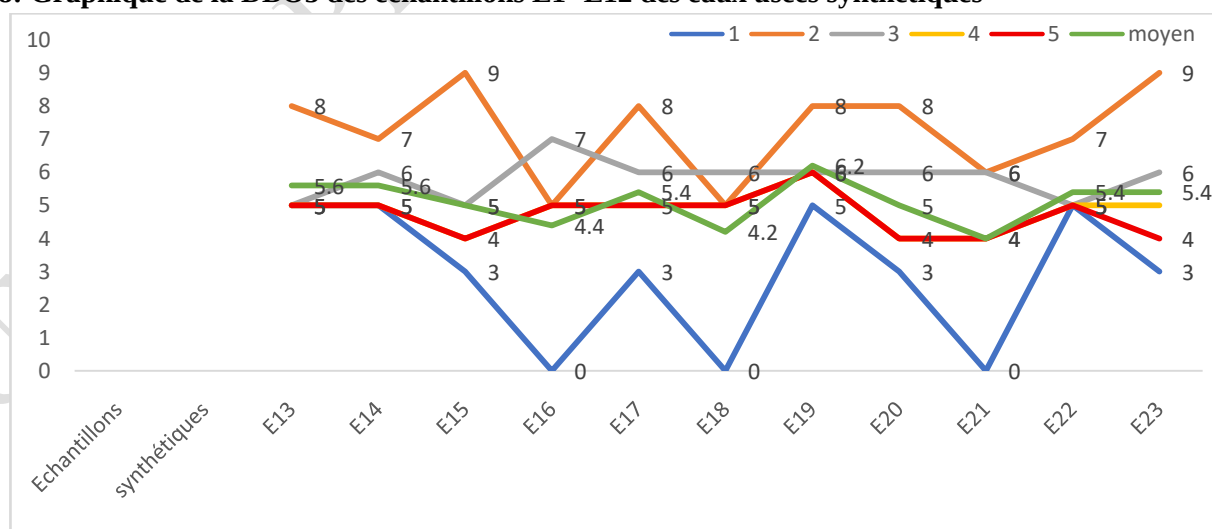
**Les germes observés au microscopiques à la coloration de Gram**



16 **Figure7** montre la présence des bacilles à Gram- (famille des entérobactéries) dans l'échantillons BIO et des Cocci à  
 17 Gram+ ( genre Streptococcus, paroi épaisse, coloration violette) dans l'échantillons BIO2, B2 et B7.  
 18 **Les propriétés biochimiques des Genres et espèces des microorganismes identifiés :**  
 19 -*Pseudomonas déchromicans* : identification 98% de probabilité, la fiabilité d'identification est excellente.  
 20 -*Pseudomonas fluoresceus* 98% de probabilité d'identification.  
 21 -*Rhizobium radiobacter* :97% est la probabilité d'identification de Rhizobium radiobacter. C'est une fiabilité  
 22 d'identification excellente.Le test à l'encontre de fiabilité d'identification de Rhizobium radiobacter est APPA(4)  
 23 -*Raoultella ornithinolytica* : 95% est la probabilité d'identification de Raoultella ornithinolytica. C'est une fiabilité  
 24 d'identification très bonne avec un test à l'encontre 5KG(99),  
 25 -**Slashline**:Germes identifiés et tests discriminants :  
 26 Burkholderia cepacia group  
 27 Burkholderia cepacia SACCHAROSE(99),YELLOW(78),ONPG(99),GELATIN(74),  
 28 Burkholderia vietnamiensisSACCHAROSE(99),YELLOW(0),ONPG(99),GELATIN(0), Burkholderia multivorans  
 29 SACCHAROSE(1),ONPG(99),GELATIN(2),  
 30 Burkholderia stabilis SACCHAROSE(1),ONPG(1),GELATIN(93),  
 31 La probabilité d'identification de *Slashline* est 95%. La fiabilité d'identification très bonne avec tests à l'encontre  
 32 Burkholderia cepacia group d'TRE(3), ,  
 33 . **La concentration en oxygène des eaux usées de tannerie :**

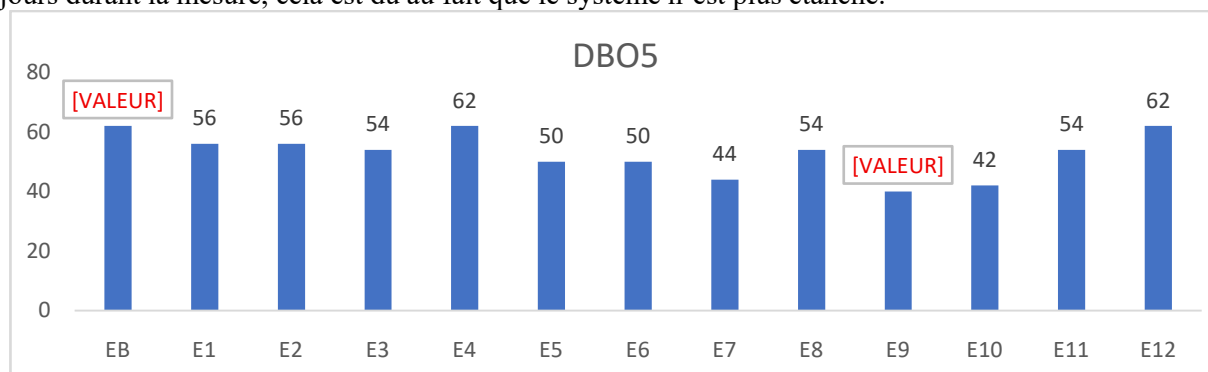


34 **Figure 8: Graphique de la DBO5 des échantillons E1 -E12 des eaux usées synthétiques**



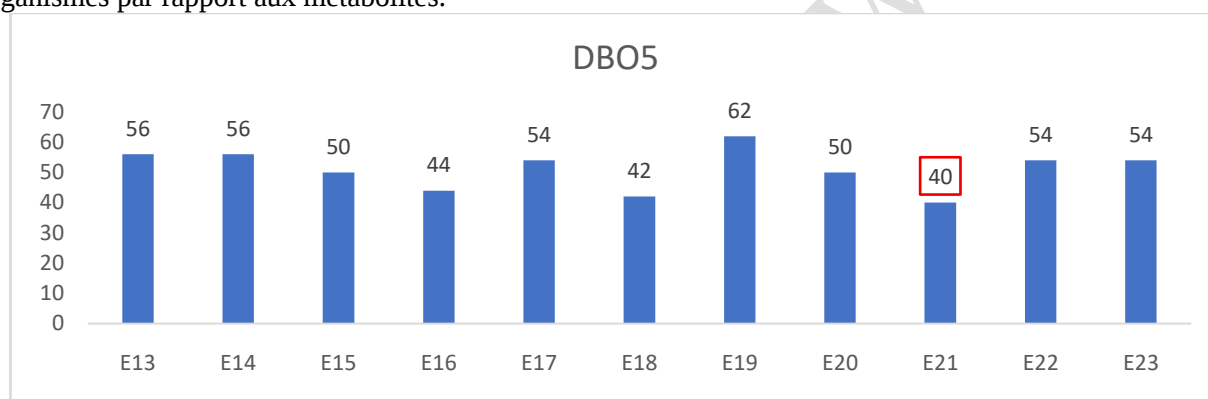
35 **Figure 9: Graphique de la DBO5 des échantillons E13 -E23 d'eaux usées synthétiques**

38 Les valeurs DBO des eaux usées synthétiques mesurées (Figures 8 et 9) sont toujours supérieures à celles de la veille.  
 39 Les valeurs DBO n'augmentent pas de façon linéaire. Les valeurs DBO augmentent de façon soudaine de 5 le 1<sup>er</sup> jour à  
 40 8 le 2<sup>ème</sup> jour durant la mesure, cela est du à une nitrification. Les valeurs DBO diminuent de 8 le 2<sup>ème</sup> jour à 5 aux  
 41 3 autres jours durant la mesure, cela est du au fait que le système n'est plus étanche.



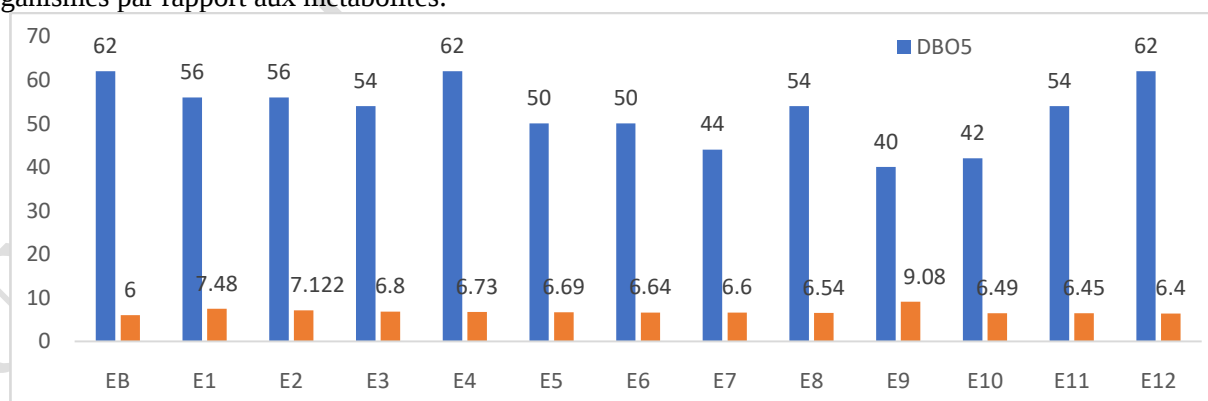
42

43 **Figure 10:** Graphique des DBO5 totales des échantillons des eaux usées  
 44 La demande en oxygène des microorganismes de l'échantillon E9 était la plus faible 40 mg/L. La plus forte demande  
 45 était 62 mg/L dans l'échantillon brute EB. Cette différence peut s'expliquer par l'aptitude et quantité de  
 46 microorganismes par rapport aux métabolites.



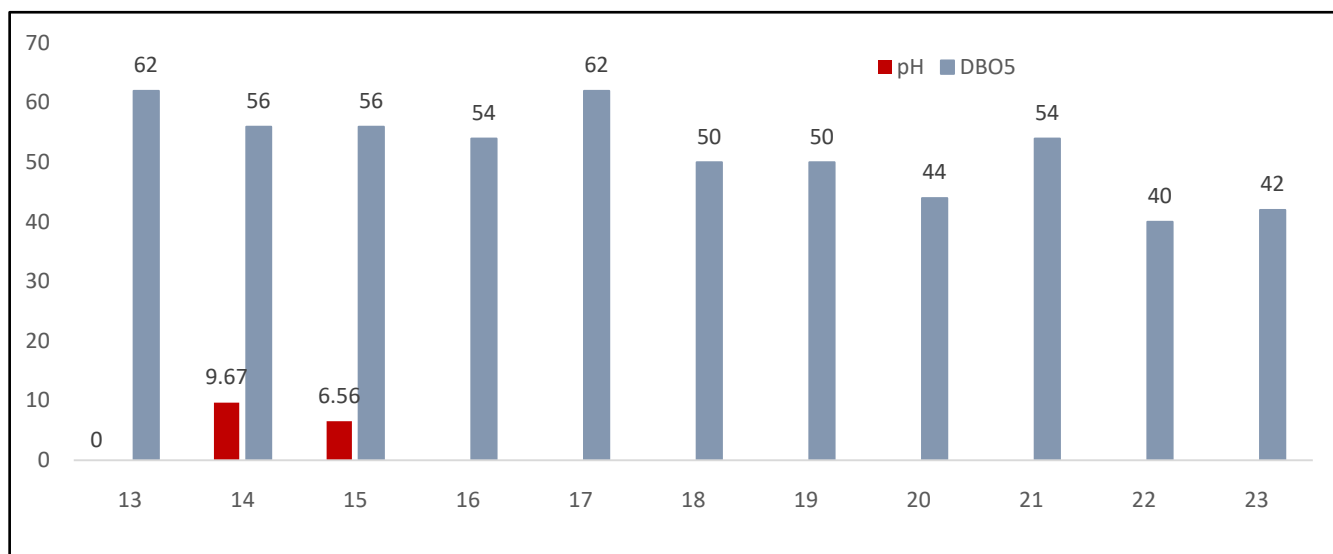
47

48 **Figure 11:** Graphique des DBO5 totales des échantillons des eaux usées  
 49 La demande en oxygène des microorganismes de l'échantillon E21 était la plus faible 40 mg/L. La plus forte demande  
 50 était 62 mg/L dans l'échantillon brute E19. Cette différence peut aussi s'expliquer par l'aptitude et quantité de  
 51 microorganismes par rapport aux métabolites.



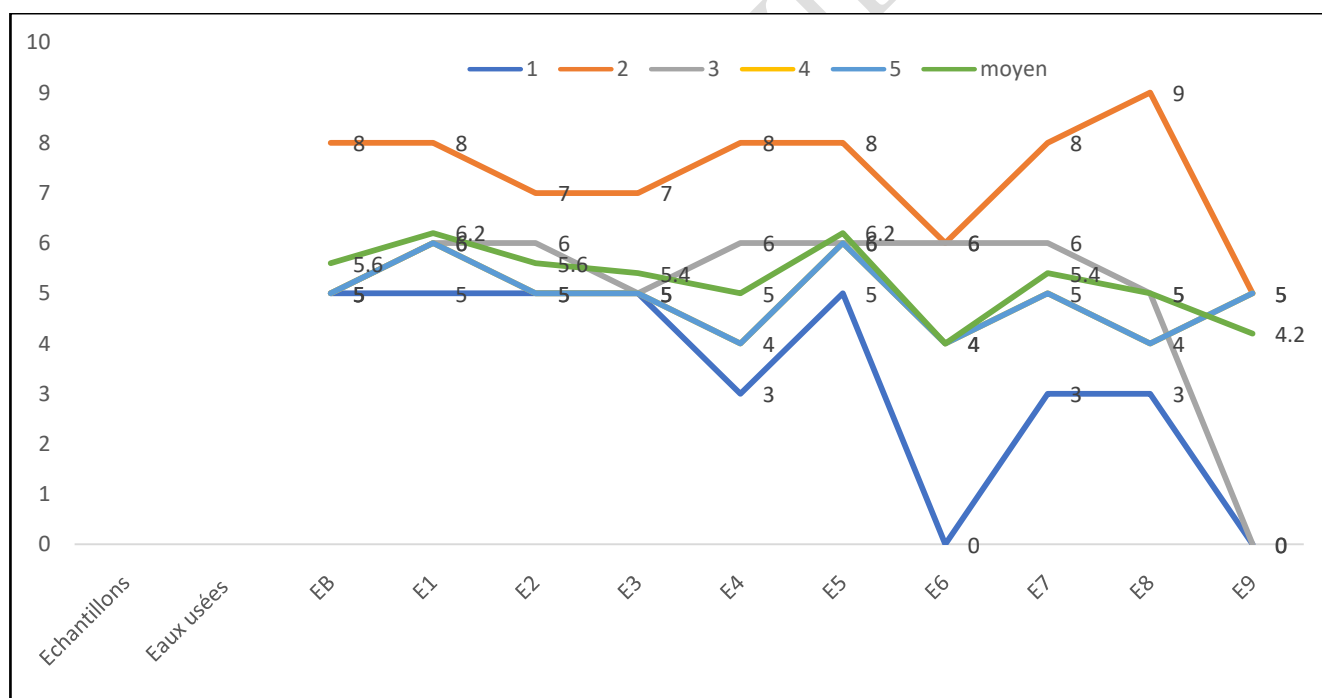
52

53 **Figure 12 :** Graphique des DBO5 totales / P<sup>H</sup> des échantillons d'eaux usées synthétiques  
 54 Les valeurs de DBO5 les plus élevées 62 mg/mL de échantillons EB, E4 et E12 sont obtenues des milieux acides de  
 55 pH 6 à. faiblement neutre 6,73. Les autres valeurs de DBO5 de 40 mg/mL à 56 mg/mL sont obtenues à des valeurs de  
 56 pH basiques 9,08 ou faiblement acide 6,56.  
 57



**Figure 13 :** Graphique des DBO5 totales / P<sup>H</sup> des échantillons d'eaux usées synthétiques

Les valeurs de DBO5 les plus élevées 62 mg/L de échantillons E13 et E17 sont obtenues des milieux basiques. Les autres valeurs de DBO5 de 40 mg/mL à 56 mg/mL sont obtenues à des valeurs de pH basiques 9,67 ou acide 6,56.

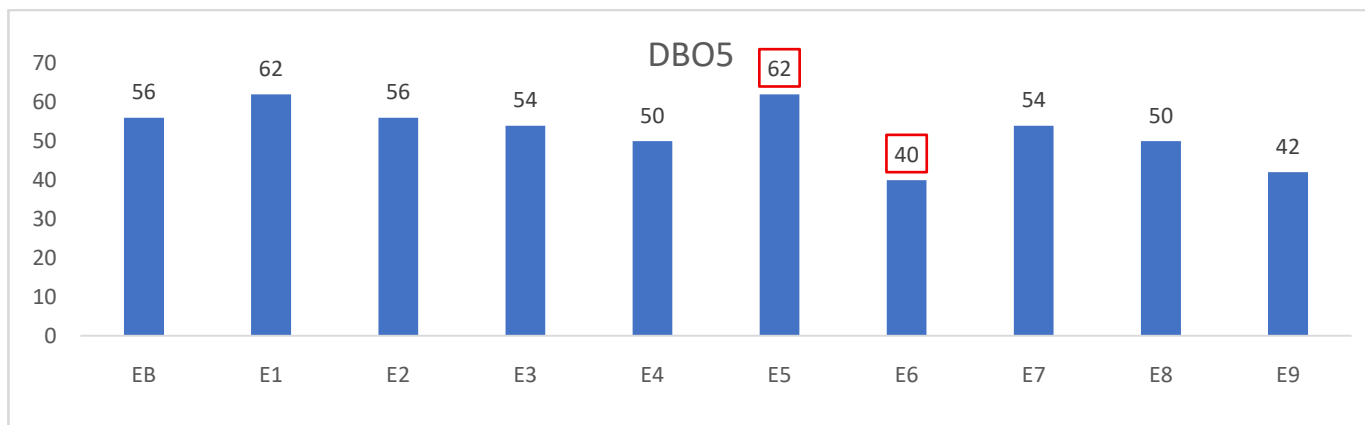


**Figure 14: Graphique de la DBO5 des échantillons d'eaux usées des tanneries brutes**

Les valeurs DBO des eaux usées de tanneries mesurées sont aussi toujours supérieures à celles de la veille. Les valeurs DBO n'augmentent pas de façon linéaire cela explique que les échantillons ont des valeurs DBO plus importantes que celles attendues avant les mesures.

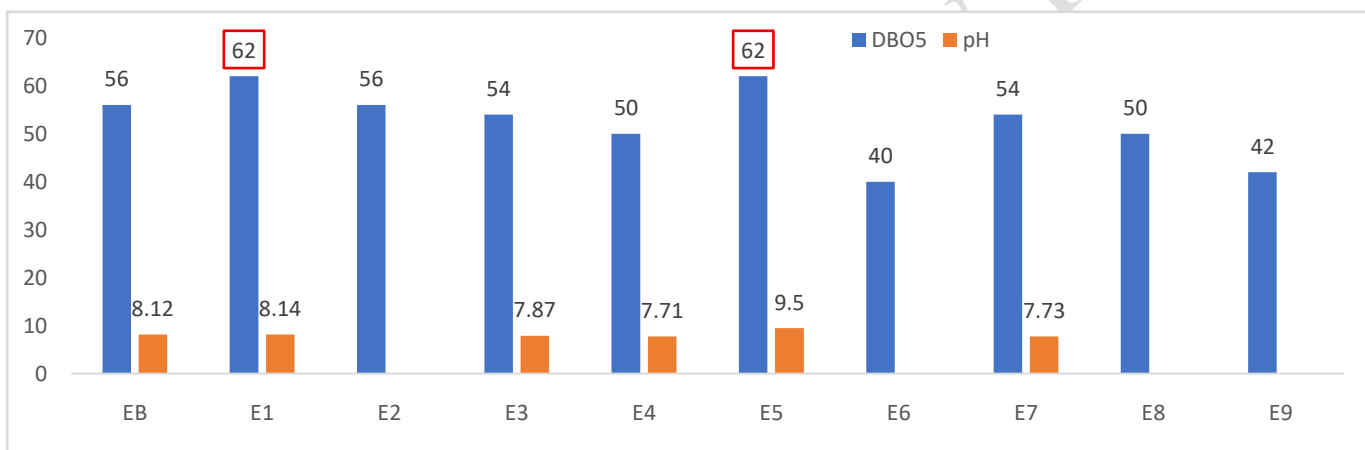
les valeurs. Les valeurs DBO augmentent de façon soudaine de 5 le 1<sup>er</sup> jour à 8 le 2<sup>ème</sup> jour durant la mesure, cela est dû à une nitrification. Les valeurs DBO diminuent de 8 le 2<sup>ème</sup> jour à 5 aux 3 autres jours durant la mesure, cela est dû au fait que le système n'est plus étanche.

**DBO5 DES ECHANTILLONS D'EAUX USEES.**



**Figure 15 :** Graphique des DBO5 totales des échantillons d'eaux usées de tanneries

La demande en oxygène des microorganismes de l'échantillon E6 était la plus faible 40 mg/L. La plus forte demande était 62 mg/L dans l'échantillon brute E5. Cette différence peut aussi s'expliquer par l'aptitude et quantité de microorganismes par rapport aux métabolites.



**Figure 16:** Graphique des DBO5 totales /  $P^H$  des échantillons d'eaux usées de tanneries

Les valeurs de DBO5 les plus élevées 62 mg/mL des échantillons E1 et E5 sont obtenues des milieux basiques de pH 8,14 à 9,5. Les autres valeurs de DBO5 de 40 mg/mL à 56 mg/mL sont obtenues à valeurs de pH faiblement basiques.

**Tableau Iva :** les DBO5 des eaux usées synthétiques

| A                            | EB     | E1     | E2    | E3    | E4      | E5    | E6    | E7    | E8    | E9    | E10   | E11   | E12   |
|------------------------------|--------|--------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DBO5                         | 62     | 56     | 56    | 54    | 62      | 50    | 50    | 44    | 54    | 40    | 42    | 54    | 62    |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 17,103 | 12,636 | 0,463 | 0,38  | 00      | 00    | 0,18  | 00    | 1,13  | 0,02  | 00    | 00    | 00    |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | 00     | 00     | 00    | 0,006 | 0,00015 | 0,009 | 0,015 | 0,004 | 0,017 | 0,011 | 0,015 | 0,019 | 0,021 |
| Conductivité                 | 2800   | 3690   | 2490  | 2600  | 6200    | 6200  | 6400  | 6440  | 6600  | 6100  | 3600  | 3600  | 2600  |

**Tableau IVb :** les DBO5 des eaux usées synthétiques

| B                            | E13   | E14   | E15   | E16   | E17   | E18   | E19   | E20   | E21   | E22   | E23   |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DBO5                         | 56    | 56    | 50    | 44    | 54    | 42    | 62    | 50    | 40    | 54    | 54    |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 0,52  | 00    | 1,30  | 1,40  | 2,05  | 2,31  | 1,52  | 2,43  | 2,23  | 0,24  | 0,120 |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | 0,011 | 0,013 | 0,009 | 0,006 | 0,032 | 0,038 | 0,034 | 0,023 | 0,038 | 0,040 | 0,026 |
| Conductivité                 | 2600  | 2600  | 2900  |       |       |       |       |       |       |       |       |

Tous les DBO5 des eaux usées synthétiques tableaux IVa et IVb sont >25, les échantillons synthétiques sont de très mauvaises qualités

**DBO5/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> :** >2 et <25, les concentrations en NO<sub>3</sub> des échantillons synthétiques d'eau EB (17,103ppm) et E1(12,636ppm) sont bonnes ; les 10 autres échantillons ont une concentration en NO<sub>3</sub> entre 00 et 1,13 . Ils sont de très bonne qualité ; mais de DBO5 >3

**DBO5/NO<sub>2</sub><sup>-</sup> :** les 12 échantillons ont une concentration de NO<sub>2</sub> comprise entre 00 et 0,021 avec DBO5 >25

**DBO5/conductivité :** Les données de conductivités obtenues varient de 270  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 6 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les conductivités électriques (CE) supérieures à 1 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ne dépassant pas la norme 4 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  sont les conséquences d'une minéralisation ou d'une densité bactérienne élevées. Les concentrations de  $[\text{NO}_3^-]$  des échantillons synthétiques d'eau de EB et E1 respectivement 17,103 ppm, 12,636 ppm sont supérieurs à 1 ppm avec un DBO5 calculé > 15. Les DBO5 par jour de ces deux échantillons variaient entre 5,6 et 6,2 mg/L et de conductibilité 2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  3690  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les échantillons sont de mauvaises qualités

**Tableau Va: DBO5 Total des eaux usées de tannerie en fonction du nitrite  $\text{NO}_2^-$ , du nitrate  $\text{NO}_3^-$  et de la conductivité Tt, T1 à T11**

| Eau brute A     | Tt     | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    | T6    | T7    | T8    | T9    | T10   | T11   |
|-----------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DBO5            | 62     | 56    | 56    | 40    | 42    | 56    | 40    | 54    | 50    | 42    | 62    | 50    |
| $\text{NO}_3^-$ | 17,103 | 2,636 | 0,463 | 0,38  | 00    | 00    | 0,18  | 00    | 1,33  | 0,02  | 0     | 0     |
| $\text{NO}_2^-$ | 00     | 00    | 00    | 0,006 | 0,015 | 0,009 | 0,015 | 0,004 | 0,017 | 0,011 | 0,043 | 0,04  |
| Conductivité    | 19200  | 15100 | 12560 | 9500  | 1200  | 13900 | 8970  | 17000 | 11210 | 9420  | 10800 | 14800 |

**Tableau Vb: DBO5 Total des eaux usées de tannerie en fonction du nitrite  $\text{NO}_2^-$ , du nitrate  $\text{NO}_3^-$  et de la conductivité de T12 à T23**

| Eau brute B     | T12   | T13   | T14   | T15   | T16   | T17   | T18   | T19   | T20   | T21   | T22   | T23   |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DBO5            | 54    | 40    | 54    | 44    | 50    | 50    | 56    | 50    | 40    | 62    | 56    | 54    |
| $\text{NO}_3^-$ | 0,463 | 0,51  | 0     | 2,30  | 1,05  | 1,40  | 2,59  | 2,43  | 1,52  | 2,22  | 0,43  | 0,52  |
| $\text{NO}_2^-$ | 0     | 0,037 | 0,023 | 0     | 0,037 | 0     | 0,034 | 0     | 0,024 | 0,036 | 0,028 | 0,038 |
| Conductivité    | 19100 | 14200 | 1200  | 16400 | 1380  | 15200 | 1700  | 14800 | 1600  | 19200 | 15200 | 3600  |

**Interprétation Tableau Va DBO5 et Vb :** Des Tt, T1 à T23 toutes les valeurs de demande en oxygène sont supérieures à 25 mg/L. Les concentrations de  $\text{NO}_3^-$  obtenues (de 00 à 2,636) des échantillons d'eaux usées brutes électrocoagulées inférieures à 10 mg/L, sont de concentrations très bonnes. Celle de 17,103 mg  $\text{NO}_3^-$  par litre obtenue des échantillons d'eaux usées brutes non électrocoagulées supérieures à 10 mg/L, inférieure à 25 mg/L, est de concentration bonne. Les données de concentrations en  $\text{NO}_2^-$  d'eaux usées brutes électrocoagulées ou non sont inférieurs à 0,1 mg/L. Les concentrations sont très bonnes. Les nitrites étant nuisibles, aucune concentration en nitrite obtenue n'est supérieure à 3 mg  $\text{NO}_2^-/\text{L}$  considéré comme une concentration létale pour les alevins. Les conductivités variant de 8970  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 19200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , supérieures à 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  sont de mauvaises conductivités. Les conductivités de 1 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 1 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , comprises entre (1 80 à 2500) sont de conductivités très bonnes. Celle de 3 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  inférieures à 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  conduit passablement le courant électrique.

**Les résultats de DCO : type soluble.**

**Evolution de la DCO en fonction des matières en suspension (MES)**

**Tableau Ia : DCO des eaux usées synthétiques en fonction des MES (nitrite  $\text{NO}_2^-$ , du nitrate  $\text{NO}_3^-$ ) et de la conductivité. T1- T11**

| A               | Tt     | T1    | T2    | T3    | T4      | T5    | T6    | T7    | T8    | T9    | T10   | T11   |
|-----------------|--------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DCO             | 93     | 81    | 84    | 84    | 84      | 93    | 75    | 66    | 81    | 84    | 63    | 81    |
| $\text{NO}_3^-$ | 17,103 | 2,636 | 0,463 | 0,38  | 00      | 00    | 0,18  | 00    | 1,13  | 0,02  | 00    | 00    |
| $\text{NO}_2^-$ | 00     | 00    | 00    | 0,006 | 0,00015 | 0,009 | 0,015 | 0,004 | 0,017 | 0,011 | 0,015 | 0,019 |

**Tableau Vlb : DCO des eaux usées synthétiques en fonction des MES et de la turbidité de T12 à T23**

| B                             | T12   | T13  | T14 | T15  | T16  | T17  | T18  | T19  | T20  | T21  | T22  | T23   |
|-------------------------------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| DCO                           | 75    | 93   | 81  | 75   | 60   | 81   | 93   | 60   | 81   | 75   | 81   | 63    |
| $\text{NO}_3^-$               | 00    | 0,52 | 00  | 1,30 | 1,40 | 2,05 | 2,31 | 1,52 | 2,43 | 2,23 | 0,24 | 0,120 |
| $\text{NO}_2^- \cdot 10^{-3}$ | 0,021 | 11   | 13  | 9    | 6    | 32   | 38   | 34   | 23   | 38   | 40   | 26    |

**Interprétation des Tableaux : IIa et Tableau IIb :** Les demandes chimiques en oxygène obtenues durant 5 jours pour la dégradation des MES dans les échantillons synthétiques électrocoagulés ou non varient entre 60 mg/L à 93 mg/L. Plus la demande chimique en oxygène est élevée plus la masse d'eaux usées synthétiques est fortement polluée par les

matières inorganiques en suspension. La variation des valeurs montre que les substances réductrices sont présentes dans les échantillons. Toutes les valeurs sont inférieures à la norme 150 mg/L pour les eaux usées industrielles. La baisse des valeurs de DCO des tests T1 à T23 des eaux usées des tanneries électrocoagulées peut s'expliquer par la réduction des matières organiques lors de la filtration et de coagulation. La présence des nitrates  $\text{NO}_3^-$  et des  $\text{NO}_2^-$  signale des réactions de métabolisation des composés azotés à faible température 20°C durant 5 jours. Les matières organiques sont en masses élevées, ou sont difficilement biodégradables dans les tests dont la DCO est 93 mg/L.

**Tableau IVIIa : DCO des eaux usées de tannerie en fonction du  $\text{NO}_2$ , du  $\text{NO}_3$  et de la conductivité T1- T11**

|                 | Tt     | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    | T6    | T7    | T8    | T9    | E10   | E11  |
|-----------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| DCO             | 93     | 84    | 84    | 60    | 63    | 84    | 60    | 81    | 75    | 63    | 93    | 75   |
| $\text{NO}_3^-$ | 17,103 | 2,63  | 0,463 | 0,38  | 00    | 00    | 0,18  | 00    | 1,33  | 0,02  | 0     | 0    |
| $\text{NO}_2^-$ | 00     | 00    | 00    | 0,006 | 0,015 | 0,009 | 0,015 | 0,004 | 0,017 | 0,011 | 0,043 | 0,04 |
| Conductivité    | 19200  | 15100 | 12560 | 9500  | 1200  | 13900 | 8970  | 17000 | 11210 | 9420  | 1080  | 1480 |

**Tableau VIIb : DCO des eaux usées de tannerie en fonction de  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$  et de la conductivité T12- T23**

|                 | T12   | T13   | T14   | T15   | T16   | T17   | T18   | T19   | T20   | T21   | T22   | T23   |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DCO             | 81    | 60    | 81    | 66    | 75    | 75    | 84    | 75    | 60    | 93    | 84    | 81    |
| $\text{NO}_3^-$ | 0,463 | 0,51  | 0     | 2,30  | 1,05  | 1,40  | 2,59  | 2,43  | 1,52  | 2,22  | 0,43  | 0,52  |
| $\text{NO}_2^-$ | 0     | 0,037 | 0,023 | 0     | 0,037 | 0     | 0,034 | 0     | 0,024 | 0,036 | 0,028 | 0,038 |
| Conductivité    | 19100 | 14200 | 1200  | 16400 | 1380  | 15200 | 1700  | 14800 | 1600  | 19200 | 15200 | 3600  |

**Interprétation des tableaux :VIIIaetVIIIb :** Les demandes chimiques en oxygène obtenues durant 5 jours pour la dégradation des MES dans les échantillons d'eaux usées des tanneries électrocoagulés ou non varient aussi entre 60 mg/L à 93 mg/L. Plus la demande chimique en oxygène est élevée plus la masse d'eaux usées des tanneries est fortement polluée par les matières inorganiques ou inorganiques en suspension. La variation des valeurs de DCO montre la présence des substances réductrices dans les échantillons. Toutes les valeurs sont inférieures à la norme 150 mg/L pour les eaux usées industrielles. La baisse des valeurs de DCO des tests T1 à T23 des eaux usées des tanneries électrocoagulées peut s'expliquer par la réduction des matières organiques lors de la filtration et de coagulation. La présence des nitrates  $\text{NO}_3^-$  et des  $\text{NO}_2^-$  signale des réactions de métabolisation des composés azotés à faible température 20°C durant 5 jours. Les matières organiques ou inorganiques sont en masses élevées, ou sont difficilement biodégradables dans les tests dont la DCO est 93 mg/L.

**La fréquence des DCO des échantillons d'eaux durant 5 jours au cours des tests de Tt, T1 à T23 est identique aux fréquences des DBO5.**

**-Eaux synthétiques :** 93 mg/L (Tt, T5, T13, T18) ; 84 mg/L (T2, T3, T4, T9) ; 81 mg/L (T1, T8, T11, T14, T17, T20, T22) ; 75 mg/L (T6, T12, T15, T21) ; 66 mg/L (T7) ; 63 mg/L (T10, T23) ; 60 mg/L (T16, T19)

**Eaux usées des tanneries :** 75 g/L (Tt, T10, T21) ; 84 mg/L (T1, T2, T5, T18, T22) ; 81 mg/L (T7, T12, T14, T23) ; 75 mg/L (T8, T11, T16, T17, T19) ; 66 mg/L (T15) ; 63 (T4, T9) ; 60 mg/L (T3, T6, T13, T20)

**Le rapport des demandes en oxygène :** Des (24) différents tests, quelques soit le type d'échantillon électrocoagulé ou non le rapport  $\text{DCO}/\text{DBO} = 1,5$ . Exemple : pour le Tt :  $\text{DCO}/\text{DBO} = 93 / 62 = 1,5$ . Le ratio 1,5 de  $\text{DCO}/\text{DBO}$  a une importance pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent. Cette valeur faible du rapport  $\text{DCO}/\text{DBO}$  implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables. L'effluent de décantation est secondaire dont le ratio varie de 1,5 à 4. Le rapport  $\text{DBO}/\text{DCO} = 0,66$  inférieur à 2 atypique dans les analyses des eaux usées. Toutes les valeurs de DBO durant les 5 jours sont inférieures aux DCO correspondant. Ce qui montre une demande chimique en oxygène nécessaire pour dégrader toutes les MES organiques ou inorganiques.

## DISCUSSION

En plus des paramètres physico-chimiques communs à ceux de (SAIDOU et al 2015) nous avons choisis les paramètres microbiologiques. Ce qui explique une différence des tests. Mais les tests communs de contrôle de qualité des échantillons portant sur le pH, le chlorure, le sodium, le nitrate, le chrome, la turbidité, le phosphore, les matières en suspension (MES) la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène par les microorganismes étaient les mêmes. En 2015 SAIDOU avait utilisé comme matériels : un thermomètre à mercure, un spectrophotomètre DR 3900 avec technologie RFID, un turbidimètre LP 20000, un DBOmètre OxiDirect. Dans la mesure de la DCO et les matières en suspension (MES) il a utilisé méthode d'analyse photométrique réactif : LCK 314

(HACH LANGE GMBH). La teneur en chrome a été analysée par la méthode de colorimétrie. Alors que la technique de Spectrométrie de Masse Couplée à un Plasma Inductif (ICP-MS) avec l'appareil de la marque Thermo Electron modèle X7 ainsi que l'électrocoagulateur, le conductimètre HANNA HI 8633, le turbidimètre, spectrophotomètre Dr 5000 nous ont servi de réaliser les tests des paramètres physicochimiques. La décantation et la filtration étaient les étapes intermédiaires obligatoires pour un meilleur abattement du taux de chrome selon (KHELIFI O, GUELMA, 2018). Les matériels, les méthodes et les techniques utilisées constituaient des repères adaptés à l'élimination du taux de chrome dépassant la norme 2mg/L au Mali selon (Rodier et al, 2009). La fréquence des prélèvements des échantillons pour SAIDOU et al en 2015 était une fois par semaine et cela pendant 3 semaines. soit un total de six (6) échantillons. La nôtre était à un mois d'intervalle et à 9h en Février 2023 dans des bidons de 5 L, dans les conditions aseptiques au point de déversement dans les collecteurs des eaux usées de tanneries de Bamako. En qualité les échantillons synthétiques d'eaux usées de chromes VI stérilisées faisaient partis de nos échantillons. Les résultats d'abattement du chrome par électrocoagulation allant de 16,59 mg/L de chrome à 0,01 mg/L < à la norme en fonction du temps montrent l'efficacité du travail effectué. Les risques de pollution et d'intoxication sont en ce moment connus. Les résultats des tests montrent que les eaux usées de tannerie retournent à la nature, chargée de déchets, de produits chimiques et de métaux lourds, avec plus de 2g/mL comme constat de (GUPTA, 2012). Les caractéristiques physicochimiques dont : Ph 8,12, conductivités 18200  $\mu$ S/cm, MES (17,103mg/L) chrome 16,35 mg/L, DCO 93 mg/L, DBO 500 mg/L) obtenues des eaux usées de tanneries avant électrocoagulation étaient plus ou moins supérieures à celles (Ph 6 à 9 ; conductivités 270  $\mu$ S/cm, MES 5,28, chromes 60 mg/L du filtre 2 en Mars, DCO 1400 mg/L, DBO 400 mg/L) obtenues par (SEMEGA, 2000) dans l'eau du fleuve Niger au Mali. Les valeurs des caractéristiques physicochimiques de nos tests sont aussi plus ou moins supérieures aux normes OMS de 2004 dont PH 6,5-8,5 Conductivité (400  $\mu$ S/cm) Chrome (1mg/L) DCO (200mg/L) DBO MES (1000mg/L), et celles : conductivité (500  $\mu$ S/cm), MES (686 mg/L) du puits et (746 mg/L) de la mare, la DCO eau de la mare et celle du puits respectivement de 146,67 mg/L et 112,67mg/L obtenues par SAIDOU et al en 2015. Les facteurs pouvant influencer la mesure du DBO est le pH avec une moyenne de 8,615 légèrement hors des limites 6,5 à 8,3 et la température à 20°C par convention ne peut influencer les processus biologiques comme décrit par (Rodier et al, 2009). Les sels de nitrites et de nitrates variaient respectivement de 0 à 1,65, inférieurs aux normes  $\leq 0,6$  et  $\leq 30$  mg/L dans les échantillons d'eaux de tanneries. Ce qui explique la baisse de DBO car la possibilité de nitrification par les bactéries nitrifiantes, déjà acclimatées, accélèrent le processus dans les stations d'épuration. Rodier et al, 2009) et (KEDDARI, 2015). Si le principal vecteur des polluants transportés par temps est la pluie dans le réseau d'assainissement unitaire selon (ASHLEY, 2024), les artisans constituent ceux des polluants des eaux usées de tanneries de Bamako. Les concentrations en MES sont relatives à la turbidité car les échantillons ont été prélevés in situ durant les événements non pluvieux comme décrit par (Krajewski, 2008). Les polluants fécaux (coliformes totaux, les coliformes thermotolérants et les streptocoques fécaux) de nos échantillons étaient de la famille des coliformes que ceux obtenus par BENAMEUR. 2018. Ce travail servira comme model de départ pour les chercheurs afin de réussir au traitement des eaux usées de tanneries. Il servira aussi un moyen pour les utilisateurs de respecter les normes. Comme décrit par (DOLO, 2024) l'efficacité de la méthode d'électrocoagulation dans le traitement des eaux usées a fait ces preuves à travers le taux d'abattement (de bichromate de potassium synthétisé avant et après analyse) voir le Cr VI (16,35-16,75) mg/L. Des composants chimiques tels que les nitrites, les nitrates, les métaux lourds comme le chrome, le cuivre, le plomb etc ...ont été retrouvés dans les échantillons d'eaux usées de tannerie comme signalé par (SAWADOGO, 2012), (TOLOFOUDYE, 2013) et BA, 2018). Le rapport DBO/DCO= 0,66 inférieur à 2 atypique dans les analyses des eaux usées explique selon (TANDIA2005) que tous les composés sont totalement biodégradable. L'effluent de décantation est secondaire dont le ratio varie de 1.5 à 4. L'évaluation de la demande chimique en oxygène était nécessaire pour dégrader toutes les MES organiques ou inorganiques. Les indicateurs de polluants microbiens de Gram- plus ou moins pathogènes, des genres : *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Raoultella*, *Burkholderia* ont été recherchés suivant les recommandations de (BENAMEUR. 2018) et de (CREPA. 2007)

## CONCLUSION :

La mesure de la DBO5 est d'importance capitale. Les eaux de tannerie contiennent des métabolites. Les résultats de recherche de DBO5 serviront des moyens de satisfaire les équilibres biologiques et les différents usages des cours d'eau. Elle permet de maintenir la diversité des animaux et les plantes photosynthétiques, aquatiques pour la dégradation des composés des eaux de tannerie. La DBO5, la teneur en ammonium et en nitrites révèlent une perturbation induite par la présence de pollution organique des eaux.

#### Références :

- 1- ABH-2009. Systèmes de mesures de DBO5 manométriques. 18p
- 2- Aïssata SEMEGA, 2000 : THESE (Etude de qualité des eaux usées de la tannerie de l'Afrique de l'ouest)
- 3- ASHLEY, Krajewski B, Hvitved-Jacobsen T, Rejet urbain de temps de pluie RUTP (HU). 2024, 349P
- 4- BA, S. 2018 «ATARI, L., ESMAEILI, S., ZAHEDI, A., MOHAMMADI, M. J., ZAHEDI, A. et BABAEI, A. A. (2018). 78P
- 5- BENAMEUR Nassima . 2018. Analyse des indicateurs de pollution biologique dans les rejets des eaux usées civiles de la ville de Biskra 39-51. 92p
- 6- CREPA. 2007. Contrôle de la qualité des eaux usées protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques.
- 7- DOLO A : THESE DE DOCTORAT Electrocoagulation comme procédé de traitement de certains métaux lourds et colorants textiles en milieu aqueux ». 2024. 227P
- 8- GUPTA, V. K., JAIN, R., MITTAL, A., SALEH, T. A., NAYAK, A., AGARWAL, S. et SIKARWAR, S. Photocatalytic degradation of toxic dye amaranth on  $\text{TiO}_2/\text{UV}$  in aqueous suspensions. Materials Science and Engineering. 2012. C, 32(1):12–17»
- 9- KEDDARI, 2015. Mise au point des techniques de mesure de la DBO5, des formes azotées et des paramètres physiques des eaux superficielles. Master. 53p.
- Safia LEMDANI. 2015. « ELIMINATION DU CHROME (VI) PAR ELECTROCOAGULATION ET ADSORPTION SUR DU CHABON ACTIF » 248 P
- 10- Krajewski B, Barbaste M, Caria G, Ciesielski H, Proix N, Trolard F. Échantillonnage des polluants dans les réseaux d'assainissement : concepts et méthodes. Revue des Sciences de l'Eau / Journal of Water Science. 2008. 792 P
- 11- O. KHELIFI. 2018 « Etude de l'adsorption du nickel et du cuivre sur un charbon actif préparé à partir des boues de station d'épuration », Guelma, 149 P
- 12 – Rodier J., Legube B., Merlet N. (2009). *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer* (9ème éd.). Dunod. 50.P
- 13 -SAIDOU H, Laminou Manzo O, Ozer P, Mahaman Ada M Effets de la Modernisation de Tannerie sur l'Impact de ses Activités sur la Qualité des Eaux : cas de la Tannerie de Maradi au Niger. 2015. Vol.5. PP 30-38 Issn (e): 2278-4721, Issn (p): 2319-6483. 38 P
- 14- SAWADOGO R, GUIGUEMDE I, DIENDERE F, DIRRA J, et BARY A. Caractérisation physico-chimique des eaux résiduaires de tannerie : cas de l'usine TAN ALIZ à Ouagadougou/Burkina Faso. Sci : 7087-7095. 6(6) ISSN 1991-863. 2012. 9P
- 15- TANDIA SARR A, Eau protocole 2005. 105 P)
- 16- TOLOFOUDYE A. SOACHIM 21<sup>èmes</sup> journées Scientifiques annuelles. 2013.