الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

N° Réf :……

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila

Institut des Sciences et de la Technologie **Département des Sciences de la Nature et de la Vie**

Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biologie Appliquée et Environnement
Option : Biochimie et microbiologie appliquée

Thème :

Étude de la microfaune des boues activées. Station d'épuration des eaux usées d'Oued Athmania

Présenté par : AMRAOUI Dounia & BOUTAGUERMOUCHET Sara

Devant le jury composé de :

BOUCHEKRIT Moufida	**Grade : Maitre assistant. A .C.U. de Mila.**	**Présidente**
KHERIEF NACEREDDINE Saliha	**Grade : Maitre assistant. A .C.U. de Mila.**	**Examinateur**
HARRIECHE Ouahiba	**Grade : Maitre assistant. A .C.U. de Mila.**	**Promoteur**

Année Universitaire: 2016/2017

Dédicace

إلى من جرع الكأس فارغا ليسقيني قطرة حب

إلى من كلت أنامله ليقدم لنا لحظة سعادة

إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم

إلى الذي لم يبخل علي يوما بشيء

إلى القلب الكبير والدي العزيز "عبد القادر عمراوي"

★★★★★

إلى من أرضعتني الحب و الحنان

إلى رمز الحب و بلسم الشفاء

إلى من علمتني وعانت الصعاب لأصل إلى ما أنا فيه

وعندما تكسوني الهموم أسبح في بحر حنانها ليخفف من آلامي..أمي

إلى القلب الناصع بالبياض والدتي الحبيبة " نصيرة باز"

*** فلكما مني كل التجلي والاحترام ***

★★★★★

إلى اعز الناس جدي حمو

★★★★★

إلى القلوب الطاهرة والنفوس البريئة إلى رياحين حياتي, إخوتي" نعيم , لامية , شعيب , ليليا

عزالدين و زوجات أخواي فيروز, أسماء"

إلى الكتاكيت الصغيرات بنات أخواي " البتول , مريم , رؤيا , والتوأم الجديد ريتاج , رجاء"

★★★★★

إلى الشموع التي تحترق لتضيء لي درب الحياة

إلى كل من علمني حرفا

إلى كل أساتذتي الكرام

★★★★★

الى الأخت الثانية , الوفية الغالية , قرة عيني " أحلام حمزة "

★★★★★

الآن تفتح الأشرعة وترفع المرساة لتنطلق السفينة في عرض بحر واسع مظلم هو بحر الحياة

وفي هذه الظلمة لايظيء إلا قنديل الذكريات ذكريات الإخوة البعيدة إلى اللذين أحببتهم وأحبوني

صديقاتي

" سارة , حورية , حميدة , أمال "

DEDICACES

Tout d'abord je remercie ALLAH qui ma donné la force, le courage et la patience pour réaliser ce modeste travail.

A mes très chers parents, qui sont la lumière de ma vie, qui ont tant soufré et sacrifiés pour que je sois heureuse, pour leurs conseils, leurs encouragements.
Particulièrement ma mère Fatiha.

Et je le dédie :

A mon cher mari Hamza.

A mes très chers frères ; Oussama ; Sofiane, Youssef et je dédie et je remercie a mon cœur mon grand frère Amine

A mes sœurs Samia et khaoula.

A toute ma famille à toutes mes amies

A tous mes autres proches.

Tous simplement, a tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

Je le dédie aussi à mon encadreur Harreiche ouahiba pour son soutien indéniable et tous les enseignants de département de biologie.

Remerciments

Avant toute chose

Nous remercions Dieu qu'il est Toujours avec nous.

Notre s'insère remerciements s'adressent à

Notre encadreur, madame

«HARREICHE Ouahiba»

pour nous avoir guidé et conseillé dans ce travail

Nos profonds remerciements à l'ensemble de

« Membre de jury »

« KHERIEF NACEREDDINE Saliha »

« BOUCHEKRIT Moufida »

Nous remercions vivement les techniciennes du

laboratoire « Saliha, Amina »

la bibliothèquère « Aicha »

Également l'équipe de la STEP

« SEDJELLE Faisel, MELLOUL Zakaria »

Merci à tous

Résumée :

Ce travail a pour objectif d'étudier la microfaune de la boue activée de la station d'épuration des eaux usées d'Oued Athmania, localisée dans la wilaya de Mila. Les eaux usées de la ville d'Oued Athmania et Chelghoum Laid sont traitées puis rejetées dans l'oued Rhumel et par la suite le barrage de Beni Haroun en attendant leur utilisation dans le périmètre d'irrigation et leur potabilisation. Les résultats obtenus, basés principalement sur l'observation microscopique et l'identification de la microfaune de la boue activée ont permis de confirmer la présence des protozoaires (des flagelles, des sarcodines, des amibes et des ciliés), des algues et des métazoaires (Rotifères et nématodes). En outre, le comptage des espèces trouvées a révélé la présence des espèces permanente dans la boue activée telles que : *Arcella, Difflugia, Euglena, Euglypha ciliata, Chilodonella Uncinata*…etc. et d'autres espèces transitoires telles que : *Euglipha alveolata, Actinophrys, Acineta foetida…*

Mots clés :

STEP d'Oued Athmania, boue activée, la microfaune, identification, comptage.

تلخيص :

هذا العمل يهدف إلى دراسة الحيوانات الصغيرة في الحمأة المنشطة من مياه الصرف الصحي محطة معالجة المياه المستعملة وادي العثمانية، وتقع في محافظة ميلة .يتم التعامل مع مياه الصرف الصحي من بلدة وادي العثمانية وشلغوم العيد وتفريغها في نهر الرمال وبعد ذلك سد بني هارون في انتظار استخدامها في مشاريع الري ومياه الشرب .وقد أكدت نتائج، تقوم أساسا على الملاحظة المجهرية وتحديد الحيوانات الصغيرة من الحمأة المنشطة وجود البروتوزوار سياط، وsarcodines، الأميبة و (ciliates والطحالب ومتعددة الخلايا) وحيدة الخلية والروتيفر و *nématodes* وبالإضافة إلى ذلك، كشف حساب الأنواع وجدت أنواع دائمة في الحمأة المنشطة مثل المتقيضات، *Difflugia*، الحنديرة، *Euglypha* المهدبات *Chilodonella* uncinataالخ وأنواع عابرة أخرى مثل *Euglypha alveolata* ، *Actinophrys*, *Acineta foetida*...

الكلمات المفتاحية :

محطة التصفية وادي العثمانية، الحمأة المنشطة، الحيوانات الدقيقة، وتحديد وفرز.

Summary:

The purpose of this work is to study the microfauna of the activated sludge of the Oued Athmania wastewater treatment plant, located in the wilaya of Mila. The wastewater from the town of Oued Athmania and Chelghoum Laid is treated and then discharged into the Rhumel wade and subsequently the Beni Haroune dam until awaiting their use in the irrigation perimeter and their drinking water supply. The results obtained, based mainly on microscopic observation and identification of the microfauna of the activated sludge, confirmed the presence of protozoa (flagella, sarcodines, amoebae and ciliates), algae and metazoa (Rotifere and nemathode). In addition, the count of specimens found revealed the presence of permanent specimens in activated sludge such as: Arcella, Difflugia, Euglena, Euglypha ciliata, Chilodonella Uncinata ... etc. And other transient species such as: *Euglipha alveolata. , Actinophrys, Acineta foetida…*

Keywords:

STEP of Oued Athmania, activated sludge, microfauna, identification, counting.

Liste des Tableaux

Tableaux :

Tableau 1 : Les déférentes étapes du dégrillage 07

Tableau 2: Différents types de boues de STEP 16

Tableau 3 : Fréquence des espèces de la microfaune dans la boue activée 22

Tableau 4: Qualité attendue des eaux épurées..... 30

Tableau 5 : Le comptage de la microfaune des boues activées de la STEP étudiée 76

Liste des Figures

Figure 1: Les étapes de prétraitement 06
Figure 2: Les types de dégrilleur 07
Figure 3: L'évacuation de déchets vers les bennes de Décharge 08
Figure 4: Le dessableur/déshuileur 09
Figure 5: Le décanteur primaire 09
Figure 6: Le bassin biologique 10
Figure 7: Le clarificateur 10
Figure 8: Lit bactérien 11
Figure 9: Les biodisques 11
Figure 10: Système de traitement par boues activées 17
Figure 11: Classification des protozoaires 20
Figure 12: Les relation entre les microorganismes de la boue activée 27
Figure 13: Différents types de croissance des bactéries 28
Figure 14: Composition de la boue activée 29
Figure 15: Localisation de la station d'épuration des eaux usées d'oued Athmania 31
Figure 16: Vue de la station d'épuration des eaux usées d'Oeud Athmania 32
Figure 17: Déversoir d'orage 33
Figure 18: Dégrilleur automatique 34
Figure 19: Dessableur-déshuileur 34
Figure 20: Basins d'aération 35
Figure 21: basin d'aération 36
Figure 22: Clarificateur vide 36
Figure 23: Clarificateur plein 36
Figure 24: Vis d'Archimède 37
Figure 25: L'épaississeur 38
Figure 26: Lits de séchages 38
Figure 27: Méthode de prélèvement de la boue activée 39
Figure 28: Les échantillons de la boue activée 39
Figure 29: Présentation la couleur de la boue prélevée 40
Figure 30: Boue activée avant décantation 40
Figure 31: Décantation de boue activée 41
Figure 32: Présentation du système d'acquisition d'images 43
Figure 33: Présentation d'une caméra (*Optika*) 43
Figure 34: La cellule de Malassez 44
Figure 35: quadrillage de l'hématimère de Malassez 45
Figure 36: Observation à l'état Sec (100X) 47
Figure 37: Observation à l'état Frais (400X) 47
Figure 38: Coloration au vert de méthyle (100X) 47
Figure 39: Coloration au rouge neutre (400X) 47
Figure 40: Coloration à Lygol (400X) 47
Figure 41: Coloration à l'encre de chine (400X) 47
Figure 42: *Euglina gracilis* (400X) 48
Figure 43: *Euglina gracilis* 48
Figure 44 : *Volvox sp* (400X) 48
Figure 45 : *Volvox sp* 48
Figure 46: *Polytomella sp* (400X) 49
Figure 47: *Polytomella sp* 49
Figure 48: *Dallingeria* (400X) 49

Figure 49: *Dallingeria* 49
Figure 50: *Codosiga botrytis* (400X) 49
Figure 51 : *Codosiga botrytis* 49
Figure 52: *Entamoeba coli*– Kyste. (400X) 50
Figure 53: *Entamoeba coli* – Kyste 50
Figure 54: *Actinophrys* (Héliozoaires) (400X) 50
Figure 55: *Actinophrys* (Héliozoaires) 50
Figure 56: *Arcella vulgaris* (400X) **a** : Vues latérale **b** : vue dorsal 50
Figure 57: *Arcella vulgaris* 50
Figure 58: *Arcella vulgaris* (400X) (Vues verticale) 51
Figure 59: *Arcella vulgaris* 51
Figure 60: *Arcella gibosa*, Présente un test bosselé (100X) 51
Figure 61: *Arcella gibosa*, Présente un test bosselé 51
Figure 62: *Difflugia urceolata* (100X) 51
Figure 63: *Difflugia urceolata* 51
Figure 64: *Difflugia geosphira* (400X) 52
Figure 65: *Difflugia geosphira* 52
Figure 66: *Difflugia globulosa (*400X) 52
Figure 67: *Difflugia globulosa* 52
Figure 68: *Difflugia globulosa* (100X). (Vues laterale) 52
Figure 69: *Difflugia globulosa* (400X) 52
Figure 70: *Difflugia globulosa* (400X) (Vues verticale) 53
Figure 71: *Difflugia globulosa* 53
Figure 72: *Euglypha ciliata* (400X) 53
Figure 73: *Euglypha ciliata* 53
Figure74: *Euglypha* (400X) 53
Figure75: *Euglypha* 53
Figure 76: *Euglypha* (400X) 54
Figure 77: *Euglypha* 54
Figure78: *Euglipha alveolata* (400X) 54
Figure79: *Euglipha alveolata* 54
Figure 80: *Trinema sp*.Testate Amoeba (400X) 54
Figure 81: *Trinema sp* Testate Amoeba 54
Figure82: *Rhizopoda (Amoebae)* (100X) 55
Figure 83: Rhizopoda (Amoebae) 55
Figure 84: *Amibe proteus* (400X). Grandes Amibes 55
Figure 85: *Amibe proteus* 55
Figure 86: L'amibe *Naegleria* (400X) 55
Figure 87: L'amibe *Naegleria* 55
Figure 88: Amibes à coquille (400X) 56
Figure 89: Amibes à coquille 56
Figure 90: Entamoeba hystolytica (100X) 56
Figure 91: Entamoebahystolytica 56
Figure 92: *Hartamanella vermiformis* (100X) 56
Figure 93: *Hartamanella vermiformis* 56
Figure 94: Amibe, Protiste (100X) 57
Figure 95: Amibe, Protiste 57
Figure 96: *Cyphoderia* (400X) 57
Figure 97: *Cyphoderia* 57
Figure 98: *Trachelophylum pusillum* (400X) 57

Figure99: *Trachelophylum pusillum* 57
Figure 100: *Coleps hirtus* (400X) 58
Figure101: *Coleps hirtus* 58
Figure102: Genre *Litonotus* (400X) 58
Figure103: Genre *Litonotus* 58
Figure 104: Genre Litonotus 58
Figure105: *Amphileptus clapardei* (400X) 59
Figure106: *Amphileptus clapardei* 59
Figure107: *Chilodonella Uncinata* (400X) 59
Figure108: *Chilodonella* 59
Figure 109: *Chilodonella* (400X) 59
Figure110: *Paramecium bursaria* (400X) 60
Figure111: *Paramecium bursaria* 60
Figure112: *Paramecium sp* (400X) 60
Figure113: *Paramecium* 60
Figure114: *Paramécium aurelia* (400X) 60
Figure115: *Paramecium aurelia* 60
Figure116: *Colpoda magna* (400X) 61
Figure117: *Colpoda magna* 61
Figure118: *Colpidium* (400X) 61
Figure119: *Colpidium* 61
Figure120: *Uronema nigricans* (400X) 61
Figure121: *Uronema nigricans* 61
Figure122: *Vaginicola crystallina* (400X) 62
Figure123: *Vaginicola crystalina* 62
Figure124: *Opercularia* (100X) 62
Figure125: *Opercularia* 62
Figure 126: *Vorticella microstoma* (400X) 62
Figure 127: *Vorticella microstoma* 62
Figure 128: *Vorticelle* : La tête (100X) 63
Figure 129: *Vorticelle*: La tête 63
Figure 130: *Vorticelle* (forme télotroche) (400X) 63
Figure 131: *Vorticelle* (forme télotroche) 63
Figure132: *Vorticella* (400X) 63
Figure133: *Vorticella* 63
Figure134: *Stentor* (100X) 64
Figure135: *Stentor* 64
Figure 136: *Aspidisca costata* (vues ventrale) (400X) 64
Figure 137: *Aspidisca costata* 64
Figure 138: *Aspidisca Costata* (vues latérale) 64
Figure 139: *Aspidisca Costata* 64
Figure 140: Genre *Halteria* (400X) 65
Figure141: *Halteria* 65
Figure142: *Eplote sp*.(400X) 65
Figure143: *Eplote sp* 65
Figure144: *Acineta foetida* (400X) 65
Figure145: *Acineta foetida* 65
Figure 146: *Podophrya* (400X) 66
Figure 147: *Podophrya* 66
Figure 148: *Trypanosoma gambiens* (400X) 66

Figure 149: *Trypanosoma gambiens* 66
Figure150: *Monodinium spp* (400X) 66
Figure151: *Monodinium spp* 66
Figure 152: *Sphaerophrya pusilla* (400X) 67
Figure 153: *Sphaerophrya pusilla* 67
Figure 154: *Stentor sp* (400X) 67
Figure 155: *Stentor sp* 67
Figure 156: *Vers plats* (100X) 67
Figure 157: *Vers plats* 67
Figure 158: *Nématode* (Vers lisse) (100X) 68
Figure 159: Nématode 68
Figure 160: *Nématode* (*vers rond*) (100X) 68
Figure161: *Nématode* (*vers rond*) 68
Figure 162: genre *Chaetonotus* (100X). (Gastrotriche) 68
Figure163: genre *Chaetonotus* 68
Figure 164: Rotifere Digononta (100X) 69
Figure 165: Rotifere Digononta 69
Figure 166: *Monogononta colurella* (400X) 69
Figure 167: *Monogononta colurella* 69
Figure 168: *Monostyla hmata* (400X) 69
Figure 169: *Monostyla hmata* 69
Figure 170: *Trichocerca sp*. (400X) 70
Figure 171: *Trichocerca sp* 70
Figure 172 *:Nitzschia* Algue Diatommée (400X) 70
Figure 173: *Nitzschia* Diatommée 70
Figure 174: *Navicula* (Diatomée mobile) (400X) 70
Figure 175: *Navicula* 70
Figure176: *Closterium* (400X) 71
Figure177: *Closterium* 71
Figure 178: *Anaboena flosaquae* (400X) 71
Figure 179: *Anaboena flosaquae* 71
Figure 180: *Algue diatomée* (400X) 71
Figure181: *Algue diatomée* 71
Figure 182: *Chlorophyte*(400X) 72
Figure 183: genre de Chlorophyte coloniale 72
Figure 184: *Trachelomonas* (400X) 72
Figure 185: *Trachelomonas* 72
Figure 186: *Trachelomonas sp* (400X) 72
Figure 187: *Trachelomonas sp* 72
Figure 188: *Nostoc* (Cyanobactérie) (400X) 73
Figure189: *Nostoc* (Cyanobactérie) 73
Figure 190: *cyanobacteries* (100X) 73
Figure 191: *cyanobacteries* 73
Figure 192: *Oïdium du frêne* (400X) 74
Figure 193: *Oïdium du frêne (Cléistothèque)* 74
Figure 194: *Eurotium chevalierie* (400X) 74
Figure 195: *Eurotium chevalierie* 74
Figure 196: Croissance floculée (400X) 75
Figure 197: Croissance floculée 75
Figure 198: Criossece Dispercée (100X) 75

Figure 199: Criossece Dispercée 75
Figure 200: Les espèces trouvées dans la boue activée (mois de Février et mars) 78

Liste des abréviations

a : L'âge des boues**.**

Cm : Charge massique.

CO_2 : Dioxyde de carbone.

Cv : Charge volumique.

DBO5 : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande chimique en oxygène.

ETM : Les éléments traces Métalliques.

H_2O : L'eau

MES : Matière en Suspension.

MVS : Matières volatiles en suspension.

N_2 : Azote moléculaire**.**

NH_4^+: Ion d'ammonium.

NO_2^- : Ion de nitrite.

NO_3^- : Ion de nitrate.

ONA : Organisation national d'assainissement.

PC : Personale computer.

PH : Potentiel hydrique.

Q_0 : Débit journalier d'effluent à traiter (m^3.J).

STEP : Station d'Epuration des eaux polluées.

Table des matières

Dédicace I
Remerciements III
Résumé IV
Liste des tableaux VI
Liste des figures VII
Liste des abreviations XII
Table des matieres XIII
Introduction

Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : L'épuration des eaux usées.

1. Les eaux usées 02
1.1. Définition des eaux usées 02
1.2. Les type des eaux usées 02
1.2.1. Les eaux usées domestiques 02
1.2.2. Les eaux usées industrielles 02
1.2.3. Les eaux usées pluviales 03
1.2.4. Les eaux usées agricoles 03
1.3. Composition des eaux usées 03
1.3.1. Les matières en suspension (MES) 03
1.3.2. Les micropolluants 03
1.3.3. Les substances nutritives 04
1.3.4. Pollution biologique 05
2. L'épuration des eaux usées 05
2.1. Les grandes étapes du traitement des eaux usées 05
2.1.1. Phase de prétraitement 05
2.1.2. Traitement primaire (Décantation primaire) 09
2.1.3. Traitement secondaire 09
2.1.4. Le traitement tertiaire (ou de finition) 12
2.1.5. Collection et réutilisation des eaux usées 13

Chapitre 2 : L'épuration des eaux usées par le procédé de boue activée.

1. Définition de La boue 15
2. Les types des boues 15
3. L'épuration par boues activées 16
4. Traitement biologique aérobie 18
5. Formation de la boue activée 18
6. composition de la boue activée à l'échelle microscopique 19
6.1. La microfaune 19
6.1.1. Les protozoaires 19
6.1.2. Les métazoaires 20

6.1.3. Caractéristique morphologique de chaque espèce (protozoaires et métazoaires) 23
6.2. La microflore 27
6.2.1. Le floc bactérien de boues activées 28
6.2.2. Structure des flocs 28
6.3. Liquide interstitiel 28
7. Facteurs lies à l'épuration biologique 29
7.1. Charge massique (cm) 29
7.2. Charge volumique (cv) 29
7.3. L'âge des boues (a) 29
7.4. Production journalière de boues 29
8. Qualité des eaux traitées attendue pour le procédé de type boues activées 30
Chapitre 3: Station d'épuration d'Oued Athmania.
1. Situation géographique de la STEP 31
2. Les activités de la région 32
2.1. Activité socio-économique 32
2.2. Activités agricoles 32
3. Caractéristiques fonctionnels 33
4. Filière de traitement 33
4.1. Le prétraitement 34
4.2. Traitement biologique (secondaire) 35
4.3. Traitement tertiaire 37
4.4. Epaississeur 37
4.5. Lits de séchage 38
Chapitre 4: Matériel et méthodes.
1. Prélèvement de la boue activée 39
2. Transport des échantillons vers le laboratoire 40
3. Observation macroscopique de la boue 40
3.1. Observation de l'Échantillon brute avant décantation 40
3.2. Observation de la boue Après décantation 41
4. Observation microscopique de la boue activée 41
4.1. Observation avant coloration 41
4.2. Observation après coloration 42
5. Prise de photographies 42
6. Identification des protozoaires et métazoaires 43
7. Comptage 44
7.1. Hématimètre de Malassez 44
7.1.1. Description 44

7.2.2.Numération 45
Chapitre 5: Résultats et discussion.
1. Résultats d'observation microscopique 47
2. Identification 48
2.1. Les Protozoaires 48
2.1.1. Les flagellées 48
2.1.2. Les sarcodines 50
2.1.3. Les ciliés 57
2.2. Les Métazoaires 67
2.3. Autres espèces trouvées dans la boue activée 70
2.3.1. Les algues 70
2.3.2. Les champignons microscopiques 74
3. Observation du floc bactérien et liquide interstitielle 75
4. Le Comptage 76
5. Discussion 79
Conclusion 82
Annexes 83
Bibliographie 85
Webographie 88

Introduction

Introduction :

L'eau est un bien précieux qui subit diverses pollutions et dégradations. Les écosystèmes et la santé des personnes en sont directement impactés. La pollution présente dans l'eau est d'origines diverses : industrielle, domestique ou agricole (Bassompierre, 2007).

L'Algérie rejette chaque année 600 millions de m^3 d'eaux usées qui sont non seulement perdues mais qui accentuent la dégradation de l'environnement déjà bien fragile. En revanche, à l'instar d'un grand nombre de pays du bassin méditerranéen, elle accuse un déficit hydrique très inquiétant, et se situe parmi les pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, qui sont en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m^3 par habitant et par an. Cette disponibilité décroît de 1500 m^3 en 1962 à 500 m^3 en 2009, et ne sera plus que de 430 m^3 en 2020 (Ouanouki et *al*, 2009).

Face à cette situation, le traitement des eaux usées peut être réalisé par des processus physico-chimiques, biologiques ou mixtes. Les processus biologiques fonctionnent, suivant la concentration en oxygène dissous, en aérobiose, anaérobiose et anoxie, la biomasse étant libre ou fixée. Nous nous sommes intéressés plus particulièrement au procédé par boues activées en aérobiose et à culture libre (Boue activée) ce procédé est l'un des plus répandus pour le traitement des eaux usées, domestiques ou industrielles dans les agglomérations moyennes et grandes (Damotta, 2001).

Sachant que la boue activée est l'ensemble de microflore (Bactéries) et microfaune (Protozoaires et Métazoaires), cette dernière est bien connue comme un indicateur potentiel pour le contrôle opérationnel des systèmes de traitement biologique. Elle joue un rôle important dans les systèmes de traitement des eaux usées municipales. Elle maintient la densité des bactéries, contribue à la floculation des boues et dans une certaine mesure stimule l'activité bactérienne dans les systèmes de boues activées et peut être responsable de l'amélioration du traitement (Hu et *al*, 2013).

Donc l'objectif est l'identification par observation microscopique des protozoaires et des métazoaires qui se trouvent dans la boue activée de la STEP d'Oued Athmania ainsi que leurs énumérations. Donc la question posée est : quelle est la composition de la microfaune de la boue activée dans cette station et quel serait la qualité du traitement des eaux usées indiquée par les espèces trouvées ?

Chapitre 1

Epuration des Eaux usées

Ce chapitre se concentre sur l'assainissement des eaux usées, devenu une nécessité incontournable pour préserver la qualité des ressources en eau, et qui consiste à collecter les eaux usées et sont débarrasser de leurs polluants avant de les rejeter dans le milieu naturel.

1. Les eaux usées :

1.1. Définition des eaux usées :

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, altérées par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industrielle, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme pollués et doivent être donc traitées avant toute réutilisation ou injection dans les milieux naturels récepteurs (Selghi, 2010 et Mettahri, 2012). Les eaux usées constituent donc un effluent pollué et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout et elles regroupent les eaux usées domestiques (les eaux de vannes et les eaux ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines). (Baumont et *al*, 2004).

1.2. Les type des eaux usées :

Selon les origines des eaux usées on distingue quatre types, les eaux usées domestiques, industrielles, pluviales et agricoles (Schriver-Mazzuoli, 2012).

1.2.1. Les eaux usées domestiques :

Elles se répartissent en eaux ménagères (eaux de cuisine, de toilette, de nettoyage,…etc.) et en eaux de vannes provenant du rejet des lieux d'aisance et porteuses en particuliér de nombreux germes fécaux. On estime qu'une personne utilisant de 150 à 200litres d'eau par jour rejette en moyenne 90g de matières en suspetion, 80g de matières organiques, 15g d'azote totale, 4g de phosphore totale et des milliards de germes (Schriver-Mazzuoli, 2012).

1.2.2. Les eaux usées industrielles :

Dont les polluants souvent très toxiques varient d'une industrie à l'autre (tannerie, textile, pétrochimie, papeterie, brasserie, métallurgie, sucrerie, peinture…etc.) et qui font l'objet d'un prétraitement par les industriels avant d'être collectées (Schriver-Mazzuoli, 2012).

Les eaux usées industrielles ont des compositions très variables selon le type d'industrie (Agro-alimentaire, chimique, métallurgique, etc.), selon le degré de recyclage des produits et de l'eau, et selon le cycle de fabrication (Petit, 2007).

1.2.3. Les eaux usées pluviales :

Ce sont les eaux de pluie ou de la fonte des neiges ayant touché le sol, qui peuvent être chargées de nombreuses substances indésirables après avoir ruisselé sur les toitures et les chaussées. Elles continnent essentiellement des particules auxquelles adhèrent de nombreux polluants (Schriver-Mazzuoli, 2012).

1.2.4. Les eaux usées agricoles :

Elles Proviennent de l'élevage (lisiers fermiers) riches en matières organique azotées (Schriver-Mazzuoli, 2012).

1.3. Composition des eaux usées :

L'une des conséquences de l'utilisation des eaux est la génération d'eaux usées dont la composition dépend de leur origine (Martin-Lagarette, 2004 et El hachemi, 2012).

La composition des eaux usées est extrêmement variable, en fonction de leur origine Industrielle ou domestique. Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux microorganismes (Daffri, 2008).

La composition des eaux usées s'analyse par le biais de diverses mesures physiques, chimiques et biologiques. Les analyses les plus fréquentes comportent des mesures de déchets solides, de la demande biochimique en oxygène mesurée après cinq jours (DBO5), de la demande chimique en oxygène (DCO) et du pH (Daffri, 2008).

1.3.1. Les matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée Par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures, (Faby, 1997).

1.3.2. Les micropolluants :

Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées. La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion.

Ainsi, certains micropolluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées. Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire et une concentration de ces polluants dans les organismes (Baumont et al, 2004 et Djeddi, 2007). Elles comportent les Eléments traces (ETM), et les micropolluants organiques (Djeddi, 2007).

- **Les éléments traces, minéraux ou organiques (ETM) :**

Les micro-polluants organiques et non organiques résultent d'une pollution multiple et complexe. La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion. C'est la contamination par voie indirecte qui est généralement préoccupante. Ainsi, certains micro-polluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées. La crispation actuelle de l'opinion publique à leur sujet, et le manque de connaissances sur leurs effets à long terme incite à analyser avec soin la nature et la présence de ces micro-polluants dans les eaux usées (Baumont *et al*, 2004).

Il s'agit principalement des éléments suivants : arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, sélénium et zinc. Ils proviennent des rejets domestiques, des eaux pluviales et de ruissellement, des rejets industriels et artisanaux ainsi que des retombées atmosphériques. Ils sont nécessaires au bon développement des plantes. Mais s'ils sont présents en quantités trop importantes, ils présenteront un risque à estimer. Rappelons que l'analyse des Eléments Traces Métalliques (ETM) d'un sol reflète la nature de la roche mère et les contaminations d'activités humaines: dépôts atmosphériques (plomb, zinc), fertilisation phosphatée (source principale d'apport de cadmium), apports de lisiers et de boues (accompagnés d'apports conséquents en zinc et cuivre) (Petit, 2007).

1.3.3. Les substances nutritives :

Ils s'agit l'azote, le phosphore, le potassium, le Chlore et le sodium. Les nutriments se trouvent en grande quantité dans l'eau usée, et constituent un paramètre de qualité important pour la valorisation de ces eaux en agriculture et en gestion des paysages, Les éléments les plus fréquents dans les eaux usées sont l'azote, le phosphore et parfois le potassium, le zinc, le bore et le soufre. Ces éléments se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables que ce soit, dans les eaux usées épurées ou brutes. En outre, la présence de matière organique sous différentes formes dans l'eau usée (solides en suspension, éléments colloïdaux et matières dissoutes) peut, par son effet à long terme sur la fertilité du sol, contribuer également à la stabilité structurale du sol (FAO, 2003).

1.3.4. Pollution biologique :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires, métazoaires et les helminthes (Baumont *et al*, 2004).

2. L'épuration des eaux usées :

L'épuration des eaux est un ensemble de techniques qui consiste à purifier l'eau, soit pour Recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable (Daffri, 2008). La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appelle à des traitements physiques, physico-chimique et biologiques. L'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée (Selghi., 2001 et Mettahri, 2012).

Le traitement des eaux usées est une alternative susceptible de résoudre des différents problèmes des milieux aquatiques récepteurs. Il s'agit essentiellement de réaliser l'élimination de composés organiques biodégradable. Certains procédés permettent la coelimination de l'azote et même du phosphore (Selghi, 2001). Une grande majorité de ces polluants est transférée de la phase liquide vers une phase concentrée (Mettahri, 2012).

2.1. Les grandes étapes du traitement des eaux usées :

Après avoir été utilisée, l'eau est recueillie par les égouts et dirigée vers une station d'épuration.

Le traitement des eaux usées se fait selon les étapes suivant: le prétraitement, Traitement primaire, Traitement secondaire et Traitement tertiaire (Bassompierre, 2007).

2.1.1. Phase de prétraitement :

Le prétraitement permet d'éliminer les éléments solides les plus grossiers par des procédés physiques tels que la sédimentation, la flottaison, et le tamisage. On élimine ainsi les feuilles, les morceaux de papier et de plastique, les graisses et le sable **(**Petit, 2007), qui pourraient constituer une gêne pour les traitements ultérieurs, Les sous-produits de ces opérations de prétraitement seront traités comme des déchets banals. Au terme de cette phase, il reste des polluants dissous et des matières en suspension **(**Petit, 2007).

Le prétraitement est destiné à préparer l'effluent au traitement biologique ultérieur, (Attab, 2011). Les traitements successifs sont : le dégrillage, le dessablage - le déshuilage. La figure n°1 représente les étapes de prétraitement.

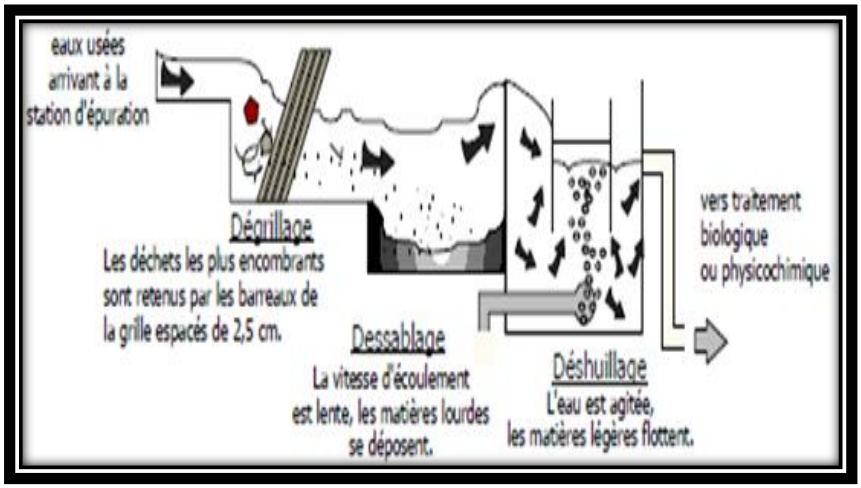


Figure 1: Les étapes de prétraitement (Petit, 2007).

- **Le dégrillage :**

Il s'agit d'éliminer les éléments de grandes dimensions qui se trouvent dans l'eau brute (chiffons, matières plastiques, etc.) et qui pourraient perturber le fonctionnement hydraulique de la station (Brame, 1986).

Le dégrillage consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers. Le nettoyage des grilles se fait par des moyens mécaniques ou manuels. Parmi l'espacement des barreaux on distingue :

 Un pré dégrillage : espacement de 30 à 100mm ;

 Un dégrillage moyen : espacement de 10 à 25mm ;

 Un dégrillage fin : espacement de 3 à 10mm, (Tekfi, 2006). Le tableau 1 représente les déférentes étapes du dégrillage.

Tableau 1 : Les déférentes étapes du dégrillage (Elalaoui et Taoussi, 2013).

Dégrilleurs	Espacement Entre barreaux (mm)	Caractéristiques	Caractéristiques communes
Pré-Dégrilleur	200	Manuel, incliné de 60°	-Construction tout en acier inoxydable. -Construction simple, Solide qui dure dans le temps. -Peu d'entretien. -Installation simple et rapide. -Faible consommation d'électricité
Dégrilleur Moyen	80	Automatique vertical	
Dégrilleur fin	10	Automatique vertical	

La Figure suivante (2) représente les différents types des Dégrilleurs (Elalaoui et Taoussi, 2013).

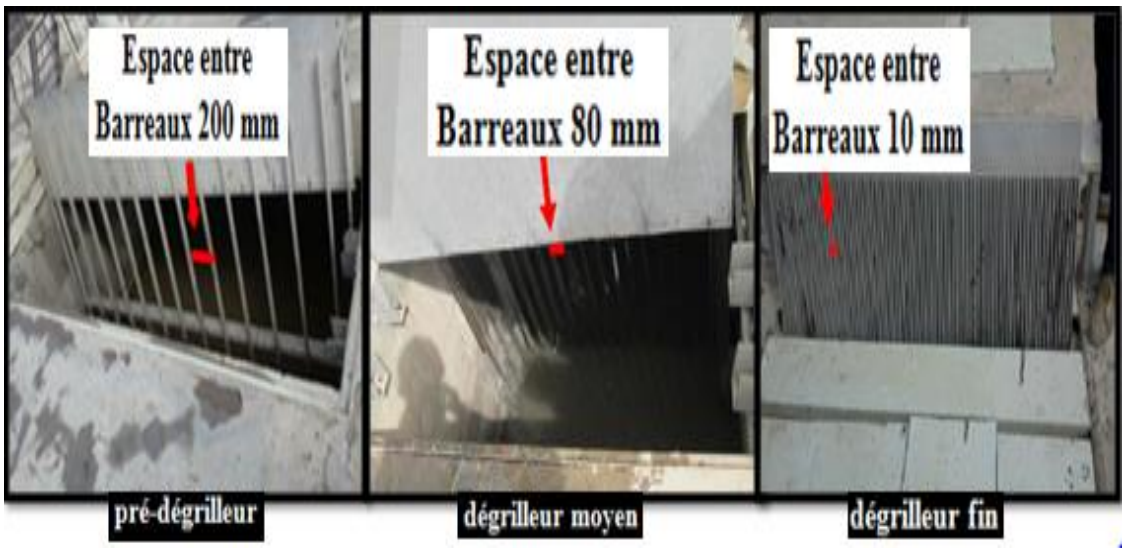


Figure 2: Les types de dégrilleur (Elalaoui et Taoussi, 2013).

Les déchets récupérés par les grilles sont évacués vers la benne menue d'une vis spirale qui permet de pousser les ordures vers les bacs de décharges (Figure 3).

Figure 3: L'évacuation de déchets vers les bennes de Décharge (Elalaoui et Taoussi, 2013).

- **Le dessablage - déshuilage :**

Le dessablage a pour but de retirées des eaux usagées les sables et les graviers, généalement par pompage ou par un dispositif d'insufflation d'aire. La vitesse de passage de l'effluent est entre 0.3 et 0.6 m/s, ce qui entraine la décantation des particules de diamètre supérieure à 20µm. Il existe deux principaux types de dessableurs : la dessableurs à chambre de dessablage longitudinale associe à un canal de venturi et le dessaleur circulaire avec fond de trimie. Les dessableurs des stations d'épuration doivent pouvoir retenir 80% des sables de diamètre supérieure à 200µm (Schriver-Mazzuoli, 2012). Après le dégrillage, il reste encore dans l'eau des fragments solides qui peuvent décanter facilement, mais dont la dureté et la taille sont relativement importante, supérieure à 0.22 (Ramdani, 2007).

Le dégraissage à pour objet de récupérées les huiles, les graisses et les hydrocarbures. Ces substances de densité inferieure à 1, peu soluble dans l'eau, remontent à la surface et sont raclées mécaniquement par une écumoire rotative. On peut accélérer la récupération des graisses par flottation (insufflation de bulles d'aire fines de diamètre inferieur à 1mm avec débit de (10 m^3/ hm^3) ou par coalescence, (Schriver-Mazzuoli, 2012). La figure suivante représente le dessaleur-déshuileur de la STEP.

Le dessablage et le dégraissage sont souvent associés simultanément dans des ouvrages combinés (dessableurs-dégraisseurs rectangulaires, dessableures-dégraisseurs circulaires, dégraisseur rectangulaire avec aérateur mélangeur en tête) (Schriver-Mazzuoli, 2012).

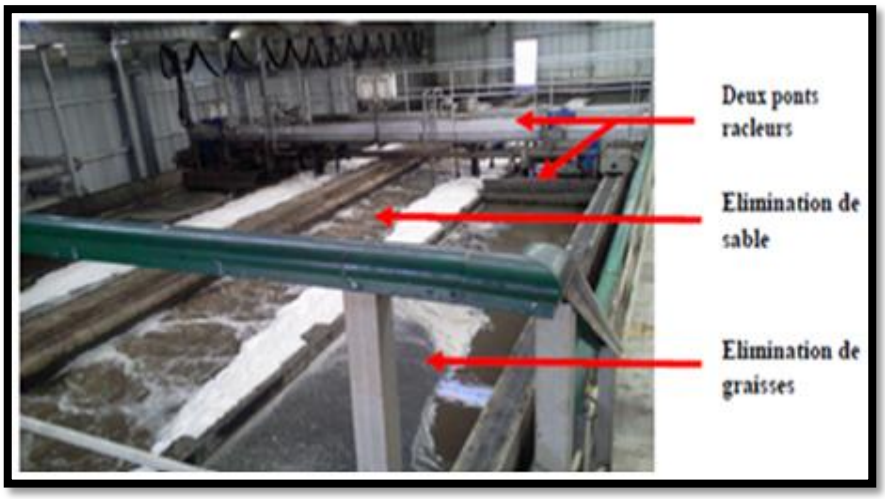


Figure 4: Le dessaleur/déshuileur (Elalaoui et Taoussi, 2013).

2.1.2. Traitement primaire (Décantation primaire) :

Les eaux prétraitées sont acheminées vers le répartiteur afin de les distribuer de manière égale entre les 3 décanteurs primaires. Ces derniers sont de grandes dimensions et consiste d'éliminer la matière en suspension, ces derniers au fond du bassin constituant les boues primaires. Les boues ainsi obtenues sont des boues fraîches, non stabilisées elles sont fermentescibles et sont donc instables (Petit, 2007) et **(**Attab, 2011), sont récupérées ensuite par raclage du fond de bassin, puis acheminées vers les épissures (Belahmadi-Mohamed-Seddik, 2011). Le décanteur primaire est représenté dans la figure suivante.

Figure 5: Le décanteur primaire (Elalaoui et Taoussi, 2013)

2.1.3. Traitement secondaire :

Le traitement secondaire comprend deux phases : le traitement biologique et la clarification qui permettent l'élimination de la matière dissoute dans l'eau (minérale et organique) et le dégazage de l'azote (Ramdani, 2007).

Le traitement secondaire a pour objectif principal l'élimination des composés solubles d'origine organique. Parallèlement, la floculation de la biomasse permet de piéger les matières en suspension restant à l'issue du traitement primaire. Le principe de ce traitement est de mettre en contact la matière organique contenue dans les eaux usées avec une population bactérienne. Celle-ci assimile alors la matière organique pour son propre développement. Ces dispositifs permettent d'intensifier et de localiser sur des surfaces réduites les phénomènes de transformation et de dégradation des matières organiques tels qu'ils se produisent en milieu naturel. Ils sont la reconstitution d'un écosystème simplifié et sélectionné faisant intervenir une microfaune de bactéries, de protozoaires et de métazoaires (Bassompierre, 2007), Plusieurs techniques sont associées à chacune de ces familles (Bassompierre, 2007).

Figure 6: Le bassin biologique **(**Attab, 2011)

Figure 7: Le clarificateur (Elalaoui et Taoussi, 2013)

Le traitement des eaux usées dans les stations de traitement biologique et d'épuration faite appel à différentes techniques : soit la culture fixe ou la culture libre, cette dernière se fait par lagunage ou boues activées (Bassompierre, 2007).

- **Culture fixe (lit fixe) :**

Une station est dite à culture fixe quand elle contient au sein de son bioréacteur des supports solides où les micro-organismes responsables du traitement des eaux sont fixés (Bassompierre, 2007).

- **Lits bactériens :**

Ce procédé consiste à faire ruisseler les eaux usées décantées à travers une masse de pierres ou de matières plastiques présentes un grand surface et sur laquelle se développe un film bactérien (Zooglée) (Brame, 1986).

Ce dernier consomme les matières organiques contenues dans l'eau en présence de l'oxygène, de l'aire. Le filme croit au fur et à mesure de la consommation des matières organiques et s'exfolie sous l'influence des gouttes d'eaux qui tombent sur le garnissage. L'eau épurée et décanté et une partie des boues sont recyclées comme pour les boues activées (Brame, 1986). La figure n° 8 représente les lits bactériens.

Figure 8: Lit bactérien (inra.fr).

- **Biodisques :**

Les disques biologiques ou bio disques sont des enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer ayant subiune décantation. Pendant une partie de leur rotation ils se chargent de substrat puis ils émergent dans l'air le reste du temps (pour absorber de l'oxygène). Les disques sont recouverts par un biofilme sur les deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr mn^{-1} (Anonyme A, 2008).

Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant rejet dans le milieu naturel (Anonyme A, 2008). La figure n° 9 représente la méthode

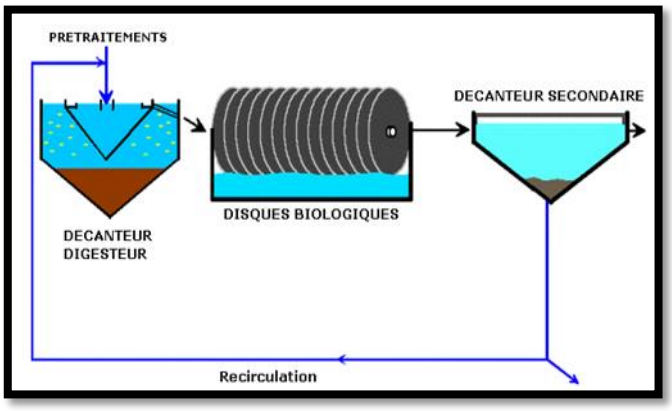


Figure 9: Les biodisques (inra.fr).

- **Culture libre :**

Les dispositifs à culture libre permettent d'assurer le traitement des eaux usées suivant le principe d'une dégradation aérobie (avec oxygène) des eaux usées par des micro-organismes en culture libre (bactéries). Les stations agissent par une oxygénation forcée qui développe de manière importante des bactéries aérobies. Ces micro-organismes dégradent les matières polluantes de l'eau. Le système d'aération est généré par un surpresseur, un compresseur ou turbine (Bassompierre, 2007).

- **Lagunage :**

Le lagunage est un système biologique d'épuration extensive, qui consiste à déverser les eaux usées dans plusieurs basins successifs de faible profondeur, où des phénomènes naturelles de dégradation font intervenir la biomasse qui transforme la matière organique, La matière polluante, soustraite aux eaux usées, se retrouve en grande partie dans la végétation et les sédiments accumulés, et en faible partie dans l'atmosphère sous forme de méthane et d'azote gazeux (Mettahri, 2012).

- **Boues activées :**

Les boues activées sont des systèmes qui fonctionnent biologiquement, avec une aération artificielle. L'épuration par boue activée consiste à mettre en contact les eaux usées avec un mélange riche en bactéries par brassage pour dégrader la matière organique en suspension ou dissoute. IL ya une aération importante pour permettre l'activité des bactéries et la dégradation de ces matières, suivie d'une décantation à partir de laquelle on renvoie les boues riches en bactéries vers le bassin d'aération voir figure (Bassompierre, 2007)

2.1.4. Le traitement tertiaire (ou de finition) :

Il comporte l'élimination de l'azote et le phosphore (Gaid, A).

L'azote présent dans l'eau se trouve sous deux formes :

- **Azote minérale :**

Principalement sous forme d'azote moléculaire, (N_2), d'ion ammonium (NH_4^+), d'ion nitrite (NO_2^-) et d'ion nitrate(NO_3^-) (Gaid, A).

- **Azote organique :**

Présent sous forme de protéines qui donnent par l'hydrolyse des acides aminés conduisant eux même par condensation aux peptides et polypeptides (Gaid, A).

Il se trouve également dans une grande variété d'autres combinaisons organiques (urée, acide urique, créatinine etc.) (Gaid, A).

Le Phosphore se présente lui aussi sous deux formes :

- **Phosphore minérale :**

Présent principalement sous formes d'ortho phosphate, de phosphures, de diverses combinions minérale come le triphosphate de sodium, le pyrophosphate tétra sodique et l'hexa méta phosphate de sodium (Gaid, A).

- **Phosphore organique :**

Présent dans les combinaisons cellulaires organique soit en tant qu'élément de base de substances bien déterminées, soit en tant qu'élément mobile du métabolisme cellulaire (Gaid, A).

2.1.5. Collection et réutilisation des eaux usées :

Avant que les réseaux d'évacuation des eaux usées domestiquent se développent ces eaux étaient rejetées dans des fosses septiques près des habitations. Les eaux traversent les couches du sol et regagnent la nappe phréatique. Depuis que les villes ont pris des proportions importantes, leurs eaux usées sont collectées via des réseaux qui les évacuent vers des émissaires naturelles (oued, fleuve, lac, mer). Les volumes pollués sont éloignés des lieux d'habitation puis traitées ou épurées avant de rejoindre le milieu naturel des cours d'eau ou servir à d'autres activités industrielles, agricoles ou autres (Zella et Smadhi, 2006).

La plus connue de ces utilisations est l'épandage des eaux usées épurées sur les terres agricoles cultivées. Cette pratique, contribue à l'arrosage du dixième des récoltes mondiales. Les eaux traitées sont soit réinjectées dans le sous-sol et stockées dans des aquifères soit utilisées en irrigation, en aquaculture ou en industrie. Certains pays, les eaux usées épurées prés des mégapoles ont été valorisées et recyclées avec plein succès particulièrement en irrigation et en pisciculture. En Inde par exemple, les eaux sortant des lagunes (25% des eaux usées) irrigation plus de 73000 ha en plus d'une activité piscicole faisant vivre des milliers des personnes. En Israël, l'irrigation réutilise 70% des eaux usées du pays. Au Mexique, les superficies arrosées par des eaux traitées partiellement dans des bassins de décantations dépassant 80 000 ha. L'irrigation est surtout orientée vers les cultures comme le coton, les plantes fourragères, l'arboriculture et les espèces forestières (Zella et Smadhi, 2006).

En utilisant la technique de micro-irrigation, La réutilisation des eaux usées épurées, dans les volumes en Algérie sont potentiellement estimés à 1,5 Km^3, peut bénéficier à plusieurs cultures. Dans ce cas, l'eau n'entre plus en contact avec l'irriguant, ni avec le fruit de la plante et évite tout contamination (Zella et Smadhi, 2006).

La réutilisation des eaux usées peut s'appliquer à une large variété d'usages, à savoir : l'irrigation agricole, l'utilisation urbaine domestique, l'utilisation urbaine non-domestique, l'usage récréationel (espaces verts…), l'eau de baignade, le bétail, les activités de loisir et sports liés à l'eau, l'industrie, la recharge de nappes, la recharge des cours et des points d'eau, l'aquaculture, l'utilisation du pouvoir thermoélectrique et même la production de l'eau potable (Salgot et Huertas, 2006).

La réutilisation des eaux usées épurées présente divers avantages :

L'économie de l'eau et la pollution n'affecte plus la pénurie d'eau, la recherche des nappes souterrains, production de la vapeur d'eau, lavages de routes et autres espaces. Elles assurent une fertilisation gratuite vue la richesse des eaux épurées en nitrates et phosphates. La réutilisation des eaux épurées permet la sauvegarde de l'eau douce et garantit la durabilité environnementale et la biodiversité (Zella et Smadhi, 2006).

Chapitre 2

Epuration des eaux usées par le procédé de boue activée

1. Définition de la boue :

Le terme « boues » est le terme générique employé pour caractériser les résidus ou sous-produits issus des procédés de séparation liquide-solide des installations de traitement et d'épuration des eaux usées résiduaires **(**Perez fabiel, 2009).

La production de boues résulte d'un phénomène d'accumulation consécutif à trois phénomènes combinés :

- la production de micro-organismes actifs ou morts

- l'accumulation de matières en suspension minérales

-l'accumulation de matière organique non biodégradable. Dans ces conditions, la production de boue au sein d'une installation s'écrit :

$$P_x = P_{\text{minérale}} + P_{\text{réfractaire}} + P_{\text{biomasse}}$$

Où P_x = **Production totale de boue**

-$P_{\text{minérale}}$ = Production de boues résultant de l'accumulation de matière minérale.

-$P_{\text{réfractaire}}$ = Production de boues résultant de l'accumulation de composés organiques non Biodégradables.

-P_{biomasse} = Production des boues résultant de la reproduction des micro-organismes **(**Perez fabiel, 2009).

2. Les types des boues :

Il existe différent types des boues : boues primaires ; boues secondaire (boues biologiques ; boues activées) ; boues tertiaire.

Les boues biologiques, biomasse en excès provenant du traitement biologique secondaire .Elle sont aussi appelés boues secondaires ou boues activées (Amorce, 2012), le tableau suivant présent les différents types de boues de STEP.

Tableau 2: différents types de boues de STEP (Amorce, 2012).

Type de boue	Boues primaires	Boues biologiques (boues secondaire ou boues activées).	Boues mixtes	Boues physico-chimiques
origine	Traitement primaire par décantation	Traitement biologique secondaire.	Traitement primaire et secondaire.	Décantation après traitement avec un réactif
Composition et siccité	Matière inorganique	Composés organiques avec un petit pourcentage de composés inorganiques.	Mélange de boues primaires et de boues biologiques.	
	Couleur grise siccité 5	Boue granulaire de couleure brun-jaunâtre	Siccité 5	Siccité 4-5

- **Les boues activées :**

Elles sont obtenues à partir des procédés biologiques à cultures libres. Les microorganismes se développent dans des bassins alimentés d'une part en eaux usées à traiter et d'autre part en oxygène par des apports d'air. Les microorganismes en suspension dans l'eau des bassins sont donc en contact permanent avec les matières polluantes dont elles se nourrissent et avec l'oxygène nécessaire à leur assimilation (Sidy Diakhate, 2010).

3. L'épuration par boues activées :

Ce procédé consiste à mettre 1 'eau à épurer en contact avec une forte concentration en micro- organismes qui vont digérer la matière organique, produisant de l'eau et du gaz carbonique, et éliminer d'autres composés tels que les composés azotés et phosphatés. Dans le bassin d'aération, les bactéries se trouvent en suspension sous forme de flocs bactériens formant un écosystème complexe avec des protozoaires et des métazoaires. C'est dans ce bassin que se produit la biodégradation de la matière organique par les micro-organismes (Damotta, 2001).

Ensuite, on sépare la biomasse épura tri ce de 1' eau épurée par simple décantation gravi taire. Pour cela un clarificateur (décanteur secondaire), est utilisé et dans lequel les boues concentrées sont récupérées au fond de l'ouvrage et l'eau traitée en surverse. L'eau épurée peut être ainsi envoyée vers le milieu naturel sans perturber son écosystème. Une grande partie des boues (~97%) retournera en tête du bassin d'aération de façon à maintenir une concentration en biomasse stable et suffisante. Le reste (~3%) sera extrait (boues en excès) et traité –spécifiquement (Damotta ,2001).

Une STEP des eaux usées par procédé de boues activées renferme (figure 10) :

• Un bassin d'aération, où l'oxygène (utilisé comme capteur d'électrons), et l'eau à épurer (qui contient des matières susceptibles d'être oxydées) vont être en contact avec les micro-organismes épurateurs ;

• Un système de brassage et d'oxygénation pour le bassin, fournissant 1' oxygène pour les réactions métaboliques, maintenant les boues en suspension et assurant un bon contact entre l'eau et les micro-organismes. En général le système d'oxygénation assure les deux fonctions d'aération et de brassage ;

• Un clarificateur, où l'eau épurée est séparée ;

• Un système de recirculation et d'extraction de boues (Damotta ,2001 et Canler et *al*, 2014).

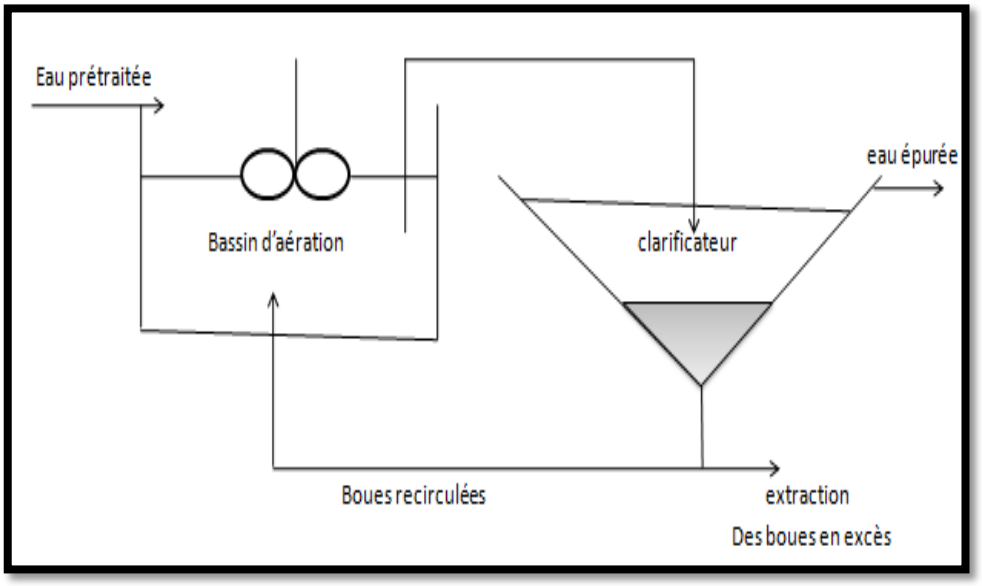


Figure 10: Système de traitement par boues activées (Canler et *al*, 2014).

4. Traitement biologique aérobie :

Trois mécanismes principaux interviennent dans l'épuration biologique : la croissance, l'hydrolyse des substrats et la lyse cellulaire **(**Perez fabiel, 2009).

L'objectif des micro-organismes est de se multiplier. Cette multiplication nécessite la consommation de différentes substances appelées substrats, hydrolysées (les macromolécules sont cassées en molécules plus petites pour pouvoir être assimilées par la cellule et être dégradées), servant soit à la constitution de nouvelles cellules, soit à la production d'énergie permettant l'assemblage des molécules élémentaires. Lors de la production d'énergie, une substance réduite est oxydée et les électrons sont transférés à un accepteur d'électrons alors réduit (il s'agit de l'oxygène pour la respiration aérobie et du nitrate pour la respiration anoxique). La DCO biodégradable (DCO B) est soit transformée en CO_2 et en énergie (consommation d'oxygène), soit sert au développement de la biomasse (DCO x) **(**Perez fabiel, 2009).

Enfin, dans les processus biologiques, on observe une réduction de masse cellulaire. Ceci est expliqué par la mortalité cellulaire par lyse (réduction du nombre de bactéries actives) mais également par la respiration endogène (consommation des réserves intracellulaires en absence de substrat exogène) **(**Perez fabiel, 2009).

5. Formation de la boue activée :

La formation de la boue comprend essentiellement trois étapes : **transfert, conversion et floculation** (Bioma.co, 2006).

5.1. Le transfert **:**

Se produit lorsque la substance organique nutritive est en contact avec les microorganismes. Dans cette phase, la matière nutritive est transférée de l'eau aux organismes par deux processus simultanés: **l'absorption et l'adsorption** (Bioma.co, 2006).

La matière organique soluble est absorbée en passant directement à travers la membrane de la cellule. Les matières particulaires et colloïdales en suspension dans le liquide sont adsorbées sur la membrane cellulaire et transformées par dissociation des molécules, en matière soluble, laquelle est ensuite absorbée par la cellule (Bioma.co, 2006).

5.2. La conversion :

De la matière nutritive en matière cellulaire a lieu après l'entrée de la nourriture dans la cellule, et est désignée par le terme de **métabolisme cellulaire** (Bioma.co, 2006).

5.3. La floculation :

Se produit lorsque les micro-organismes sont rassasiés et que leur activité diminue. Cette phase exige une eau calme, comme pendant la sédimentation (Bioma.co, 2006).

6. Composition de la boue activée à l'échelle microscopique :

L'observation rapide et simple par microscopie optique permet d'identifier les protozoaires, les métazoaires et les bactéries filamenteuses de morphologies particulières comme par exemple *Nocardia sp*. Les bactéries filamenteuses des boues activées recouvrent une grande diversité de genres bactériens qu'il est nécessaire de pouvoir distinguer. L'utilisation de colorations« classiques » va donc permettre de caractériser facilement la morphologie et la physiologie de ces microorganismes (Pandolfi, 2006).

6.1. La microfaune :

Bien qu'il n'ait aucune valeur systématique. Le terme de microfaune est commode pour désigner les plus petits des animaux qui vivent dans le sol pour certains auteurs, ce terme concerne seulement les animaux dont la taille est inférieure à 200 µm ; d'autres font de la microfaune un ensemble plus vaste dans lequel ils admettent des animaux atteignant 1 à 2 mm. C'est dans cette deuxième conception que nous utiliserons ce mot. La microfaune comprend, dans ce cas, des Nématodes, des Arthropodes de très petite taille et quelques autres animaux d'importance très secondaire (Davet, 1996).

La microfaune est composée d'animaux microscopiques composés de protozoaires et de métazoaires. Ces organismes participent à l'élimination des bactéries libres qui constituent leurs proies et à la cohésion du floc par leurs déjections. Leur observation au microscope, donne des indications sur la qualité du traitement (Chergui-Chergui et *al*, 2016).

6.1.1. Les protozoaires :

Ce sont des organismes eucaryotes, unicellulaires, mobiles et de taille pouvant aller de 1 à 500µm. Ils se nourrissent essentiellement de bactéries et de molécules organiques dissoutes. Le rôle principal de ces protozoaires est avant tout la clarification de l'effluent par prédation des bactéries libres. Les protozoaires sont de très bons indicateurs du fonctionnement des stations d'épuration. En effet cette microfaune est très sensible aux modifications environnementales : substrats, oxygène dissous, toxiques… (Damotta, 2001).

La prédation peut être effectuée par broutage des bactéries à la surface des flocs par des protozoaires rampants.

De plus, certains auteurs notent que le rôle bactériophage au niveau des flocs permet de maintenir des populations bactériennes jeunes pouvant assimiler plus facilement la matière organique (Pandolfi, 2006 et Druart et Balvay, 2009).

D'une façon plus simpliste on peut les classer en flagellés, ciliés et amibes (figure n°11). Les ciliés, présents en concentration importante en conditions normales de fonctionnement, peuvent être classés selon leur régime alimentaire, en bactériophage et carnivores. Les bactériophages, selon leur mobilité, sont groupés en nageurs, mobiles de fond et sessiles (Damotta, 2001). Ces organismes les Trichomonas des vaginites, parfois pathogène pour l'homme, notament les plasmodium du paludisme, les amibes de l'amibiase, Les trypanosomes de la maladie du sommeil et de Chagas (Berche, 2007).

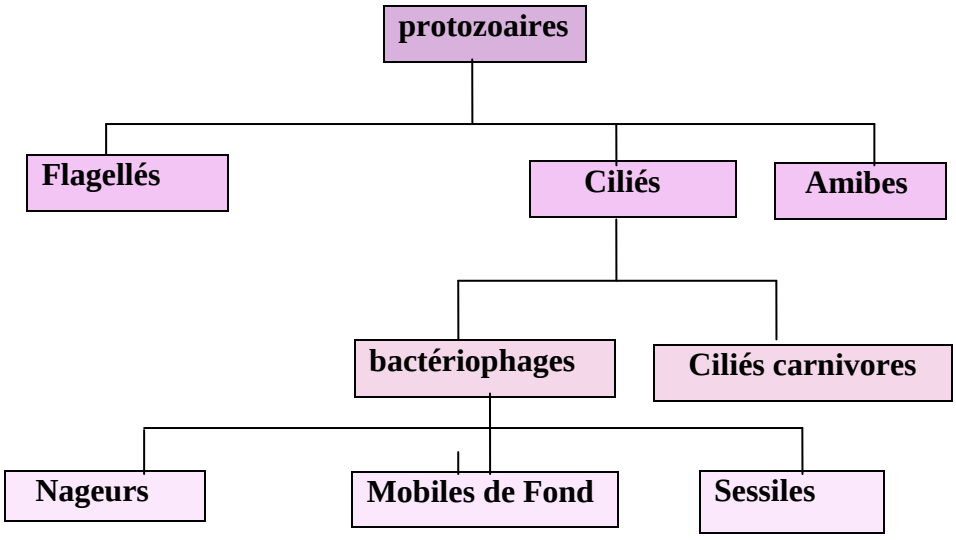


Figure 11: Classification des protozoaires (Damotta, 2001).

6.1.2. Les métazoaires :

Les métazoaires sont des organismes pluricellulaires dont la taille peut aller de 100 µm à 1mm. Leur organisation cellulaire est plus complexe que celle des microorganismes unicellulaires et leur cycle de croissance est très lent. On les trouve essentiellement dans des installations avec des âges de boues élevés (stations à faible charge ou aération prolongée) (Pandolfi, 2006).

Parmi les principaux métazoaires présents dans les boues activées des stations d'épuration, on retrouve essentiellement deux familles: les nématodes et les rotifères.

Les nématodes sont présents dans les boues subissant une digestion aérobie**.** On les trouve dans les flocs et leur rôle de prédateur bactérien leur permet de contribuer au renouvellement de la biomasse épuratrice (Canler et *al*, 1999).

La présence des rotifères stimule l'activité et la décomposition de la microflore. Assez sensibles aux composés toxiques, ils se développent dans des boues âgées et bien oxygénées (Pandolfi, 2006).

Le tableau 3 présente les différentes fréquences d'apparition des éléments de la microfaune. La présence de flagellés dans une basse fréquence indique un manque de concentration en nutriments organiques solubles en accord avec les résultats de l'élimination de la DCO. Tandis que la fréquence élevée des ciliées indique la réduction de la présence de bactéries confirmant la consommation de la matière organique par les organismes (Hamaidi-Chergui et *al*, 2016).

Tableau 3: Fréquence des espèces de la microfaune dans la boue activée (Hamaidi-Chergui et al, 2016).

Protozoaires	Fréquence	Signification de la présence de cette microfaune
Flagellés les petits flagellés à mouvement lents	+	Leur prédominance signifie un déficit en oxygène ou une surcharge en matière organique.
Amibes Rhizopodes -Amibes -Thécamébiens *-Arcella* *-Difflugia*	+++ ++ +	La prédominance des amibes caractérise des boues bien oxygénées avec un bon traitement du carbone la présence d'***Arcella*** indique un bon processus d'épuration et une bonne performance en nitrification. La présence de ***Difflugia*** indique une minéralisation assez poussée des boues.
Ciliés Péritriches *-Epistylis* *-Carchesium* Hypotriches *-Aspidisca* Hétérotriches *-Stentor*	 ++ + +++ +	La présence d'***Epistylis*** caractérise des boues fortement concentrées et indique un bon traitement de la charge organique et du NH_4+. ***Carchesium*** est un indicateur d'effluent de bonne qualité. La présence d'***Aspidisca*** indique un phénomène de nitrification. La présence de Stentor indique un effluent traité de très bonne qualité.
Métazoaires ❖ **Nématodes** ❖ **Tardigrades**	 +++ +	Signe de dépôt au fond du bassin. Indicateur d'une très bonne qualité de l'eau traité et une nitrification très importante.

+++ Espèces très fréquentes ; ++ Espèces moyennement fréquentes ; + Espèces rares.

6.1.3. Caractéristiques morphologiques des (protozoaires et Métazoaires) :

❖ **Les protozoaires :**

- **Les ciliés bactériophages :**

► **Mobiles de fond :**

✓ ***Aspidisca cicada***

Aussi connu comme ***Aspidisca costata***, ce petit protozoaire (longueur entre 25 et 45 µm) a une très forte mobilité, ce qui rend parfois difficile sa prise de vue. Il a une forme ovoïde et possède une carapace ondulée. Par une vue de dessus ou dessous, on voit des cirrhes qui dépassent la longueur du corps (Damotta, 2001).

✓ ***Euplote***

Petit Hypotriche de taille variable suivant l'espèce mais comprise entre 50 et 200µm.peut etre confondu avec ***Aspidisca costata*** mais taille plus grande,corps plus allangé,fente buccale ciliée bien visible et aucune bosse apparente(ce sont des stries) (Canler et *al*, 2014).

✓ ***Trithigmostoma***

Très semblable à ***Chilodonella, Tritihgmostoma*** possède des dimensions plus importantes (entre 75 et 300 µm) et un nombre supérieur de vacuoles contractiles (Canler et *al*, 2014).

✓ ***Trochilia***

La présence de *Trochilia* est associée à une forte concentration de bactéries filamenteuses. Sa forme est ovoïde et sa longueur se situe généralement entre 25 et 40 µm. (Damotta, 2001).

►**Ciliés Sessiles :**

Les ciliés sessiles possèdent un pédoncule que leur pennet de s'attacher aux flocs bactériens. A l'intérieur du pédoncule (excepté pour ***Opercularia*** et ***Epystilis***) se trouve le myonème (un muscle) qui penn et sa contraction. La présence du myonème ainsi que la largeur du pédoncule sont des paramètres qui aident à la distinction entre les différentes espèces de protozoaires ciliés sessiles (Damotta, 2001).

- ***Carchesium sp***.

Carchesium est un cilié qui mesure entre 80 et 140 µm. Il se trouve généralement en colonies qui peuvent dépasser 3 mm (Canler et *al*, 2014). Son corps est en forme de campanule et le noyau est en fonne de "C", comme pour ***Vorticella convalaria***. Contrairement à ***Zoothamnium,*** chaque individu de la colonie peut se contracter indépendamment (Damotta, 2001).

- ***Zoothamnium sp.***

Comme *Carchesium,* ce protozoaire se trouve souvent .en colonie. Sa dimension varie entre 50 et 1 00 µm. Son corps est plus cylindrique que celui du ***Carchesium*** (Damotta, 2001 et Canler et *al*, 2014).

- ***Epistylis sp.***

Epystilis est un micro-organisme colonial, qui mesure entre 70 et 200 µm. Son corps à la forme d'un vase et le noyau se situe souvent en position perpendiculaire, proche à la cavité buccale. Le pédoncule n'a pas de myonème (Canler et *al*, 2014).

- ***Opercularia sp***.

Protozoaire sessile cilié, dépourvu de myonème, il se trouve souvent en colonies. Ce microorganisme ressemble beaucoup à ***Epystilis***, mais les colonies formées ont peu d'individus (4 à 8) et leur noyau est situé au milieu de la longueur (peristoma). La cilliature buccal s'étend du peristoma, qui est légèrement gonflé, jusqu'à la partie supérieure (Canler et *al*, 2014).

- ***Vorticella convallaria***.

C'est une grande vorticelle avec une longueur du corps entre 40 et 120 µm et de pédoncule entre 200 et 500 IJ.m, qui se trouve généralement sous forme isolée. Son corps ressemble à une cloche et le noyau a une forme de "C". Elle est dotée d'une couronne de cils et d'un myonème à l'intérieur du pédoncule (Damotta, 2001 et Canler et *al*, 2014).

- ***Vorticella microstoma.***

De corps légèrement sphérique et de petite taille (corps entre 20 et 60 µm), ce protozoaire possède aussi un myonème à l'intérieur du pédoncule et une couronne de cils à l'ouverture buccale. La couronne de *V. microstoma* est rétrécie par rapport au corps et le noyau est allongé (Damotta, 2001).

- **Les ciliés Carnivores**

✓ ***Litonotus sp.***

Cilié doté d'un corps allongé et flexible, il possède une vacuole à l'extrémité postérieure très visible et sa tête est légèrement courbée. De longueur très variée (50 à 200 µm), il se nourrit préférentiellement des ciliés sessiles (Damotta, 2001).

✓ ***Acineta sp.***

Ce sont des protozoaires carnivores, dotés de deux groupes de tentacules. Le noyau est arrondi et situé dans la partie centrale. Leur taille varie de 30 à 300 µm. L'espèce la plus petite est ***A. cuspidata*** et la plus grande ***A. grandis*** (Damotta, 2001 et Canler et *al*, 2014).

✓ ***Podophrya sp.***

La forme de son corps est arrondie (sphérique), ainsi que le noyau. Les tentacules sont réparties sur la surface de son corps, un pédoncule fixe le protozoaire au floc. Diamètre du corps de 10 à 60 µm (Canler et *al*, 2014).

- **Les flagellés :**

✓ ***Peranema***

C'est un grand flagellé de 20 à 1 00 µm, avec un corps cylindrique. A une extrémité on trouve le flagelle dressé droit, dont seulement la pointe (1/3) ondule quand il se déplace. L'autre extrémité peut être arrondie, inclinée ou carrée. C'est un organisme hétérotrophe et il peut ingérer des proies relativement grandes (Damotta, 2001).

- **Les Sarcodines :**

✓ ***Arcella sp***.

Ce genre d'amibe possède une carapace circulaire, quand on le voit par le dessus ou dessous, transparente, lisse et avec une ouverture centrale par où sortent les pseudopodes. Sa dimension varie entre 30 et 250 µm et ses pseudopodes sont très difficiles à observer. (Damotta, 2001et Canler et *al*, 2014).

✓ ***Euglypha sp***.

C'est une amibe avec une thèque ovoïde, transparente et à une surface rugueuse. L'ouverture se trouve à urie extrémité. Il a une taille qui varie entre 20 et 150 µm. (Damotta, 2001 et Canler et *al*, 2014).

❖ **Les Métazoaires :**

- ***Rotifères :***

Les Rotifères sont dotés d'un appareil rotatoire qui filtre l'eau qui circule. Ils peuvent être libres ou sur la surface des flocs (Damotta, 2001).

- ***Nématodes :***

Les Nématodes sont des Rotifères qui ont une taille supérieure à 150 µm. Leur corps est lisse et ne présente pas de cils. Animal très souple et relativement mobile (Canler et *al*, 2014).

6.1.4. Principales fonctions de la microfaune :

Il convient de rappeler les principales fonctions de la microfaune afin de faciliter son interprétation.

- **Locomotion :**

Les protozoaires et les Métazoaires ont tous la possibilité, à un moment donné de leur vie, de se déplacer avec des vitesses très différentes selon les espèces :

- Les plus lents, représentés par les amibes, ont une vitesse de l'ordre de 1µm/seconde.

-Les plus rapides, sont représentés par les Holotriches et les formes nageuses de Péritriches, dites télotroches, avec une vitesse de quelques centaines de µm/ seconde (Canler et *al*, 2014).

- **Respiration :**

En très grande majorité, les protozoaires ont des besoins en oxygène dissous à très faible concentration. Certains espèces possèdent des capacités d'adaptation à des conditions de milieu plus difficiles ou peuvent même être anaérobie strictes (Canler et *al*, 2014).

- **Nutrition :**

La microfaune possède des formes de nutrition très diverses.ils peuvent être autotrophes (quelques espèces) ou hétérotrophes. Certaines populations dites mixotrophes sont capables d'avoir plusieurs modes d'alimentation :

La très grande majorité des individus est hétérotrophe (Canler et *al*, 2014).

6.2. La microflore :

Les bactéries sont des micro-organismes unicellulaires, de différentes formes (sphériques, cylindriques, incurvées,…), dont la taille est de l'ordre de quelques microns (de 0.5-5µm), à l'exception des bactéries filamenteuses de taille souvent supérieures (de 10 à plus de 500µm) et pouvant être pluricellulaires (Canler et *al*, 2014).

Dans les boues activées, les bactéries prestes sont pour la plupart aérobies facultatives, gram négatives, mobiles et provenant essentiellement du sol ou des eaux (Canler et *al*, 2014).

- **Le métabolisme bactérien :**

Utilisation de la pollution organique par les bactéries : dans des conditions bien précises (charge massique donnée), une partie de la pollution à traiter, de l'ordre de 50%, est utilisée pour le métabolisme bactérien (synthèse cellulaire), l'excédent étant stocké sous forme de sucres complexes. (20% catabolisme ,30% anabolisme=métabolisme, 50%réserves des sucres complexes) (Canler et *al*, 2014).

- **Processus métaboliques :**

Les principales relations au sien du peuplement biologique sont complexes et basées sur des relations de prédations, de compétition voire de cannibalisme qui peuvent être illustrées de la façon suivante (Canler et *al*, 2014).

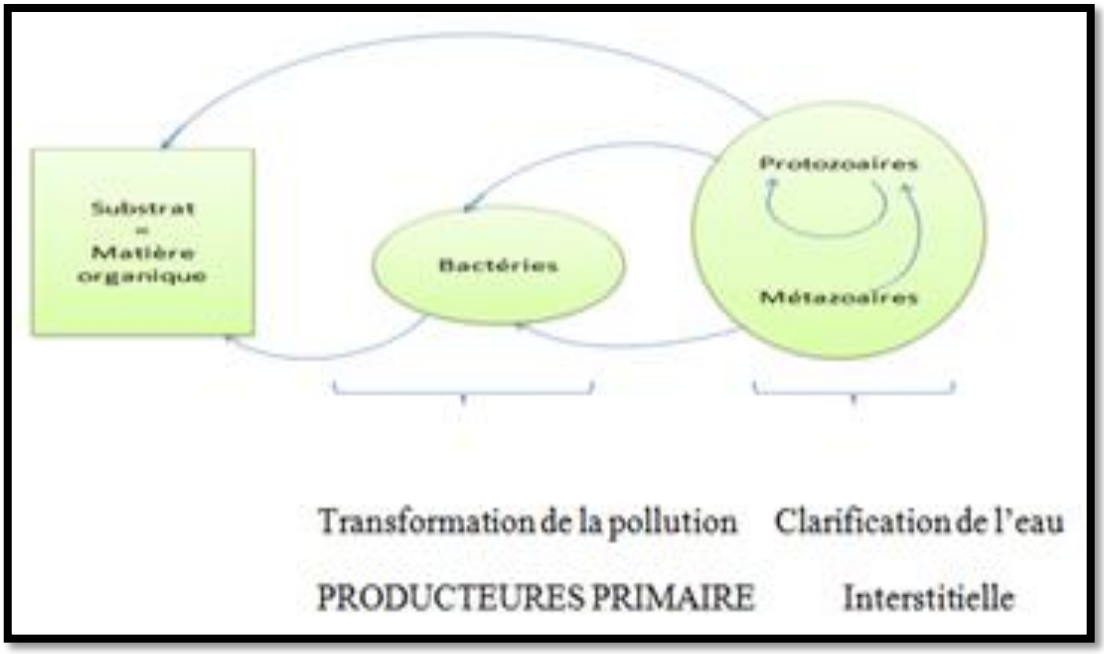


Figure 12: Les relations entre les microorganismes de la boue activée (Canler et *al*, 2014).

6.2.1. Le floc bactérien de boues activées :

Dans les stations d'épuration à boues activées, les bactéries qui effectuent l'épuration sont majoritairement regroupées sous forme de flocs. Les bactéries filamenteuses jouent un rôle important dans la structure des flocs dont elles constituent le « squelette ». Les bactéries nitrifiantes, bien que présentes en minorités jouent un rôle essentiel puisqu'elles assurent l'oxydation de l'azote ammoniacal. Enfin, les exo polymères secrétés par les bactéries jouent aussi un rôle dans la structuration des flocs, et leurs propriétés physico-chimiques (Louvet- Noël, 2010).

6.2.2. Structure des flocs :

Le diamètre moyen des flocs varie de quelques micromètres jusqu'à 1 mm en fonction des conditions opératoires notamment des conditions de substrat et les forces de cisaillement. Lorsqu'une boue est alimentée par un substrat synthétique elle peut perdre complètement sa morphologie originelle. On peut notamment obtenir des granules qui font plusieurs millimètres de diamètre. Au contraire, les forces de cisaillement conduisent à casser les flocs de gros diamètre. En laboratoire, il est possible de diminuer la taille des flocs en mixant la liqueur mixte. Dans une boue tous les flocs n'ont pas le même diamètre, on peut donc caractériser une boue par la distribution de ses flocs en fonction de leur diamètre (Louvet- Noël, 2010).

6.3. Liquide interstitiel : Il peut comprendre :

- Des bactéries aux différents types de croissance (dispersée, floculée, filamenteuses).

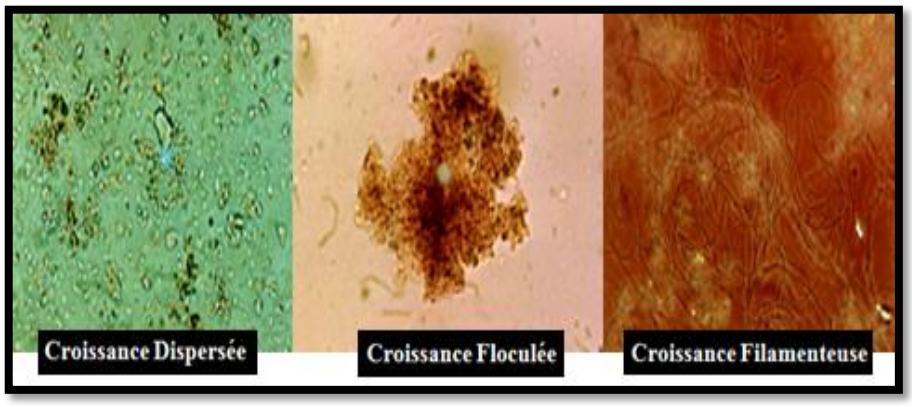


Figure 13: différents types de croissance des bactéries (dispersée, Floculée et filamenteuses) (Canler et *al*, 2014).

- Des particules non floculées, comme le surnageant lors du test de décantation.

Le liquide interstitiel représente dans la plupart des stations la qualité des eaux de sortie. Il convient donc d'évaluer la quantité de bactéries libre, bien visible à partir d'un grossissement 400X ou en contraste de phase, la présence plus ou moins importante de particules non floculées et de bactéries filamenteuses. (Canler et *al*, 2014).

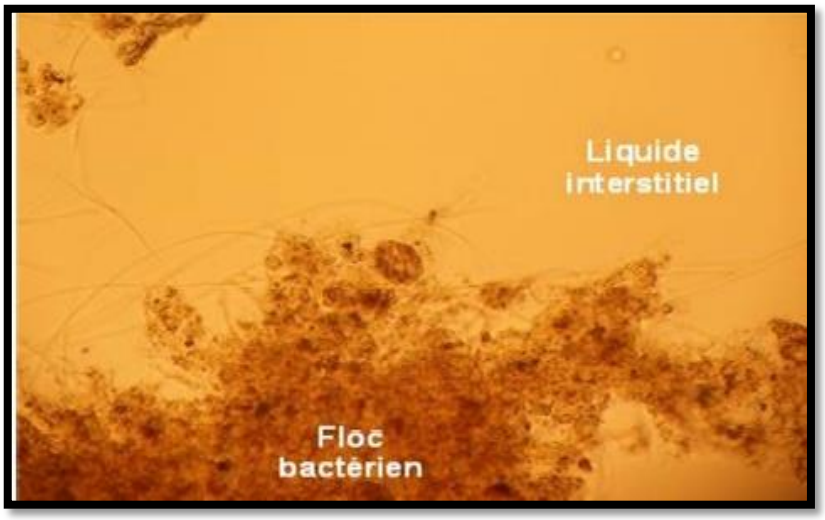


Figure 14: Composition de la boue activée (Lazarova, 2003 et Mettahri, 2012).

7. Facteurs lies à l'épuration biologique :

Différents paramètres permettent de définir le fonctionnement d'une boue activée L'efficacité d'un traitement biologique, garantissant une qualité d'eau traitée, est intimement liée a la valeur de la charge de fonctionnement du réacteur biologique qui en pratique, est exprimée par les paramètres suivants (Sahtout, 2012).

7.1. Charge massique (cm) :

C'est la quantité de DBO5 (en kg/j) rapportée à la masse de matières en suspension totales contenues dans l'ouvrage de volume V. Elle s'exprime en kg DBO5/ (kg MEST. j), est parfois rapportée a la masse de micro-organismes ou de matières volatiles sèches (MVS) contenues dans l'ouvrage. Elle s'exprime alors en kg DBO/ (j. kg MVS).

$$\mathbf{Cm = DBO5\ entrée\ /\ V\ [MVS\ basin]}$$

DBO5 : masse de DBO apportée par jour (kg/j).

V : volume du bassin d'aération (m^3).

[MVS bassin] : concentration nominale de MVS dans le bassin d'aération (g/L). (Sahtout, 2012) (Satin et al, 2006 et Belhani et *al*, 2008).

7.2. Charge volumique (cv) :

La charge volumétrique Cv correspondant a la masse de polluant arrivant chaque jour sur la station par unité de volume du réacteur :

$$Cv=Q0.DBO5/V \qquad \text{en Kg d'}O_2\text{/ (m}^3\text{.J)}$$

Q0 : débit journalier d'effluent à traiter (m^3.J) (Schriver-Mazzuoli, 2012).

7.3. L'âge des boues (a) :

C'est le rapport entre la masse de boues présente dans le réacteur et la production Journalière de boues (Deronzier et *al*, 2001).

7.4. Production journalière de boues :

Elle s'exprime par la relation suivante:

$$WMES = 0,84\ [DBO5\ entrée + MES\ entrée] / 2$$

DBO5 entrée: masse de DBO apportée par jour (kg/j)

MES entrée: masse de MES apportée par jour (kg/j). (Deronzier et *al*, 2001).

8. Qualité des eaux traitées attendue pour le procédé de type boues activées :

Tableau 4: Qualité attendue des eaux épurées.
(Seine et Marine, 2002) et (Schriver-Mazzuoli ,2012)

Paramètre	Norme de rejet (mg/l)
DBO5	15à30
MRS	20à35
NTK+NO3	10à15
DCO	50à90
NK	5à20
P total	1,2à2

Chapitre 3

Station étudiée

1. Situation géographique de la STEP :

Dans la wilaya de Mila il existe plusieurs stations d'épuration (urbaines ou industrielles) fonctionnelles ou en arrêt, et d'autres en projet de réalisation. Parmi ces stations, celle d'Oued Athmania qui a été dimensionnée pour épurer les eaux usées d'origines domestique et pluviales des deux communes Oued Athmania et Chelghoum Laid les (figures n° 15-26) (STEP d'Oued Athmania).

La station d'épuration des eaux usées de la daïra de Chelghoum Laid est de type Boues activées à faible charge située à la sortie de la commune d'Oued Athmania. Elle s'étend sur une superficie de 06 Hectares avec une capacité de 45.000 équivalant habitant. Elle a été mise en service en 1995 et elle traite les eaux usées de la ville d'Oued Athmania qui sont collectées par une station de relevage et celles de Chelghoum Laid qui sont collectées par deux stations de relevage. Les eaux épurées sont déversées dans oued Rhumel qui alimente le barrage de Beni Haroun (Fiche technique de la STEP).

La STEP est délimitée au Nord par : Oued Rhumel, a l'Est par : terre agricole privée L'Ouest par : Chaaba appellation Chaabet ferrouj (qui représente un véritable danger sur la station a cause des crues des orages donc risque d'inondation de la station (cas de 11/09/2013) et au Sud par : route nationale vers Telaghma (STEP d'Oued Athmania).

Figure 15: Localisation de la station d'épuration des eaux usées D'oued Athmania (Google earth, 2015).

Figure 16: Vue de la station d'épuration des eaux usées d'Oeud Athmania (STEP d'Oued Athmania).

2. Les activités de la région:

2.1. Activité socio-économique :

La région d'étude « Chelghoum Laid et Oued Athmania » est a vocation principalement à l'agriculture et l'élevage de différents types d'animaux domestiques (DSA de la wilaya de Mila, 2013).

Mis à part l'usine des détergents et l'usine de Latina à l'Est ainsi que le marché de gros des fruits et légumes, la région n'a connu que l'implantation de quelque petites unités industrielles, On dénombre sur l'ensemble du territoire de la circonscription, 16 unités de production dans diverses branches d'activité : produits d'entretien et détergents, industrie alimentaire, transformation du bois et dérivés. Il existe également 23 carrières productrices d'agrégats et de sable en même temps que la création des entreprises publiques locales (DSA de la wilaya de Mila, 2013).

2.2. Activités agricoles :

La région d'étude est généralement dominée par la culture des céréales et des légumes (DSA de la wilaya de Mila, 2013).

Il faut signaler que les eaux usées de la ville de Chelghoum Laid et Oued Athmania sont évacuées vers la station d'épuration sujet de l'étude. De même ; l'usine de détergent Henkel ENAD Algérie de Chelghoum Laid contient sa propre station d'épuration. Ce qui est à prendre en considération (DSA de la wilaya de Mila, 2013).

3. Caractéristiques fonctionnels :

Charge de pollution :

Entrée :		**sortie :**	
MES : 3150Kg/J.	350 mg/l.	MES: 270 Kg/J.	30 mg/l.
DBO5: 2430Kg/J.	270 mg/l.	DBO5: 270 Kg/J.	30 mg/l.
DCO: 6750 Kg/j.	750mg/l.	DCO: 810 Kg/J.	90 mg/l. (ONA, 2015)

Rendement d'épuration :

MES : 91% DBO5 :89 % DCO : 88 %

4. Filière de traitement :

La filière eau représente les différentes étapes de traitement des eaux usées depuis leur entrée à STEP jusqu'à leur sortie. On distingue : le prétraitement, le traitement primaire, le traitement secondaire et la traitement tertiaire.

Cette station, comme toutes les stations d'épuration par boues activées, comprend dans tous les cas : déversoir d'orage (figure°17), dégrilleur, dessaleur-déshuileur (figure°18,19), bassin d'aération, clarificateur, épaississeur et lits de séchage voir les (figures n°17-26) (STEP d'Oeud Athmania).

Figure 17: Déversoir d'orage (STEP d'Oued Athmania).

4.1. Le prétraitement :

Comme signalé plus haut, les eaux brutes sont pompées dans un chenal de 1.2 m de largeur aboutissant au post de dégrillage.

Il y a trois grilles : deux mécanisées et une manuelle.

Cet ensemble est en communication hydraulique directe avec le dessaleur-déshuileur. (Figure n°18) C'est la lame de débordement d'extrémité de cet ouvrage qui impose la hauteur d'eau la grille. Cette disposition est nécessaire pour obtenir en toutes circonstances des vitesses acceptables au droit des barreaux.

Les deux grilles sont disposées sur un même axe perpendiculaire à l'axe du chenal d'amenée. (Figure n°19).

Figure 18: Dégrilleur automatique (STEP d'Oued Athmania).

Figure 19: Dessableur-déshuileur (STEP d'Oued Athmania).

4.2. Traitement biologique (secondaire) :

Il y a deux bassins d'aération distincts. Ayant les démentions suivants :

-Longueur 48.0m

-Largeur 16.0m

-Hauteur des voiles 5.0m

-Hauteur d'eau 4.8m

Les eaux arrivant dans ces bassins sont brassées avec la liqueur mixte et les boues de recirculation en provenance du décanteur secondaire.

Pour chaque bassin d'aération (figure n° 20), les dispositions suivantes sont prises :

Les eaux prétraitées arrivent dans une goulotte frontale de répartition du débit total vers les deux bassins d'aération. Cette liaison se fait par une tuyauterie (amiante ciment ou béton).

La goulotte de réparation est de deux déversoirs obturables et d'une vannette à main située dans le sens de l'écoulement. Cette disposition permet d'isoler en cas de nécessité un de deux bassins.

Les eaux de vidange retournent en tête de station via le réseau d'égouttage interne. Ces eaux peuvent soit être recyclée soit être évacuées par trop plein vers l'Oued Rhumel.

Figure 20: Basins d'aération (STEP d'Oued Athmania).

Figure 21: Basin d'aération (STEP d'Oued Athmania).

- **Décanteurs secondaires :**

La STEP renferme deux décanteurs secondaires, qui sont alimentés à partir des puisards de la goulette de collecte via une tuyauterie (amiante ciment ou béton), Ces ouvrages reçoivent la liqueur mixte et ont pour but de séparer les boues de l'eau épurée. Ainsi les boues se décantent et se retrouvent sur le radier de l'ouvrage ou elles sont raclées et ramenées au centre vers la poche à boue également raclée. Elles sont ensuite transférées part tuyauteries vers le poste de pompage équipé de vis de recirculation et de pompes à boues en excès. Les eaux clarifiées (figure n° 22, 23) débordent dans une goulette périphérique de sur verse. (ONA, 2015).

Figure 22: Clarificateur vide (STEP).

Figure 23: Clarificateur plein (STEP).

4.3. Traitement tertiaire :

La désinfection consiste à détruire les germes pathogènes de l'effluent. Elle effectuée par un agent oxydant qui dans cette STEP est le chlore. Cet agent a une action destructrice directe sur les germes. Le décrit ministérielle arrêt de la désinfection 2004 (ONA, 2015).

- **Poste de recirculation des boues secondaires :**

La recirculation des boues secondaires vers le bassin d'aération est nécessaire pour maintenir une concentration et bactéries épuratrices relativement constante et suffisante pour obtenir des rendements épuratoires requis (figure n° 24). Dans cette optique, des boues activées sont reprises au fand du décanteur secondaire ou elles se sont épaissies à environ 10g/l et réinjectées en tête des bassins d'aération (STEP d'Oued Athmania).

Figure 24: Vis d'Archimède (SETP d'Oued Athmania).

4.4. Epaississeur :

Les boues en excès sont popées vers l'épaississeur (figure n° 25), où elles sont introduites au centre de l'ouvrage dans une jupe de réparation. Les boues s'épaississent par l'action de la pesanteur et du mécanisme racleur équipé de herses facilitant le dégagement de l'eau en créant des « chemins » dans la masse de boue. L'eau séparée passe en sur verse dans la goulotte périphérique et retourne en tête de station pour y être réincorporée aux eaux brutes (STEP d'Oued Athmania).

Figure 25: L'épaississeur (STEP d'Oued Athmania).

4.5. Lits de séchage :

La déshydratation des boues sur des lits de séchage est la plus ancienne technique de déshydratation. Son principe est la filtration naturelle par gravité et le séchage à l'air de la boue. Ainsi la déshydratation naturelle de la boue se déroule en deux phases :

1) Dans la première phase, la plus grande partie de l'eau interstitielle filtre rapidement sans entrave vers le fond du lit. Pendant un jour.

2) La seconde phase est le séchage à l'air par évaporation qui peut durer une ou deux semaines (STEP d'Oued Athmania).

Le fond d'un lit de séchage est constitué de diverses couches de matériaux avec une granulométrie de plus fine au fur et à mesure que l'on se rapproche de la surface. Ces matériaux vont depuis les pierres et les cailloux jusqu'au sable sur une épaisseur de 40-50cm (figure n° 26). Dans le fond du lit, des tuyaux de drainage évacuent l'eau filtrée vers le réseau de drainage et donc en tête de station (ONA, 2015).

Figure 26: Lits de séchages (STEP d'Oued Athmania).

Chapitre 4

Matériel et Méthodes

Ce chapitre concerne les méthodes utilisées pour l'identification et le comptage de la microfaune présente dans la boue activée de la STEP d'Oued Athmania.

1. Prélèvement de la boue activée :

Les échantillons sont prélevés du mois de février jusqu'au mois de Mars 2017, à raison de deux prélèvement réalisées par mois. L'un pour l'identification et l'autre pour le comptage.

La suspension prélevée dans le bassin d'aération est réalisée à l'aide d'une pêche et à une profondeur de 0.5-1m, (figure n°27).

Figure 27: Méthode de prélèvement de la boue activée.

Figure 28: Les échantillons de la boue activée.

2. Transport des échantillons vers le laboratoire :

Les échantillons de la boue activée, mis dans des flacons en verre bien fermés et couchés, ont été conservés dans une glacière à 4C° afin de diminuer le métabolisme bactérien et éviter l'anaérobiose si l'analyse doit attendre un temps assez long (Franck, 2002).

Les échantillons ont été transportés vers le laboratoire du département de biologie au centre universitaire de Mila où nous avons effectué les différentes méthodes d'analyses de la microfaune de la boue activée.

3. Observation macroscopique de la boue:

Cette étape doit être effectuée avant d'aborder la description de la population des protozoaires et des métazoaires au sein de la boue activée (figurent n° 29). Cette opération est réalisée on deux étapes (Canler et *al*, 2014).

3.1. Observation de l'échantillon brute avant décantation :

On détermine :

- La couleur de la boue prélevée d'une station bien aérée est de couleur marron à grise.

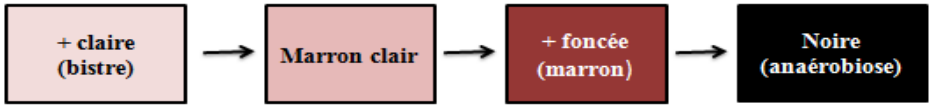


Figure 29: présentation la couleur de la boue prélevée (Canler et *al*, 2014).

- L'Odeur : Odeur de terre (humus) avec bonne aération, d'égouts due à un manque d'oxygène et odeur forte d'H_2S ou de méthane (œuf pourri) du à une fermentation de la boue (anaérobiose) (Canler et *al*, 2014).

Figure 30: Boue activée avant décantation.

3.2. Observation de la boue après décantation :

On détermine :

- **La quantité de boue :**

Son interprétation s'effectue en première approche par le volume décanté de boue après une 30 minutes de décantation en une éprouvette d'un litre, à l'ombre et en l'absence de dilution et de vibration, (figure n° 31) (Canler et *al*, 2014).

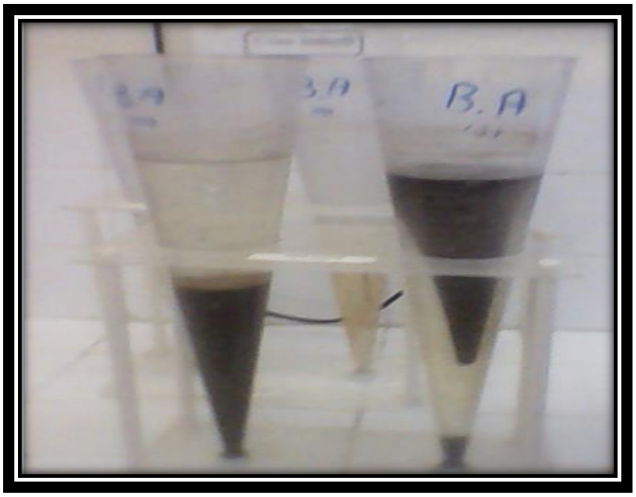


Figure 31: Décantation de boue activée.

En fin de teste de décantation, voire au-delà de la demi-heure, les flottants sont observées, ainsi que L'aspect du surnageant et celui du floc (Canler et *al*, 2014).

4. Observation microscopique de la boue activée :

L'observation microscopique des boues activées est un outil qui possède de nombreux avantages, est le seul moyen pratique et rapide de diagnostic, disponible auprès des intervenantes en station d'épuration. Elle permet aussi d'identifier les protozoaires et les métazoaires (Canler et *al*, 2014).

4.1. Observation avant coloration :

4.1.1. Observation à l'état sec :

Sur une lame, 15µL de boue sont étalés et fixés par une chaleur douce d'un bec Bensen. Cette fixation permet d'immobiliser les microorganismes est les tuer brutalement sans modifier leurs aspects morphologiques (Pandolfi, 2006).

L'observation microscopique est réalisée avec un microscope optique de marque (OPTIKA) et à un grandissement de 100X et 400X.

4.1.2. Observation à l'état frais :

15 µl de boues sont placés sur une lame en verre et recouvert par une lamelle (Pandolfi, 2006). L'observation est effectuée à un grandissement 100X et 400X.

4.2. Observation après coloration :

4.2.1. Coloration à l'encre de chine :

La coloration à l'encre de Chine est une coloration reverse permettant de mettre en évidence la présence de substances extracellulaires (exopolysaccharides), ces dernières, en freinant la pénétration de l'encre dans les flocs, laissent apparaître des zones non colorées (Canler, 2005). Un mélange constitué de 15 µl de boue et 5µl d'ancre de chine est étalé et fixé sur une lame puis recouvert d'une lamelle (Pandolfi, 2006). L'observation microscopique est effectuée à un grandissement de 100X et 400X.

4.2.2. Coloration par le rouge neutre :

Le rouge neutre pénètre dans la cellule sans la tuer : c'est un colorant vital, Une lame sur laquelle est étalé 15 µl de boue activée, est recouverte de la solution de rouge neutre (voir Annexe) pendant 10 minutes (Perrier et *al,* 1997). Après rinçage, l'observation est effectuée à un grandissement de 100X et 400X.

4.2.3. Coloration par le vert de méthyle acétique :

La solution de vert de méthyle acétique (voir Annexe) est appliquée pendant 10 minutes sur un échantillon de 15µl de boue étalé et fixé sur une lame (Perrier et *al,* 1997). L'observation est effectuée à un grandissement de 100X, 400X.

4.2.4. Coloration par l'iodo iodure :

L'iode fixe la cellule en provoquant la coagulation du cytoplasme et du noyau et en teintant en jaune certains éléments, La solution d'iodo iodure (voir Annexe) est appliquée pendant 10 minutes sur un échantillon de 15µl de boue étalé et fixé sur une lame (Perrier et *al,* 1997). L'observation est effectuée à un grandissement de 100X et 400X.

5. Prise de photographies :

Les photographies de toutes les observations microscopiques étaient prises par un appareil photo numérique optika et le traitement de photo par ordinateur. (Figures n°32 et n°33).

Système d'acquisition des images :

Le système d'acquisition image est composé d'une caméra vidéo modèle (*optika),* fixée à un microscope optique d'une marque (*optika).* Ce système est rattaché à un PC afin de capturer les photos des protozoaires et des métazoaires. Ce système est présenté dans la figure n°32.

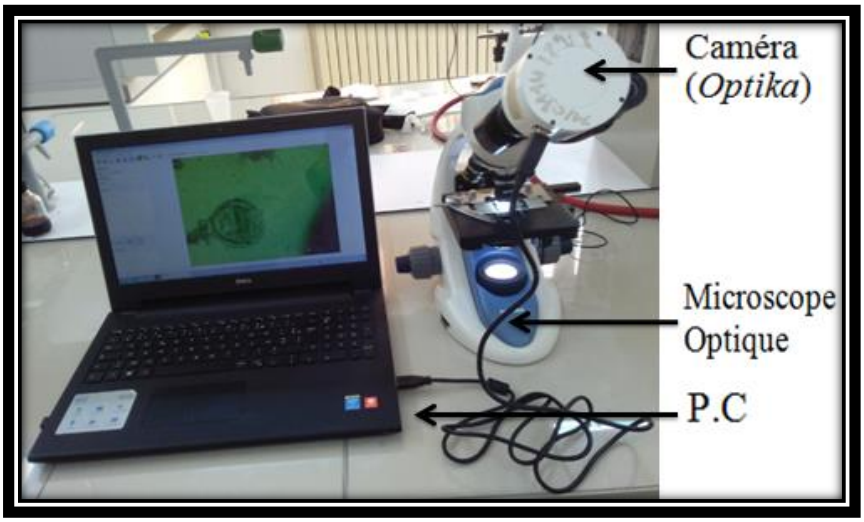


Figure 32: Présentation du système d'acquisition d'images.

Figure 33: Présentation d'une caméra (*Optika*).

6. Identification des protozoaires et métazoaires:

La méthode d'identification suivie dans ce travail est basée sur la comparaison des photographies des microorganismes qui se trouvent dans la boue activée de la STEP d'Oued Athmania à une clé d'identification (Canler et *al*, 2014).

7. Comptage :

Il nécessite l'utilisation d'une lame spécifique équipée d'un quadrillage et d'un volume connu, La profondeur entre lame et lamelle ne doit pas excéder 0.1mm (Guezlane-Tebibel et *al*, 2010). La lame utilisée est la cellule de Malassez.

Le comptage s'effectue sur un échantillon représentatif. Une goutte est placée sur la cellule de comptage et une lamelle est ensuite déposée afin d'éliminer l'excès de la suspension. Le comptage est effectué en balayant l'ensemble du quadrillage, le nombre d'individus observés est alors comptabilisé (Guezlane-Tebibel et *al*, 2010).

7.1. Hématimètre de Malassez :

7.1.1. Description :

C'est une lame en verre, formée d'un plan central quadrillé profond de 0,2 mm et composé de 100 rectangles longs de 0,25 mm et larges de 0,2 mm. Seulement 25 rectangles sont quadrillés en 20 carreaux pour constituer des piscines ou des zones de comptage d'une superficie de 0,05mm^{2}et d'un volume de 0,01mm^3. Le volume du plan central quadrillé est équivaut donc à 0,01mm^3 x 100 soit 1mm^3, (Guezlane-Tebibel et *al*, 2010). Figure n° 34, 35.

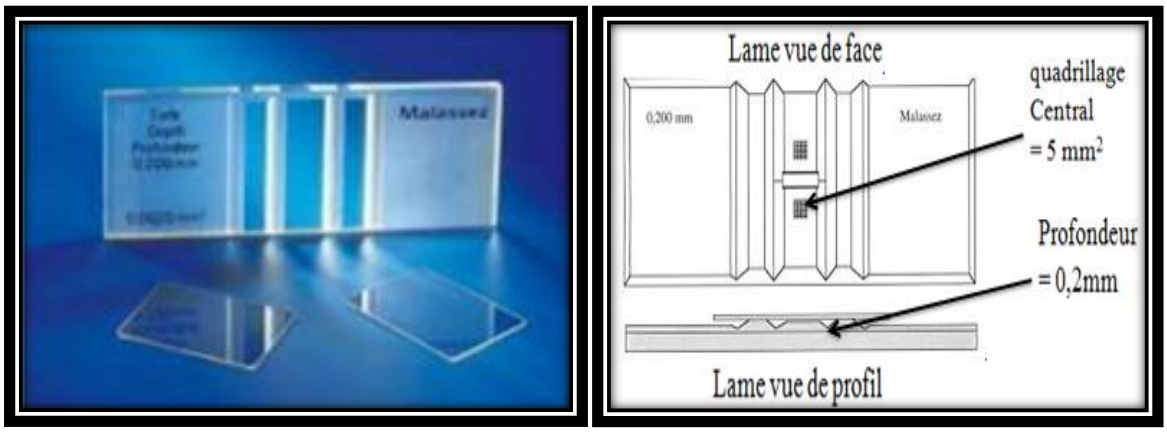


Figure 34: La cellule de Malassez (Site 1)

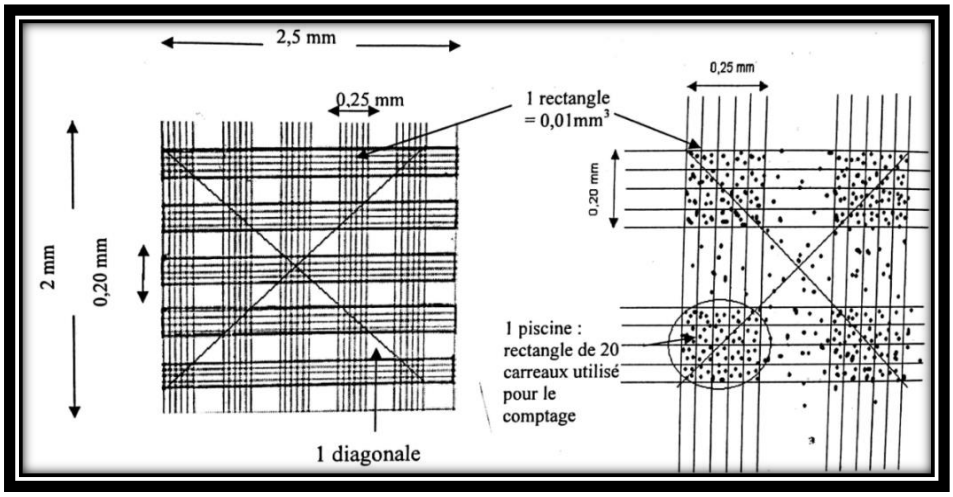


Figure 35: quadrillage de l'hématimère de Malassez (composé de 100 rectangles dont 25 sont quadrillés) (Guezlane-Tebibel et *al*, 2010).

7.2.2.Numération:

On verifie que cellule et lamelle soient parfaitement propres et on pose la lame sur un plan parfaitement horisontal et la lamelle sur les plateaux de la lame, en laissant une surface pour le dépôt de l'echantillon. (Guezlane-Tebibel et *al*, 2010).

La dilution est homogénéisée par agitation et un certain volume est prélevé à l'aide d'une pipette de pasteur. (Guezlane-Tebibel et *al*, 2010).

La pointe de la pipette est amenée au bord de la lamelle et remplit l'espace compris entre la chambre et la lamelle sans que le liquide déborde. La numeration ne put etre enteprise qu'après un temps suffisant pour permettre aux cellules de sédimenter donc se déposer sur le plancher (Guezlane-Tebibel et *al*, 2010).

On observe avec un faible grossissement, pour distinguer le quadrillage et les cellules microbinnes, puis on passe au grossissement plus fort en faisant une mise au point avec beaucoup de précaution. (Guezlane-Tebibel et *al*, 2010).

Enfin on compte le nombre des protozoaires et métazoaires localisées sur les rectangles des 2 diagonales et on fait la moyenne. Le chiffre trouvé correspond au nombre de protozoaires et métazoaires contenues dans un rectangle soit dans un volume de $0{,}01mm^3$. Sachant que $0{,}01mm^3 = 10^{-5}$ mL et que la concentration est estimée en nombre de microfaune par mL.

$$\mathbf{X} = \frac{\textbf{nombre moyen de microfaune dans un rectangle x facteur de dilution}}{\mathbf{10^{-5}}}$$

Ce nombre moyen **X** correspond à la **concentration** en **cellules** dans l'echantillon original. (Guezlane-Tebibel et *al*, 2010).

Chapitre 5

Résultats et discussion

Ce chapitre concerne la présentation de toutes les espèces obtenues dans la boue activée de la STEP d'Oued Athmania à partir d'une travaille pratique au niveau de laboratoire.

1. Résultats de l'observation microscopique de la boue:

- **Liquide interstitiel :** Il comprend :

-Bactéries : aux différents types de croissances, Croissance libre (dispersée) et Croissance floculée.

- des particules non floculées : ces particules aux origines diverses :

Débris (minéraux : essentiellement des grains de sable. et/ou organiques : des fibres ligneuses, morceaux d'épiderme végétal…etc.)

- **Microfaune :** Elle se compose des Protozoaires et des Métazoaires, mais les protozoaires sont plus dominants que les Métazoaires.
- **Floc bactérien :** Le grain de floc est l'élément de base d'un floc bactérien, il correspond au type de croissance bactérienne recherché en traitement des eaux usées.
- **Autres êtres vivants microscopiques :** Champignons, algues (algues diatomée). Et des Cyanobactéries.

Les photographies prise de toutes les observations microscopiques effectuée sont Représentés dans les figures n°36 à 199:

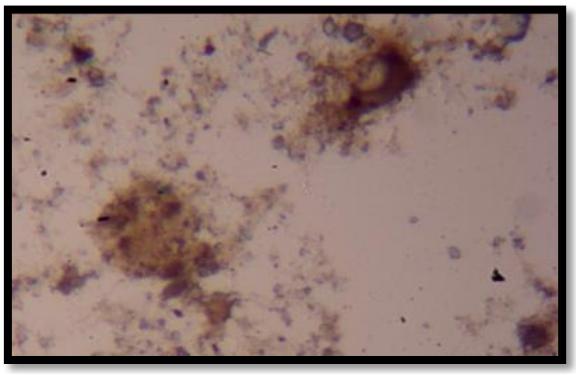


Figure 36: Observation à l'état Sec (100X)

Figure 37: Observation à l'état Frais (400X)

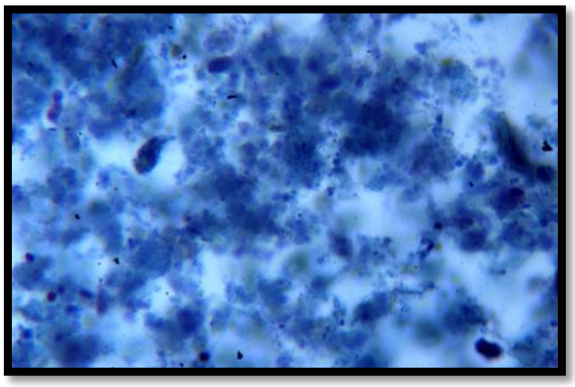


Figure 38: coloration au vert de méthyle (100X)

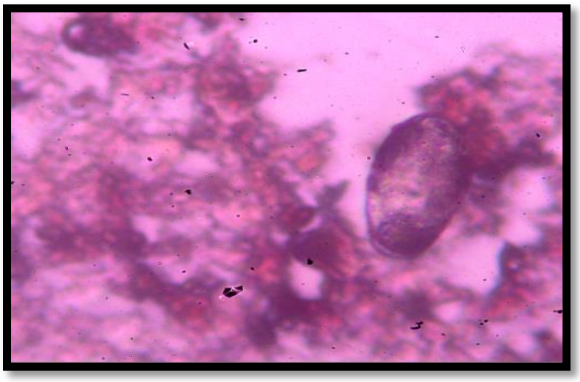


Figure 39: coloration au rouge neutre (400X)

Figure 40: Coloration à Lygol (400X)

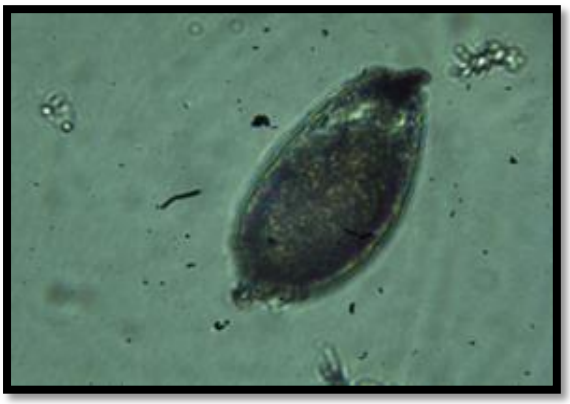


Figure 41: Coloration à l'encre de chine (400X)

2. Identification :

Les principales espèces trouvées dans la STEP d'Oued Athmania Sont représentées dans les figures n°42 à 195.

- Les protozoaires trouvés dans la boue activée de la STEP d'Oued Athmania sont Représentés dans les figures n°42 à 155.
- Les métazoaires trouvés dans la boue activée de la STEP d'Oued Athmania sont Représentés dans les figures n°156 à 171.
- Les autres espèces obtenues dans ce travaille sont aussi représentées dans les figures n° 172 à 195.

2.1. Les Protozoaires :

2.1.1. Les flagellées :

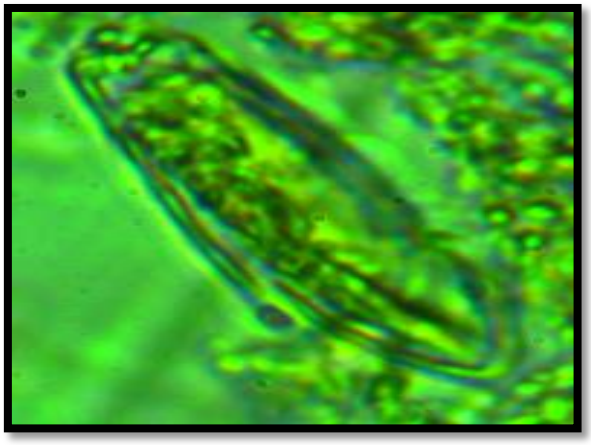


Figure 42: *Euglina gracilis* (400X)

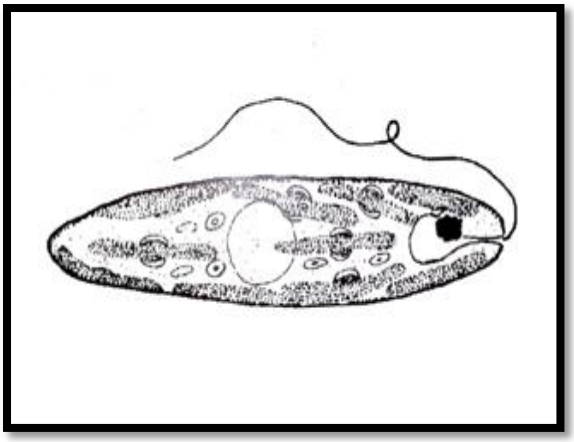


Figure 43: *Euglina gracilis* (Canler et *al*, 2014)

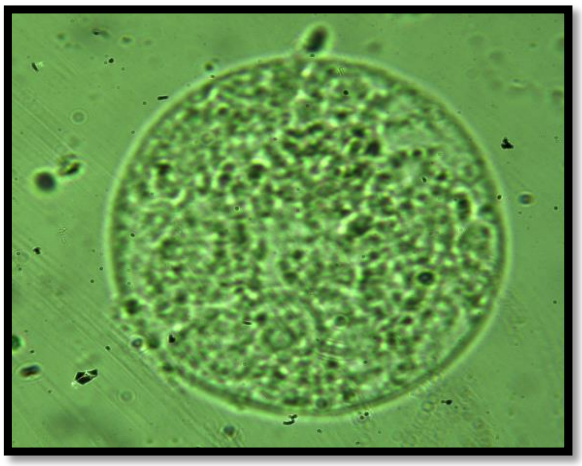


Figure 44 : *Volvox sp* (400X).

Figure 45 : *Volvox sp* (site 2).

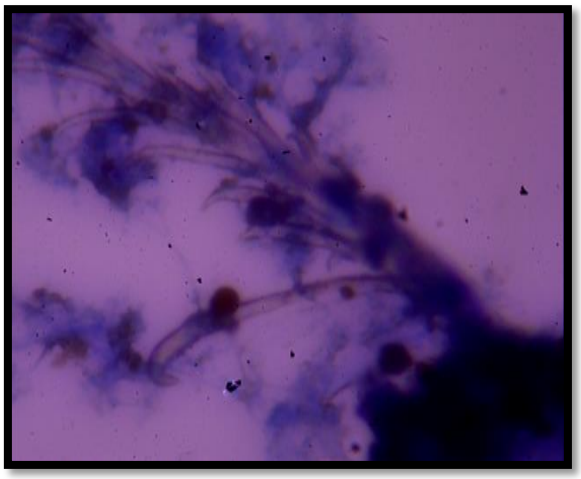


Figure 46: *Polytomella sp* (400X).

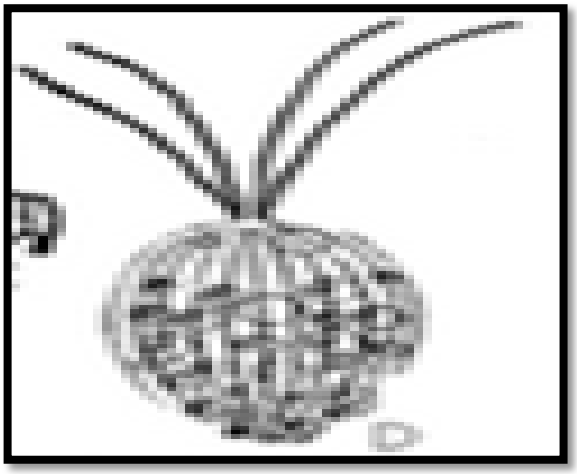


Figure 47: *Polytomella sp* (Canler et *al*,2014).

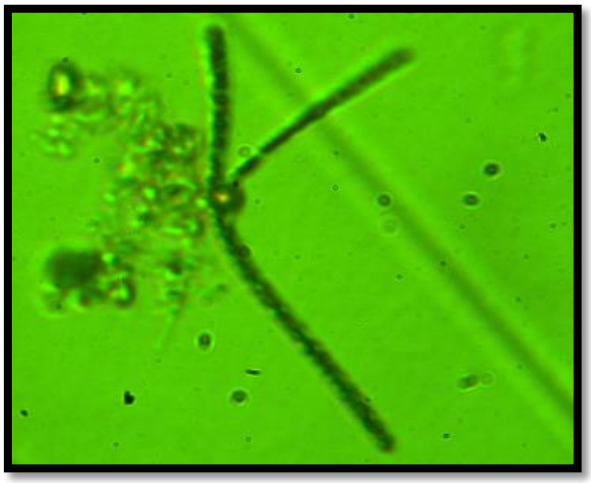


Figure 48: *Dallingeria* (400X).

Figure 49: *Dallingeria* (Canler et *al*,2014).

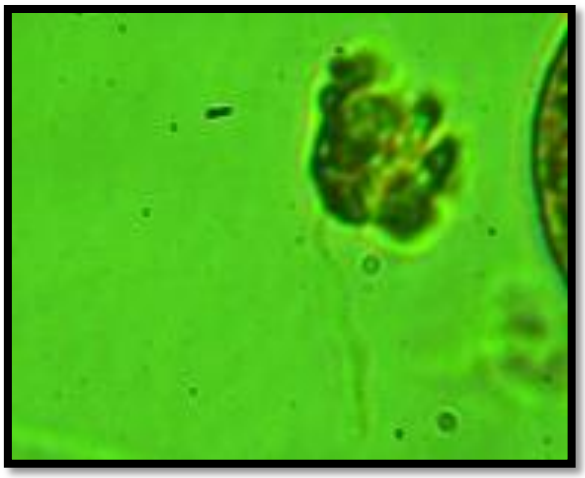


Figure 50: *Codosiga botrytis* (400X).

Figure 51: *Codosiga botrytis* (Site 3)

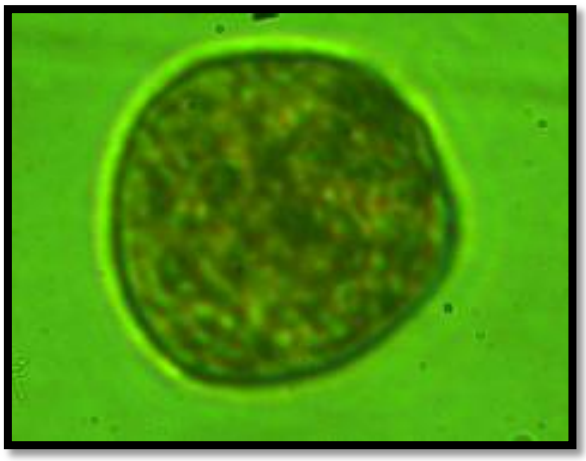


Figure 52: *Entamoeba coli*– Kyste. (400X)

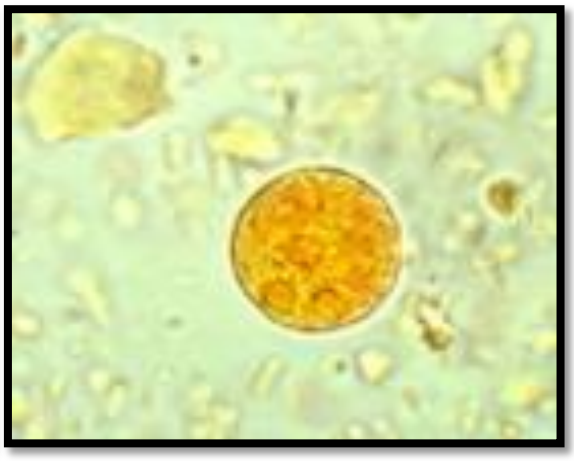


Figure 53: *Entamoeba coli* – Kyste (Site 4)

2.1.2. Les Sarcodines :

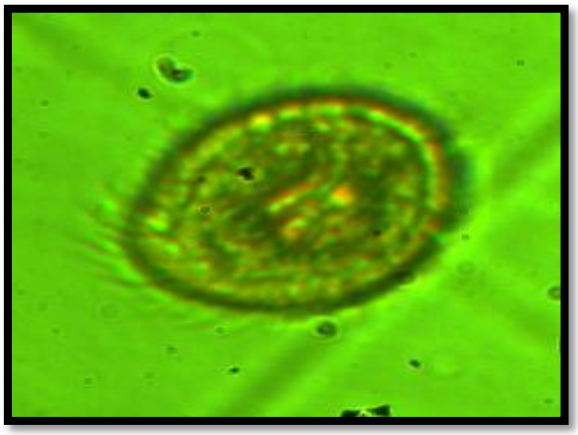


Figure 54: *Actinophrys* (Héliozoaires) (400X)

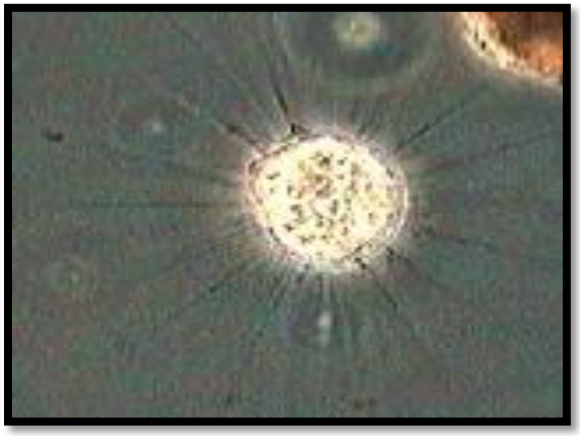


Figure 55: *Actinophrys* (Héliozoaires) (Cavalla, 2014).

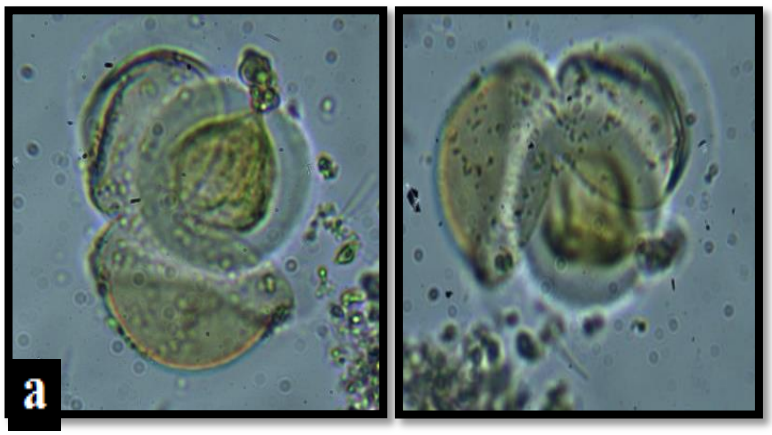


Figure 56: *Arcella vulgaris* (400X)

(**a** : Vues latérale **b** : vue dorsal)

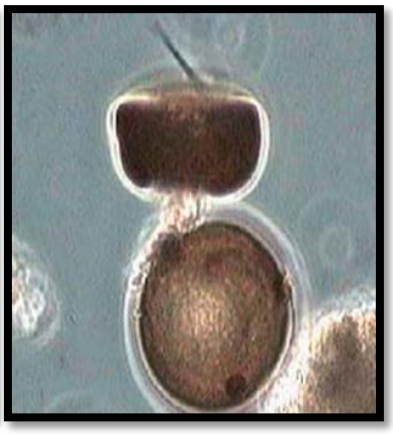


Figure 57: *Arcella vulgaris* (Cavalla, 2014)

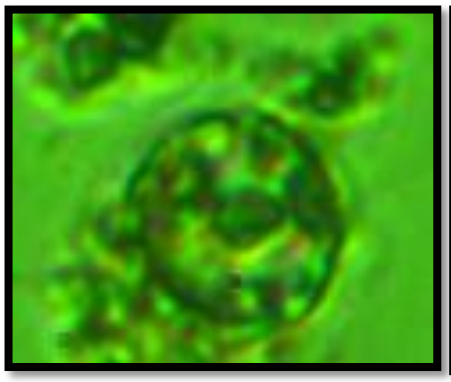


Figure 58: *Arcella vulgaris* (400X) (Vues verticale)

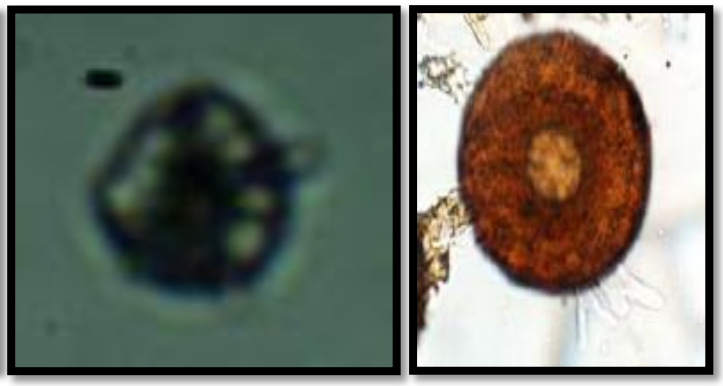


Figure 59: *Arcella vulgaris* (Cavalla, 2014)

Figure 60: *Arcella gibosa*, Présente un test bosselé (100X)

Figure 61: *Arcella gibosa*, Présente un test bosselé (Cavala, 2014)

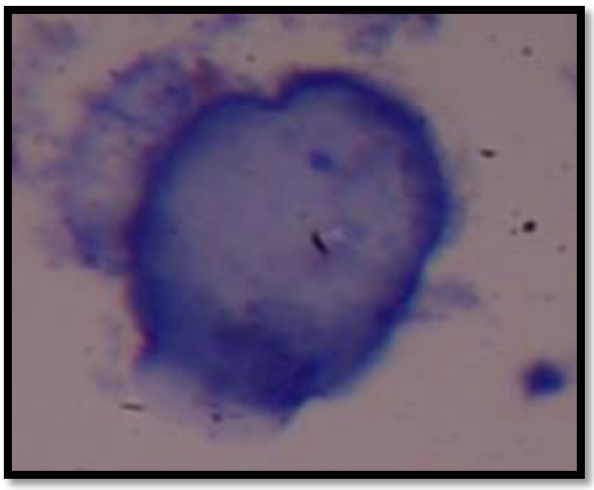


Figure 62: *Difflugia urceolata* (100X).

Figure 63: *Difflugia urceolata* (Site 5)

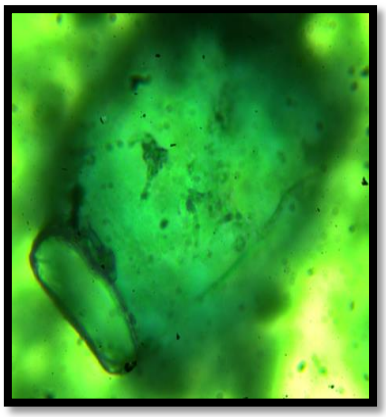


Figure 64: *Difflugia geosphira* (400X).

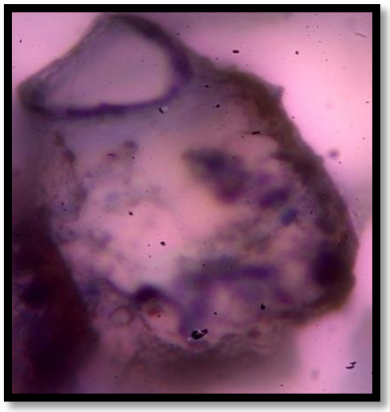


Figure 65: *Difflugia geosphira* (Site 6)

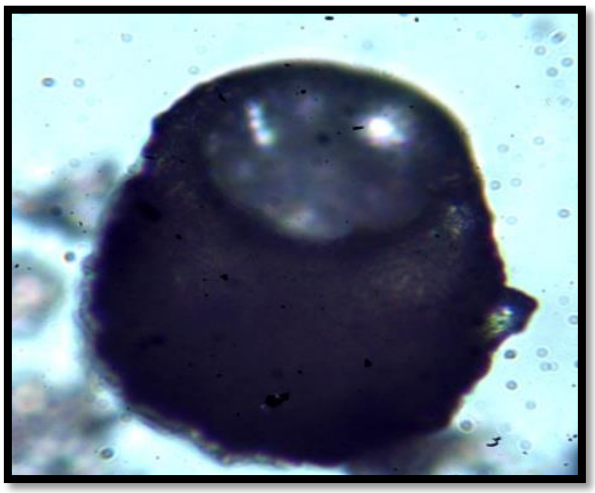


Figure 66: *Difflugia globulosa (*400X).

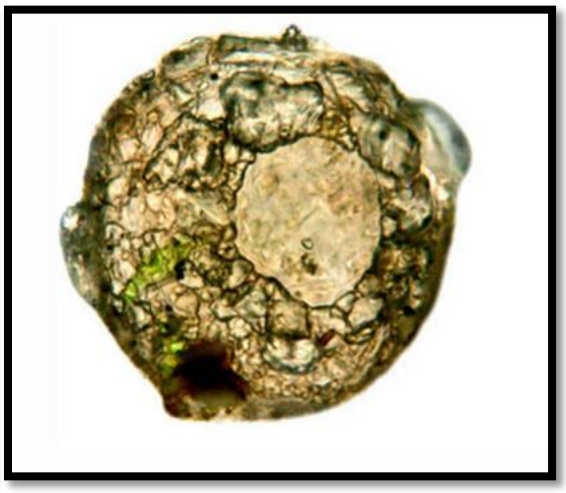


Figure 67: *Difflugia globulosa* (Site 7)

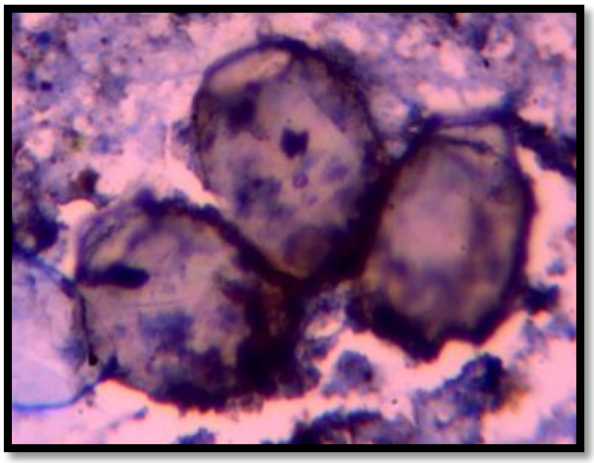


Figure 68: *Difflugia globulosa* (100X). (Vues laterale).

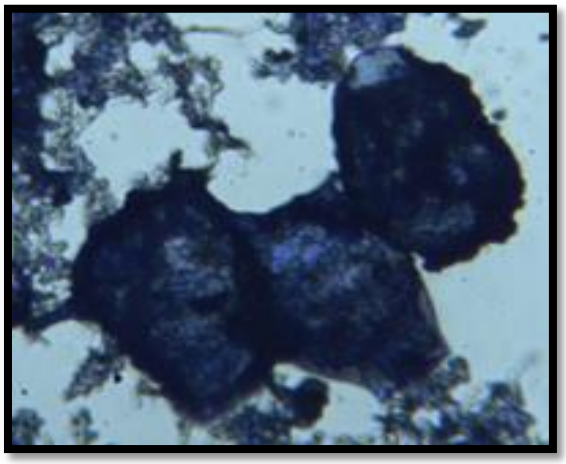


Figure 69: *Difflugia globulosa* (400X).

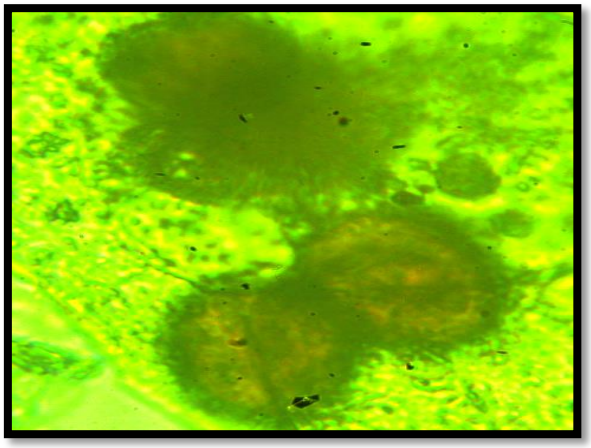


Figure 70: *Difflugia globulosa* (400X) (Vues verticale).

Figure 71: *Difflugia globulosa* (Hamaidi-Chergui et *al*, 2016)

Figure 72: *Euglypha ciliata* (400X).

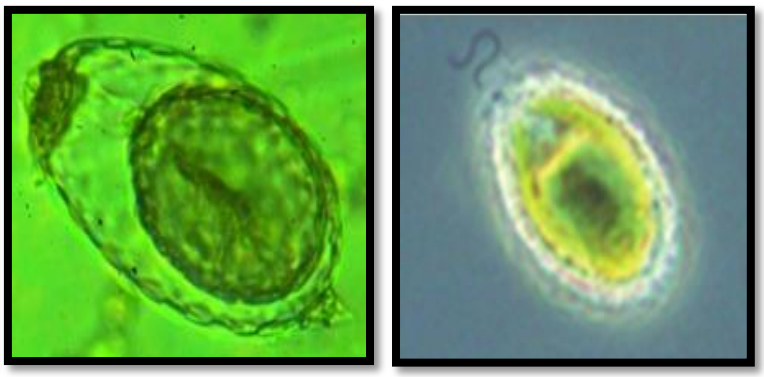


Figure 73: *Euglypha ciliata* (Druart et Balvay, 2007)

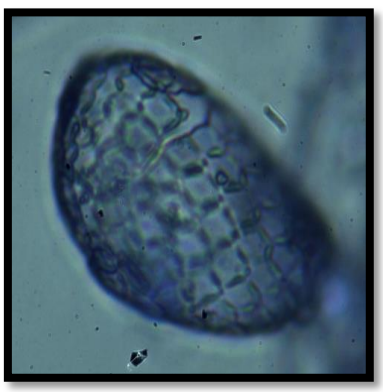


Figure74: *Euglypha* (400X)

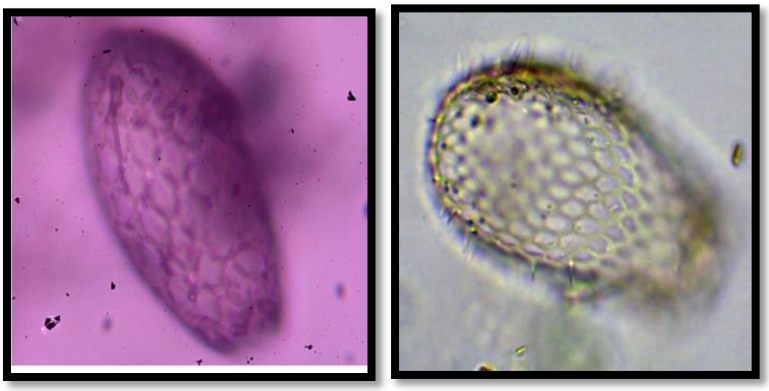


Figure75: *Euglypha* (site 8)

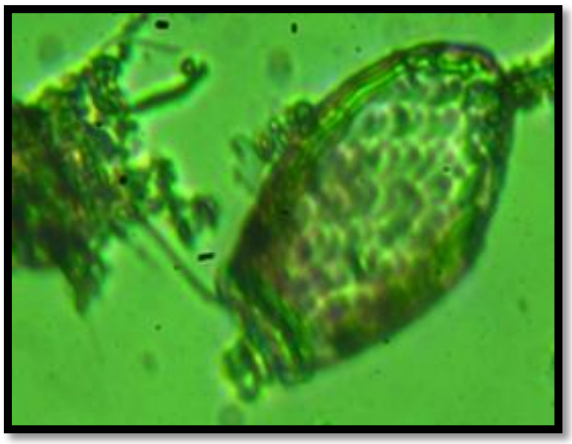


Figure 76: *Euglypha* (400X).

Figure 77: *Euglypha* (Site 8)

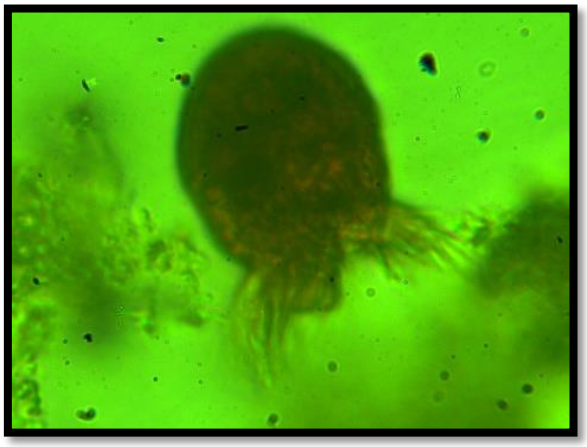


Figure78: *Euglipha alveolata* (400X)

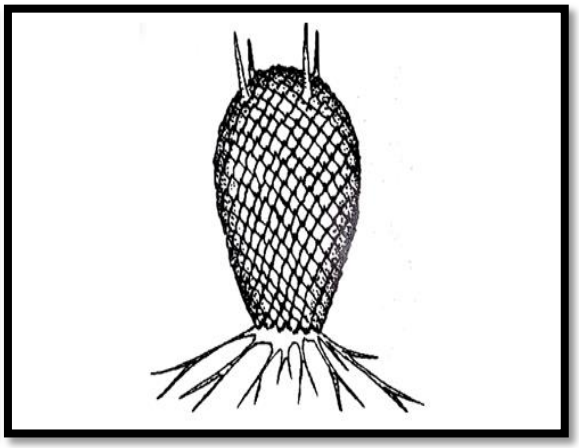


Figure79: *Euglipha alveolata* (Canler et *al*,2014)

Figure 80: *Trinema sp* (400X)

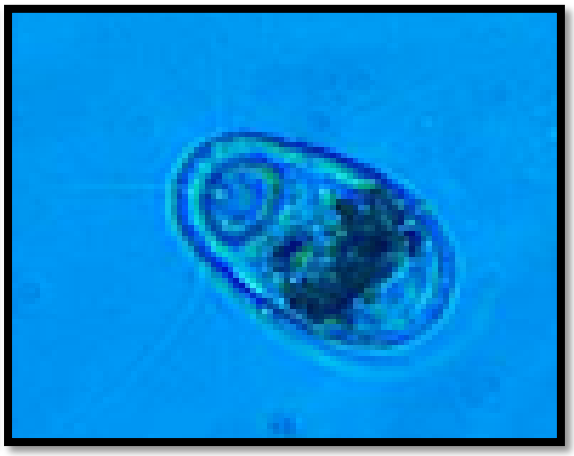


Figure 81: *Trinema sp* (site 9)

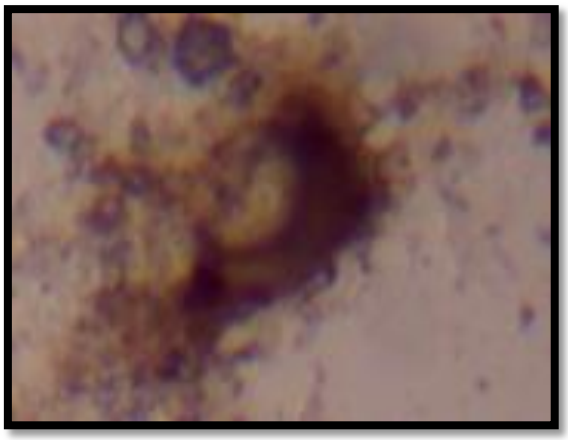


Figure82: *Rhizopoda (Amoebae)* (100X)

Figure 83: Rhizopoda (Amoebae) (Site 10)

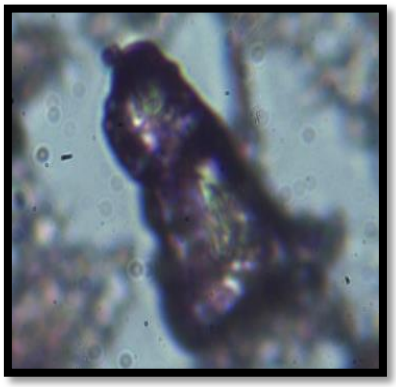


Figure 84: *Amibe proteus* (400X). Grandes Amibes.

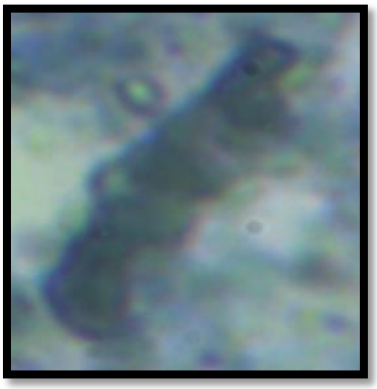


Figure 85: *Amibe proteus* (Canler et *al*, 2014)

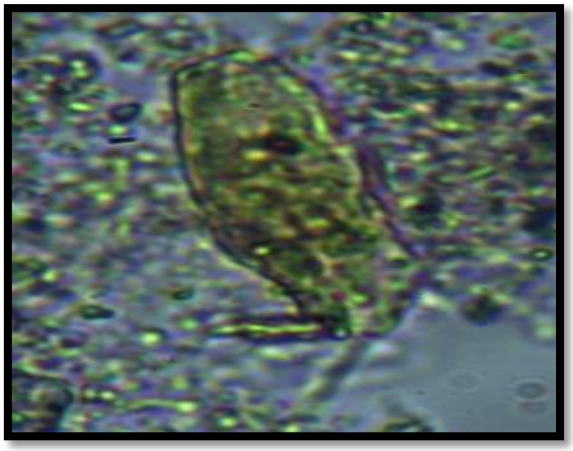


Figure 86: L'amibe *Naegleria* (400X)

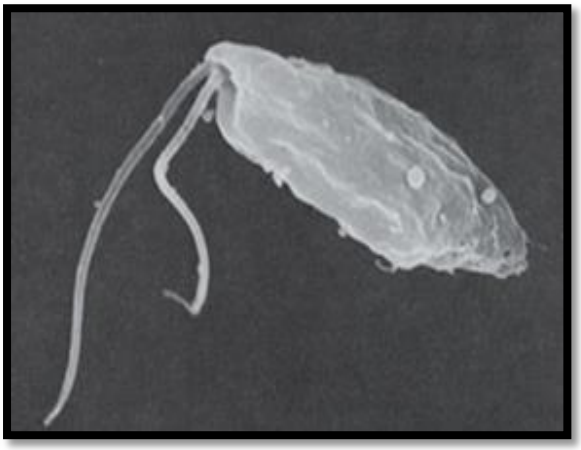


Figure 87: L'amibe *Naegleria* (Site 11)

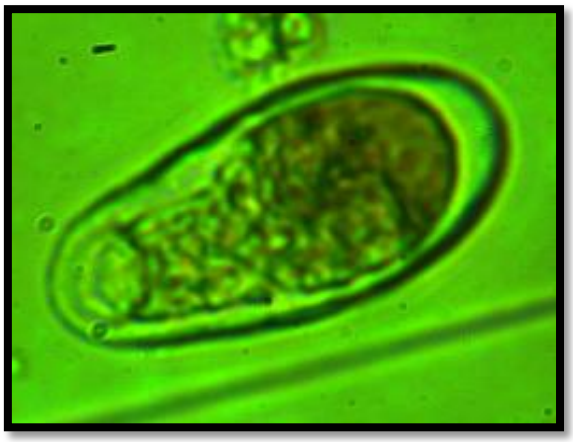


Figure 88*:* Amibes à coquille (400X)

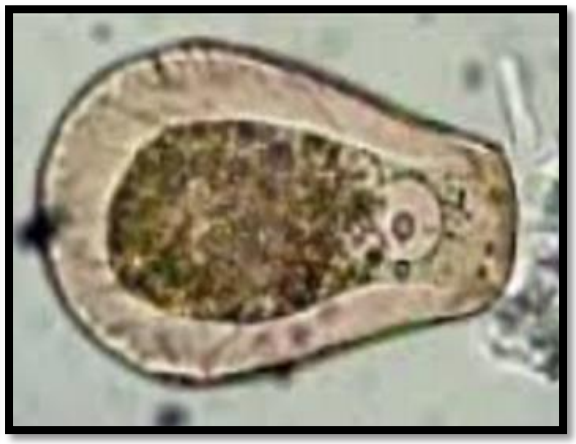


Figure 89*:* Amibes à coquille (Site 12).

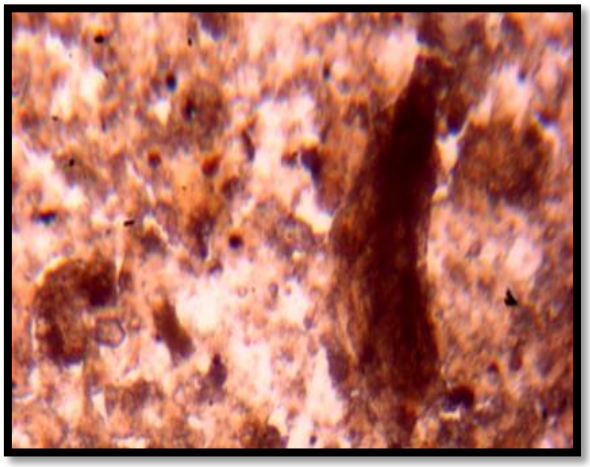


Figure 90: Entamoeba hystolytica (100X)

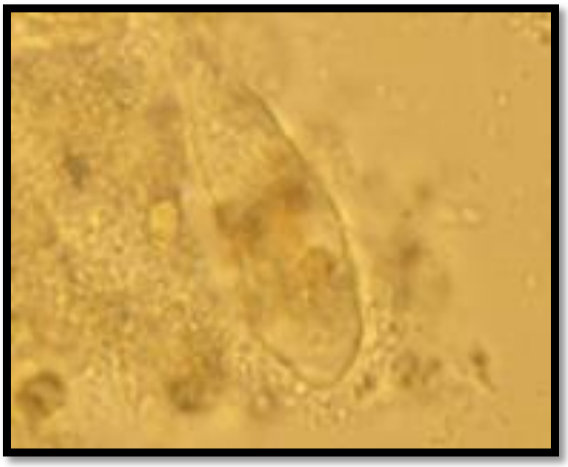


Figure 91: Entamoebahystolytica (Site 13)

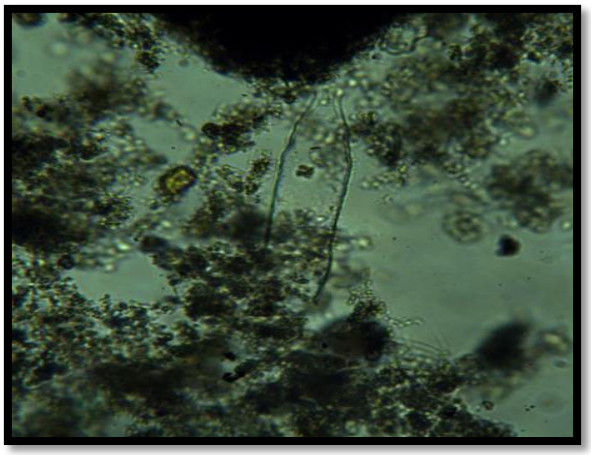


Figure 92: *Hartamanella vermiformis* (100X)

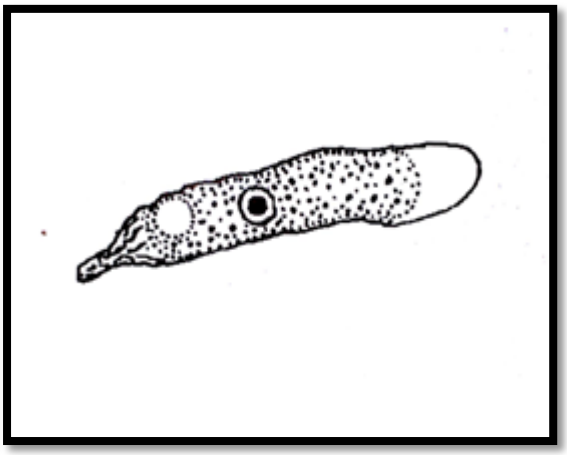


Figure 93: *Hartamanella vermiformis* (Canler et *al*, 2014)

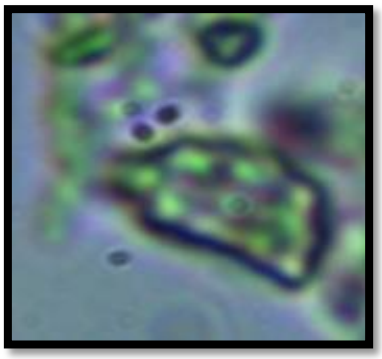


Figure 94: Amibe, Protiste (100X)

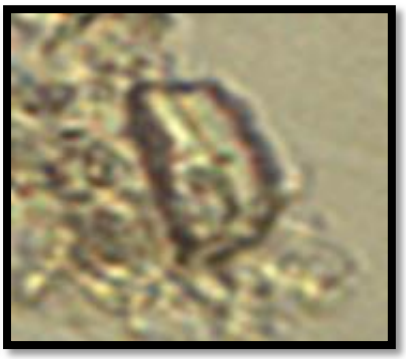


Figure 95: Amibe, Protiste (Site 14)

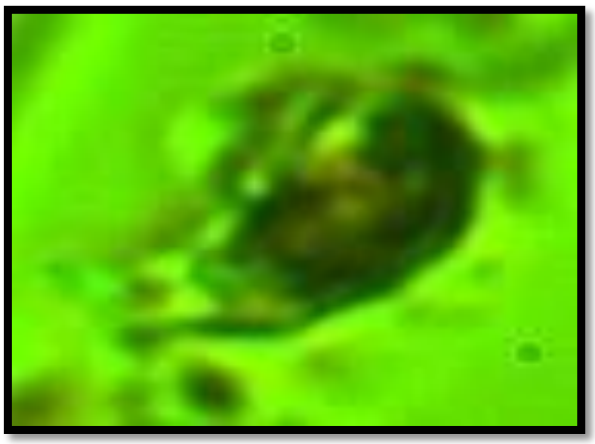


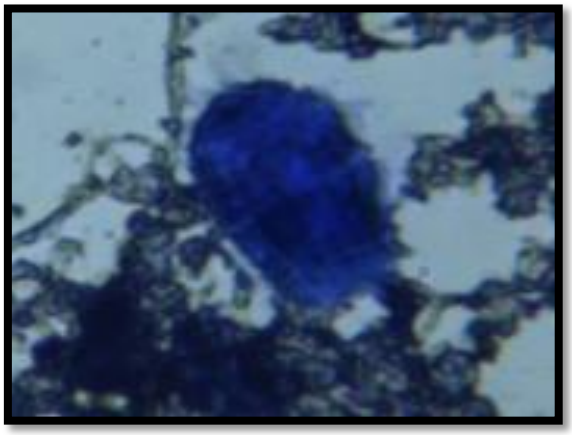
Figure 96: *Cyphoderia* (400X)

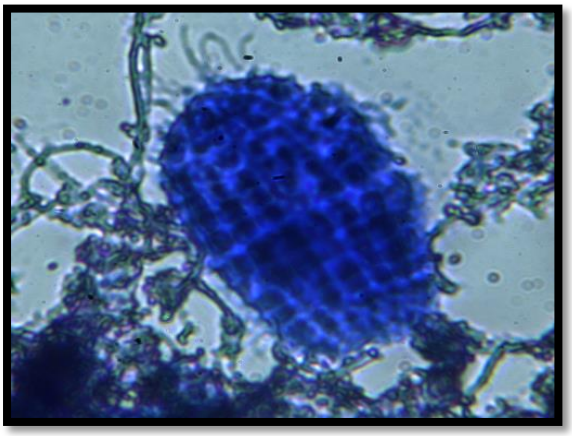
Figure 97: *Cyphoderia* (Cavalla, 2014)

2.1.3. Les ciliés :

Figure 98: *Trachelophylum pusillum* (400X)

Figure99: *Trachelophylum pusillum* (Canler et *al*, 2014)





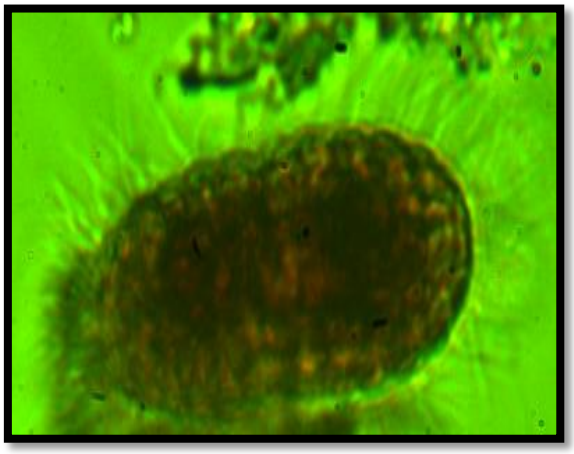
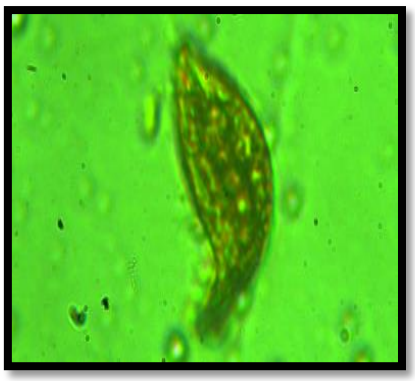


Figure 100: *Coleps hirtus* (400X).

Figure101: *Coleps hirtus* (Cavala, 2014)



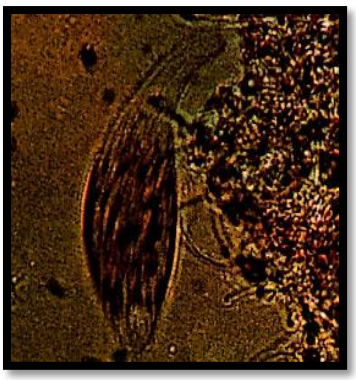


Figure102: Genre *Litonotus* (400X)

Figure103: Genre *Litonotus* (Canler et *al*,2014)

Figure 104: Genre Litonotus (Site 15)

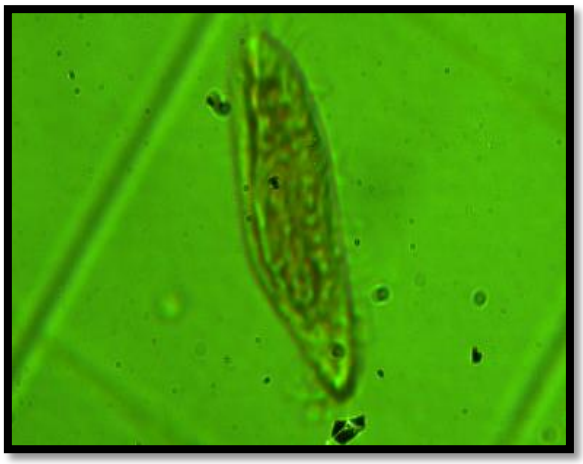


Figure105: *Amphileptus clapardei* (400X)

Figure106: *Amphileptus clapardei* (Canler et *al*, 2014) et (Site 16)

Figure107: *Chilodonella Uncinata* (400X).

Figure108: *Chilodonella* (Boudjedjou et Boukriba, 2014)

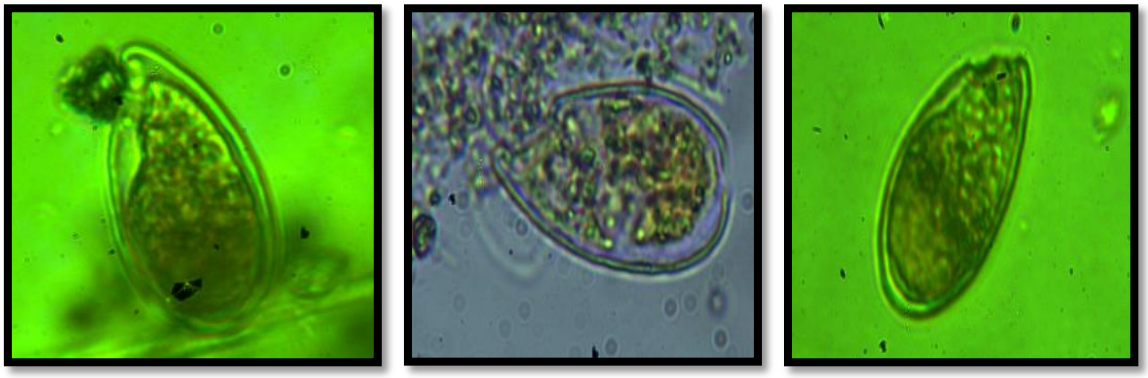


Figure 109: *Chilodonella* (400X).

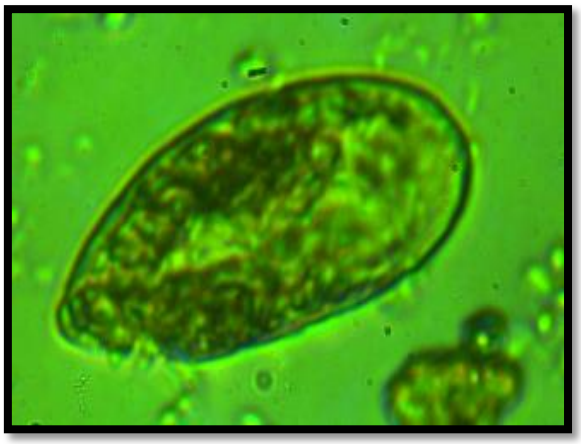


Figure110: *Paramecium bursaria* (400X)

Figure111: *Paramecium bursaria* (Cavalla, 2014)

Figure112: *Paramecium sp* (400X)

Figure113: *Paramecium* (Cavalla, 2014)

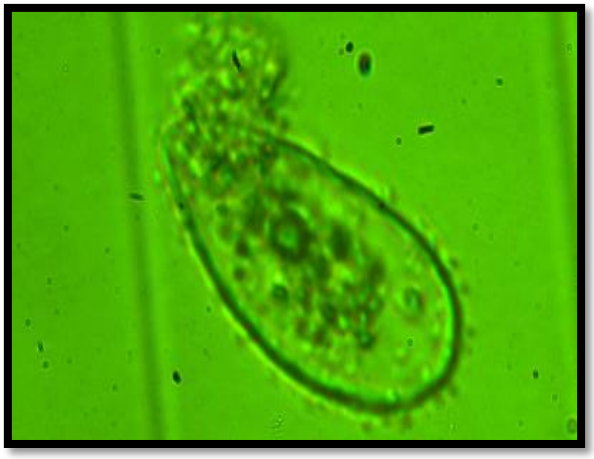


Figure114: *Paramécium aurelia* (400X)

Figure115: *Paramecium aurelia* (Navarro, 2003) et (Canler et *al*, 2014)

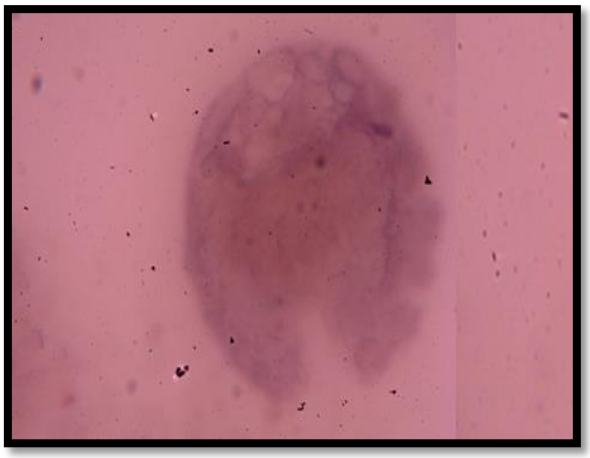


Figure116: *Colpoda magna* (400X)

Figure117: *Colpoda magna* (Site 17)

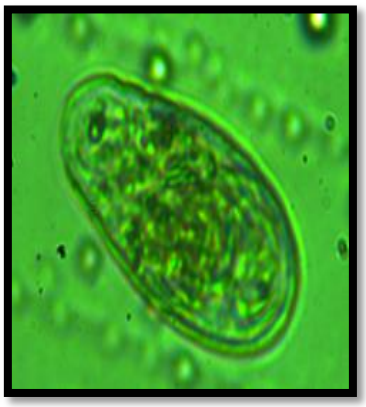


Figure118: *Colpidium* (400X)

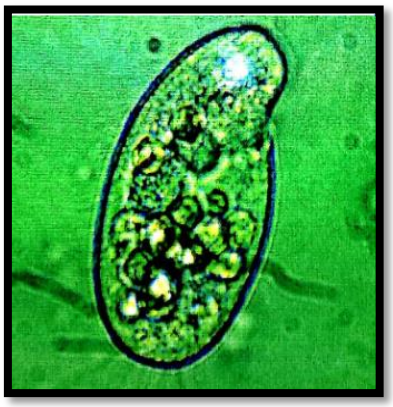


Figure119: *Colpidium* (Canler et *al*, 2014)

Figure120: *Uronema nigricans* (400X)

Figure121: *Uronema nigricans* (Site 17)

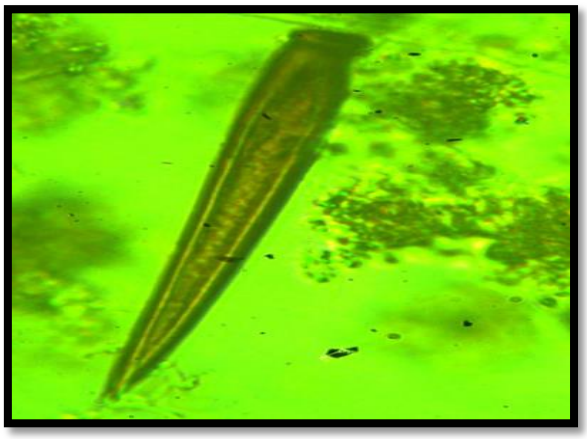


Figure122: *Vaginicola crystallina* (400X)

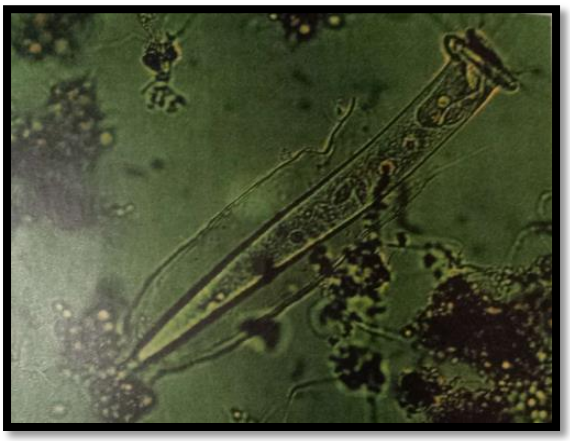
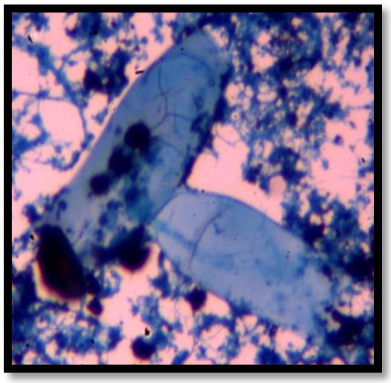


Figure123: *Vaginicola crystalina* (Canler et *al*, 2014)



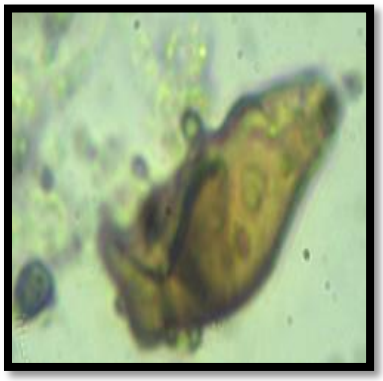


Figure124: *Opercularia* (100X).

Figure125: *Opercularia* (Bioma.Co, 2006)

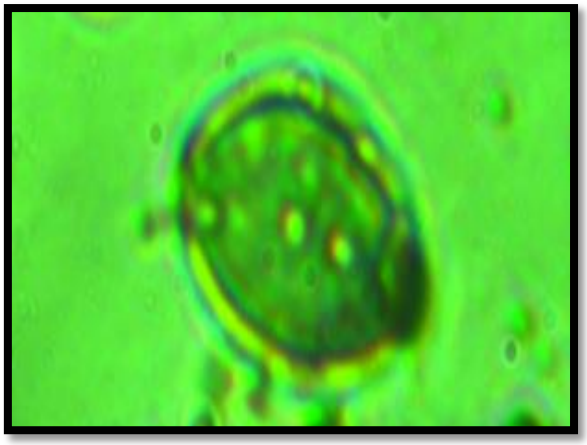


Figure 126: *Vorticella microstoma* (400X)

Figure 127: *Vorticella microstoma* (Canler et *al*, 2014)

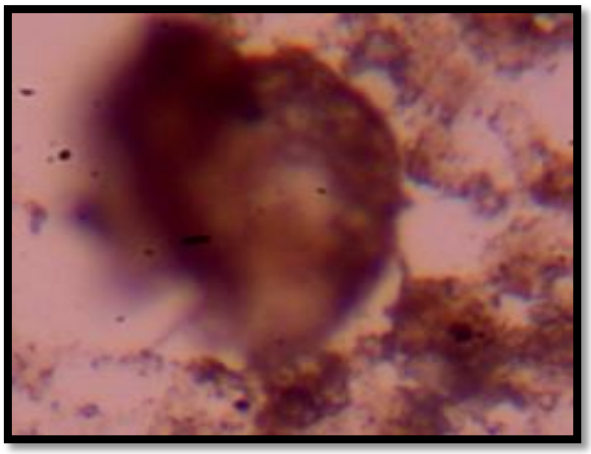


Figure 128: *Vorticelle* : La tête (100X).

Figure 129: *Vorticelle*: La tête (Canler et *al*, 2014)

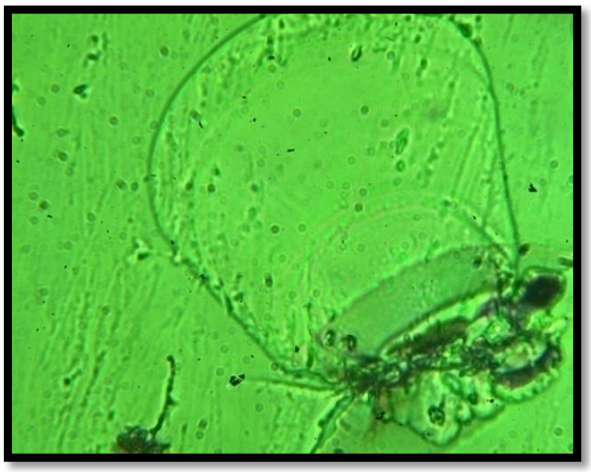


Figure 130: *Vorticelle* (forme télotroche) (400X)

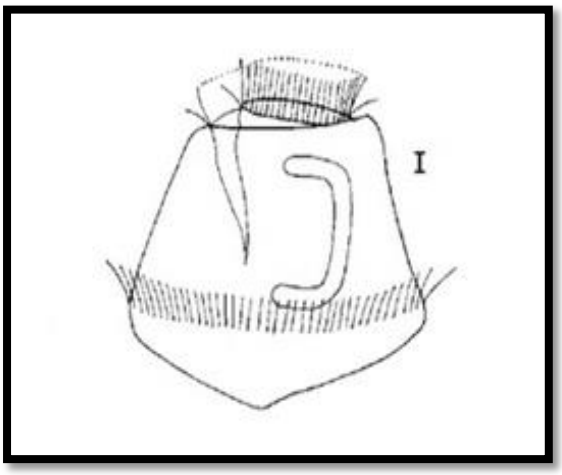


Figure 131: *Vorticelle* (forme télotroche) (Canler et *al*, 2014)

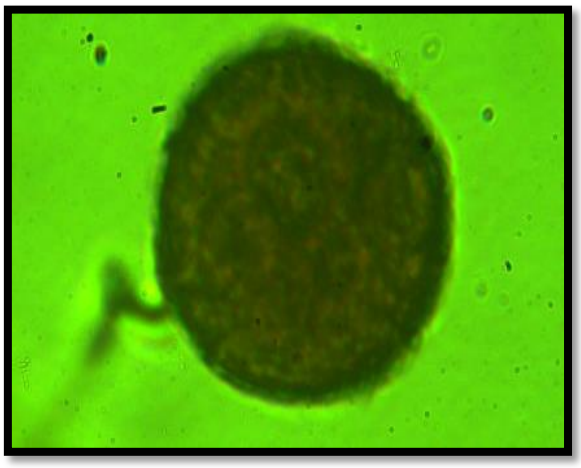


Figure132: *Vorticella* (400X)

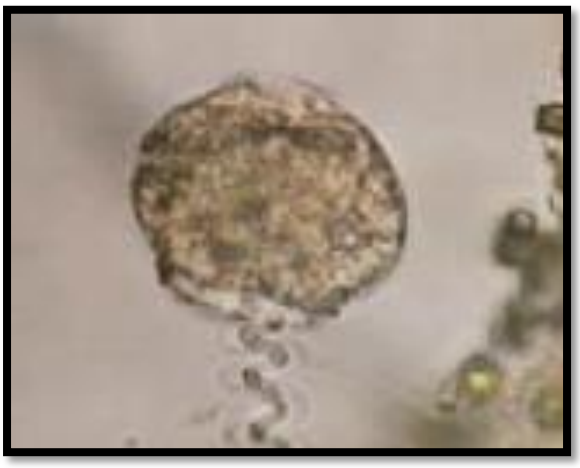


Figure133: *Vorticella* (Cavalla, 2014)

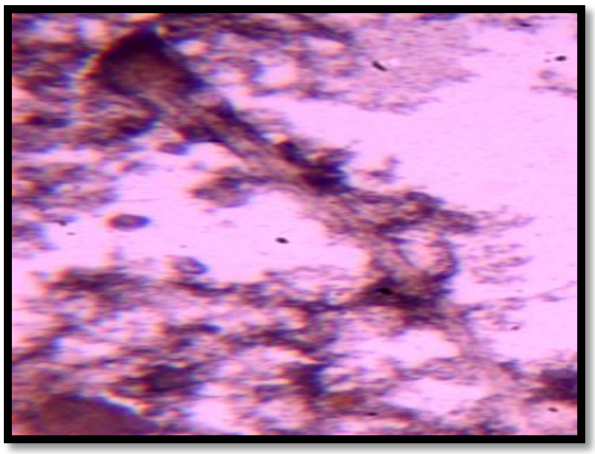


Figure134: *Stentor* (100X).

Figure135: *Stentor* (Canler et *al*, 2014)

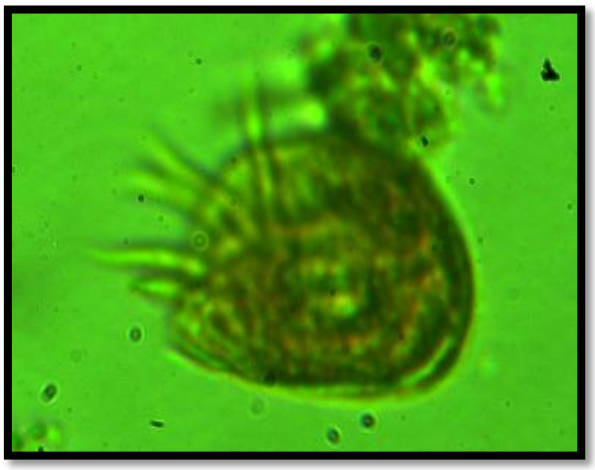


Figure 136: *Aspidisca costata* (vues ventrale) (400X)

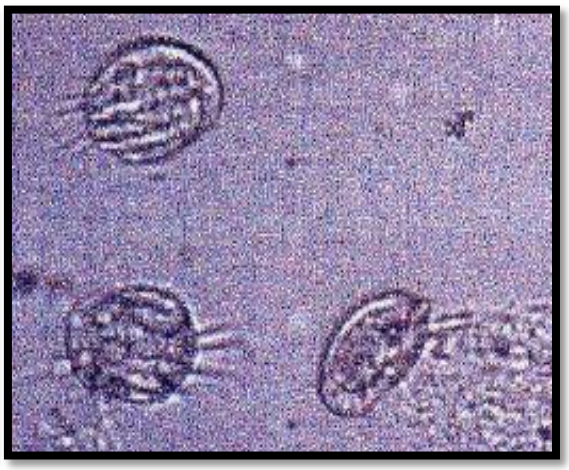


Figure 137: *Aspidisca costata* (Canler et *al*,2014) et (Biomac.co, 2006)

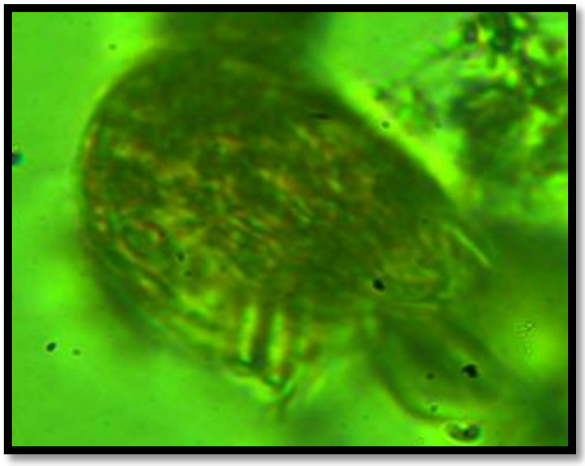


Figure 138: *Aspidisca Costata* (vues latérale) (400X)

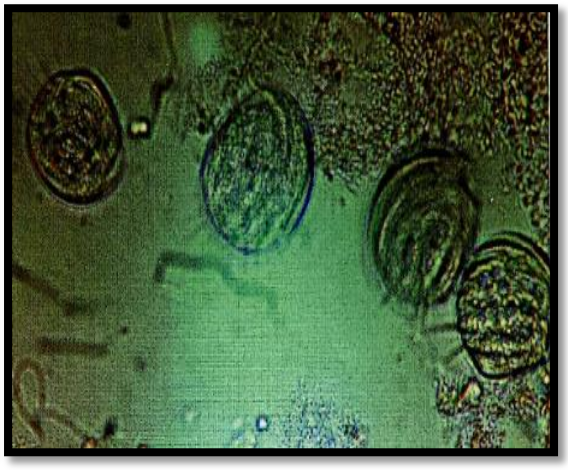


Figure 139: *Aspidisca Costata* (Canler et *al*, 2014)

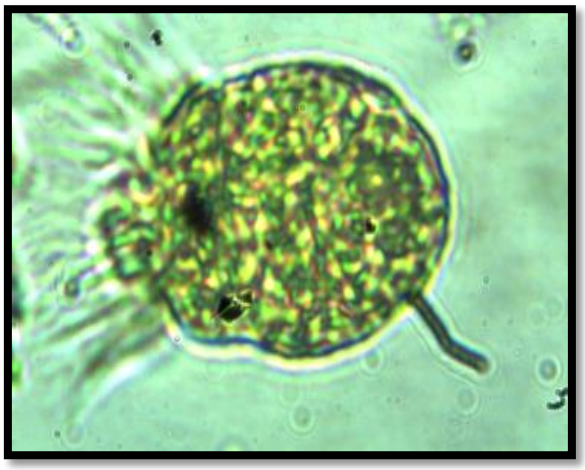


Figure 140: Genre *Halteria* (400X)

Figure141: *Halteria* (Canler et *al*, 2014)

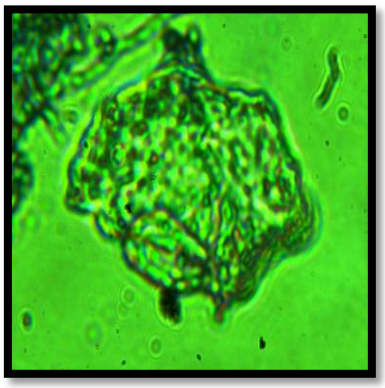
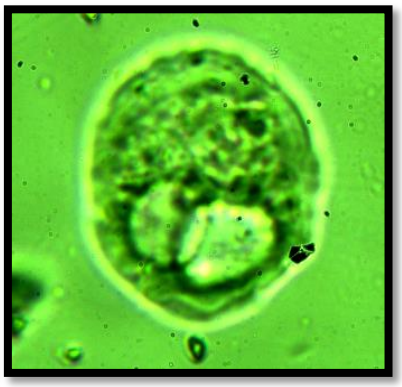


Figure142: *Eplote sp* (400X)



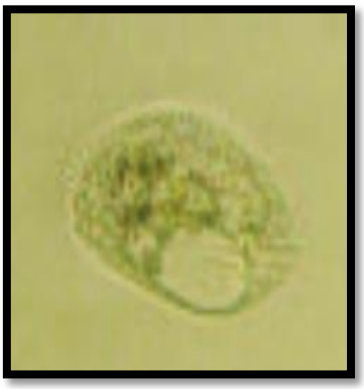


Figure143: *Eplote sp* (Navarro, 2003)

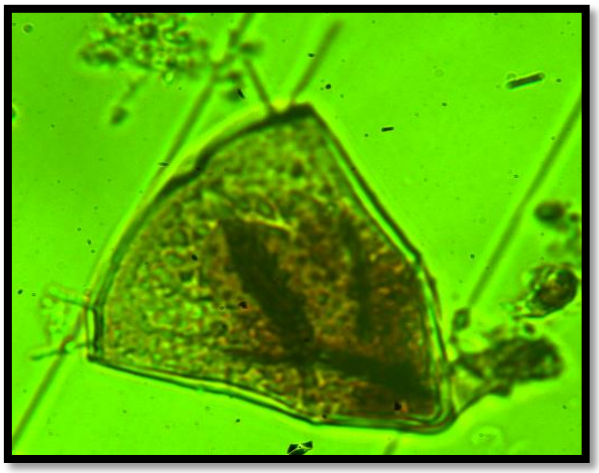


Figure144: *Acineta foetida* (400X)

Figure145: *Acineta foetida* (Canler et *al*, 2014)

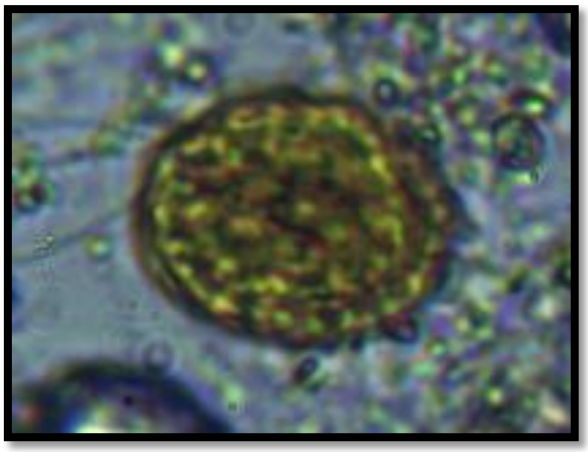


Figure 146: *Podophrya* (400X)

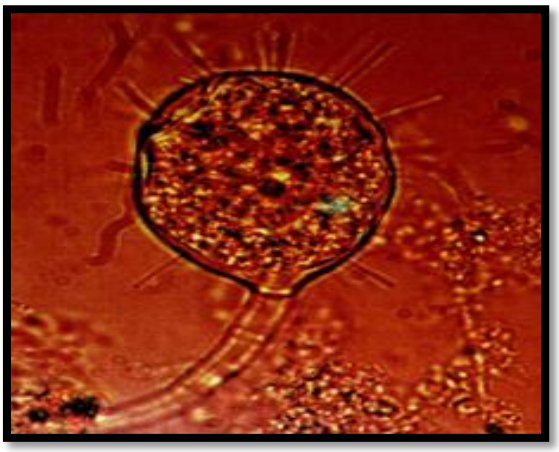


Figure 147: *Podophrya* (Canler et *al*, 2014)

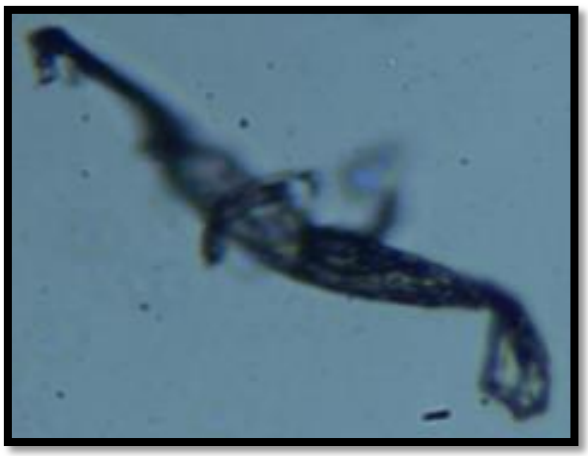


Figure 148: *Trypanosoma gambiens* (400X)

Figure 149: *Trypanosoma gambiens* (Cavalla, 2014)

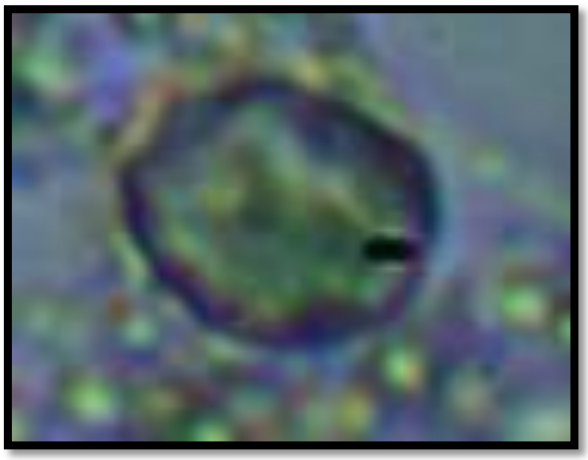


Figure150: *Monodinium spp* (400X)

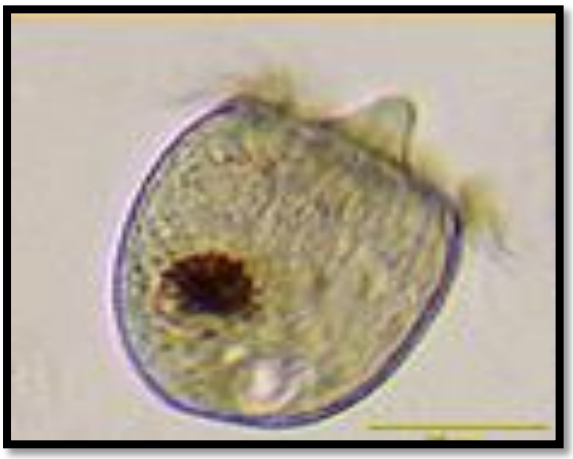


Figure151: *Monodinium spp* (site 10)

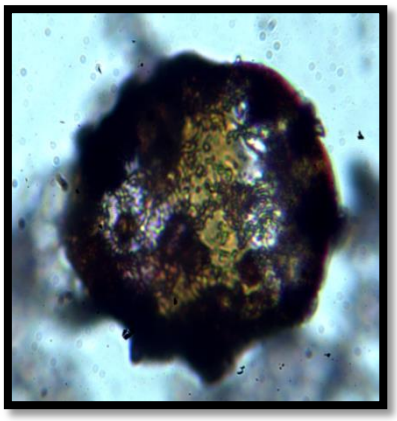
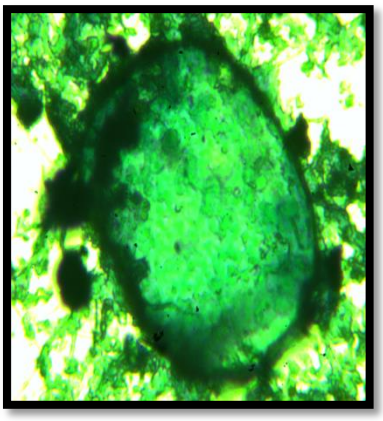


Figure 152: *Sphaerophrya pusilla* (400X)



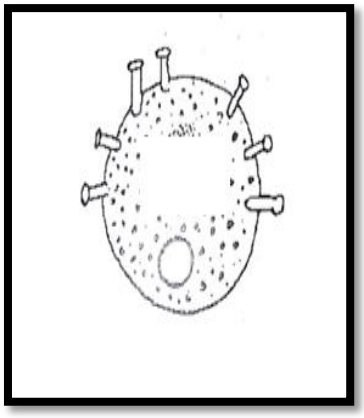


Figure 153: *Sphaerophrya pusilla* (Canler et *al*, 2014)

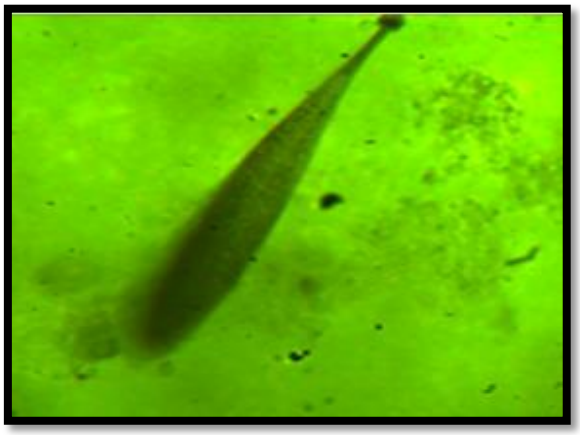


Figure 154: *Stentor sp* (400X)

Figure 155: *Stentor sp* (Hamaid-Chergui et *al*, 2016).

2.2. Les Métazoaires :

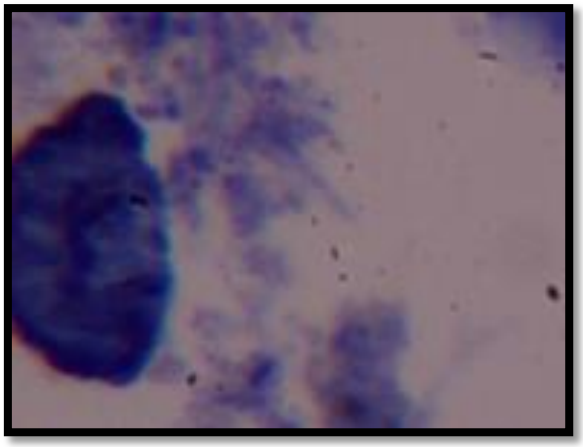


Figure 156: *Vers plats* (100X)

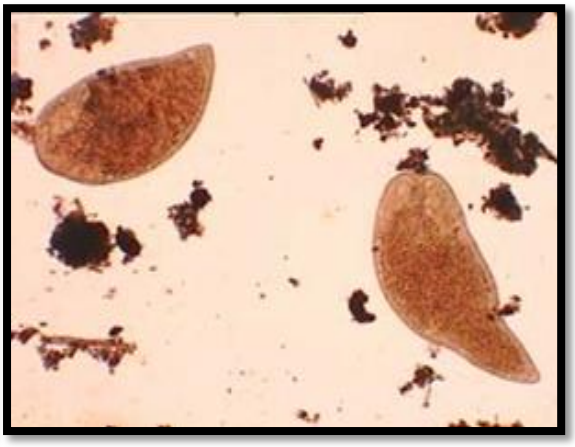


Figure 157: *Vers plats* (Cavalla, 2014)

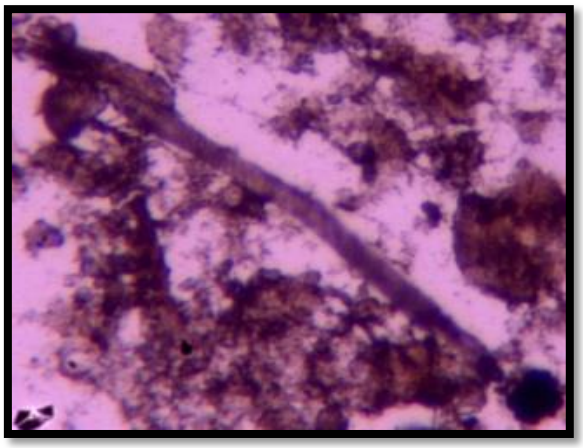


Figure 158: *Nématode* (Vers lisse) (100X)

Figure 159: Nématode (Hamaidi-Chergui et *al*, 2016)

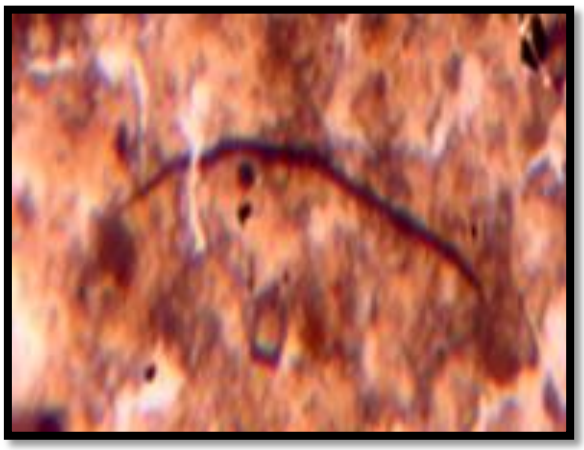


Figure 160: *Nématode* (*vers rond*) (100X).

Figure161: *Nématode* (*vers rond*) (Cavalla, 2014)

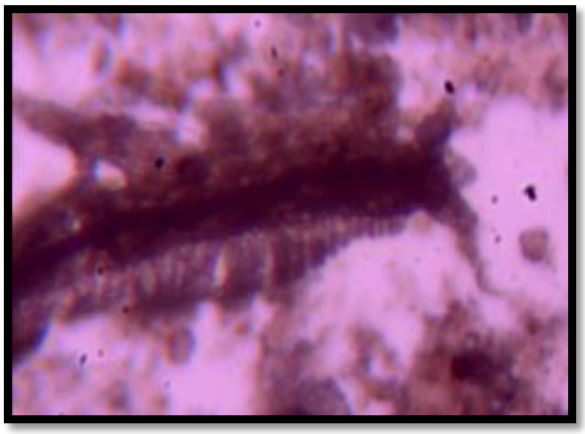


Figure 162: genre *Chaetonotus* (100X).

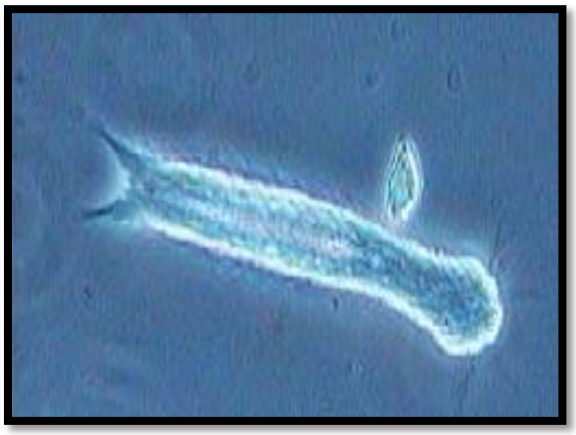


Figure163: genre *Chaetonotus* (Gastrotriche) (canler et *al*, 2014 et cavalla, 2014)

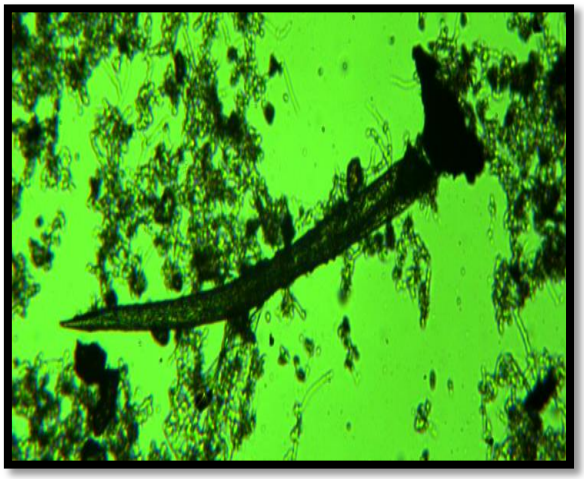


Figure 164: Rotifere Digononta (100X)

Figure 165: Rotifere Digononta (Canler et *al*, 2014)

Figure 166: *Monogononta colurella* (400X)

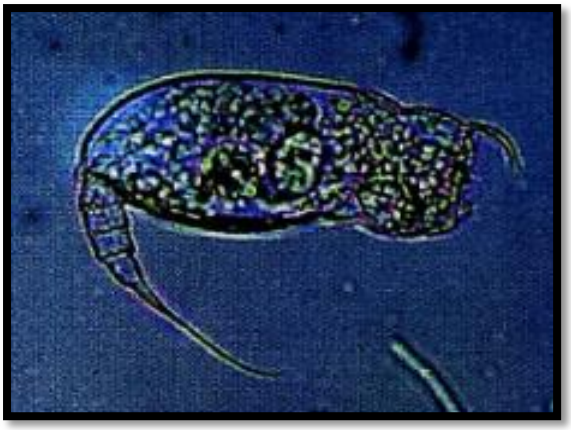


Figure 167: *Monogononta colurella* (Canler et *al*, 2014)

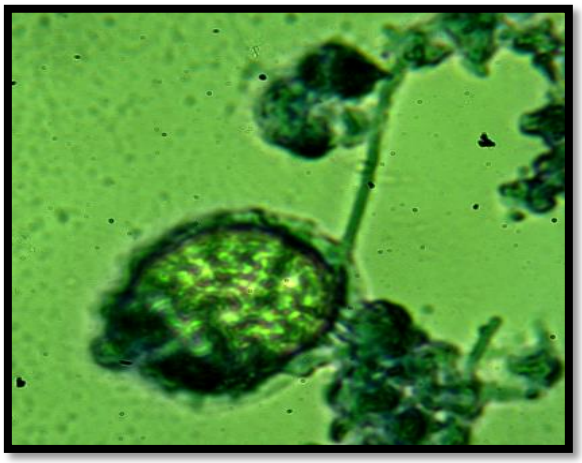


Figure 168: *Monostyla hmata* (400X)

Figure 169: *Monostyla hmata* (Site 18).

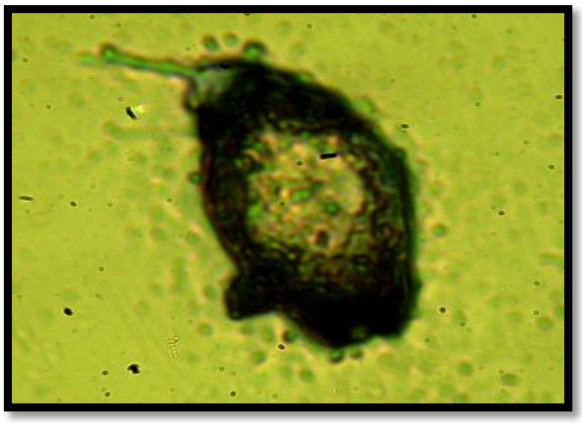


Figure 170: *Trichocerca sp* (400X)

Figure 171: *Trichocerca sp* (Site 19)

2.3. Autres espèces trouvées dans la boue activée :

2.3.1. Les algues :

Figure 172: *Nitzschia* Algue Diatommée (400X)

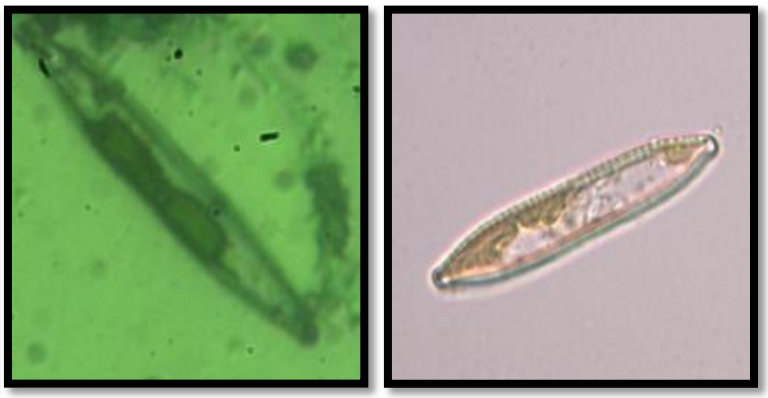


Figure 173: *Nitzschia* Diatommée (Elhachemi, 2012)

Figure 174: *Navicula* (Diatomée mobile) (400X)

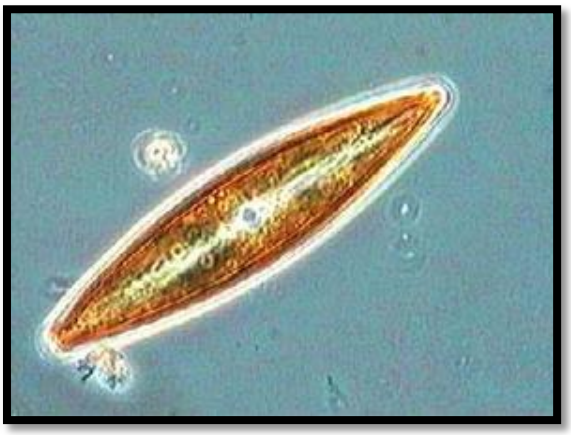


Figure 175: *Navicula* (Cavalla, 2014)

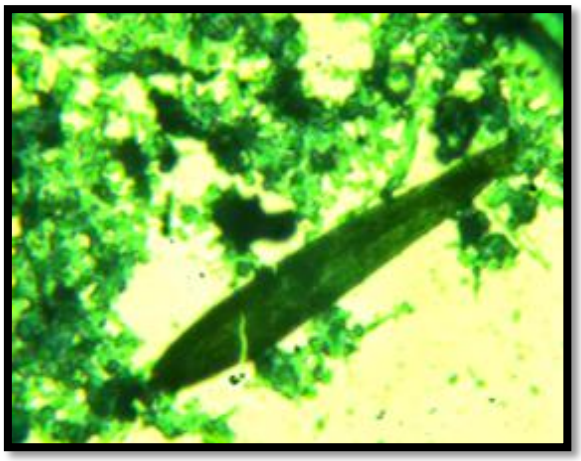


Figure176: *Closterium* (400X)

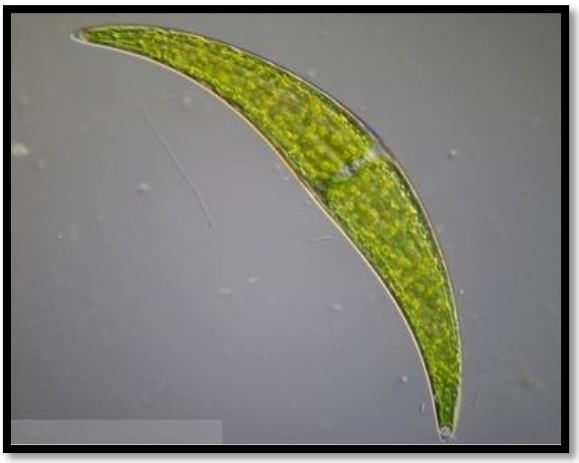


Figure177: *Closterium* (Site 17).

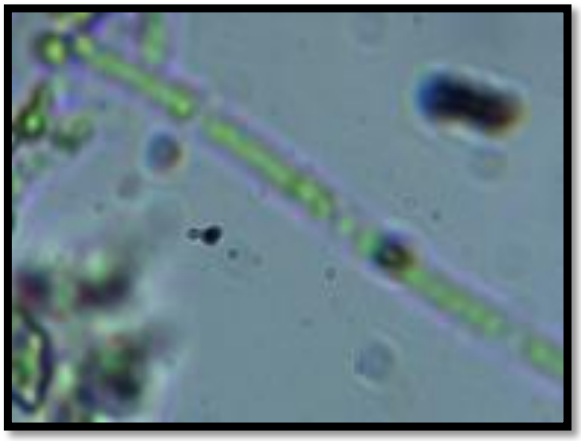


Figure 178: *Anaboena flosaquae* (400X)

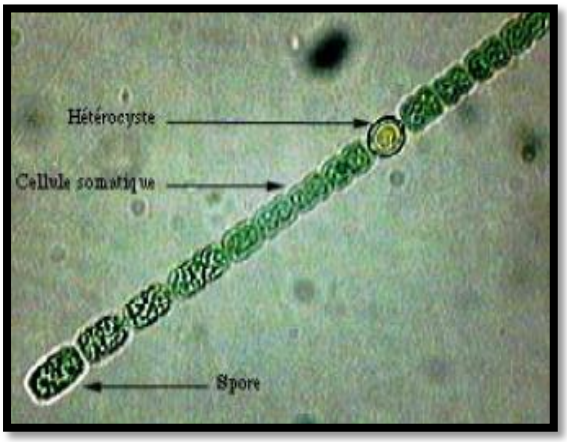


Figure 179: *Anaboena flosaquae* (Cavalla, 2014)

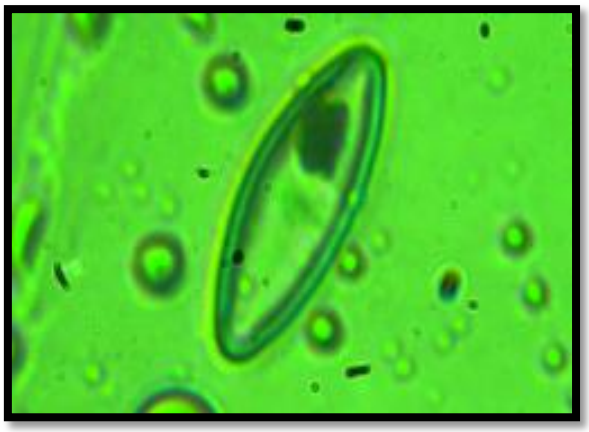


Figure 180: *Algue diatomée* (400X)

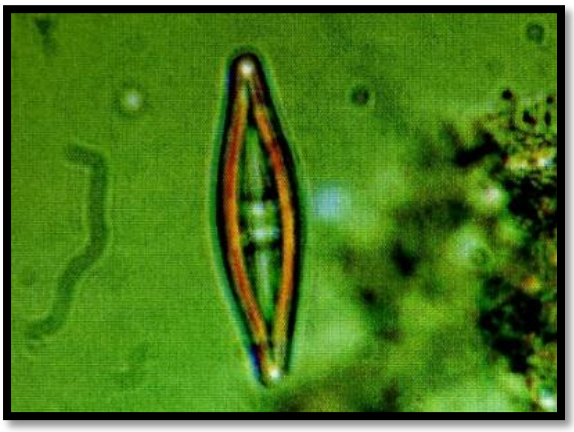


Figure181: *Algue diatomée* (Canler et *al*, 2014)

Figure 182: *Chlorophyte* (400X)

Figure 183: genre de Chlorophyte coloniale (Cavalla, 2014)

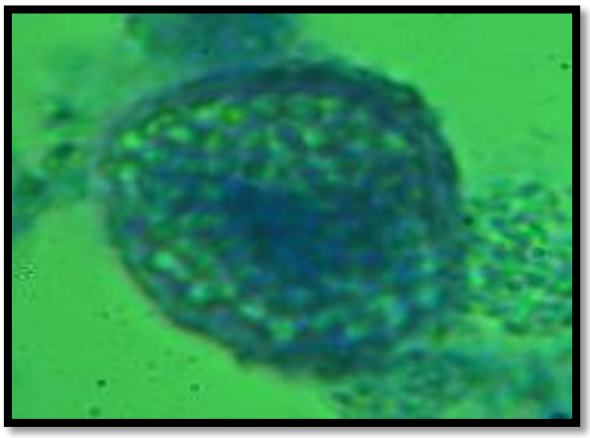


Figure 184: *Trachelomonas* (400X).

Figure 185: *Trachelomonas* (Cavalla, 2014)

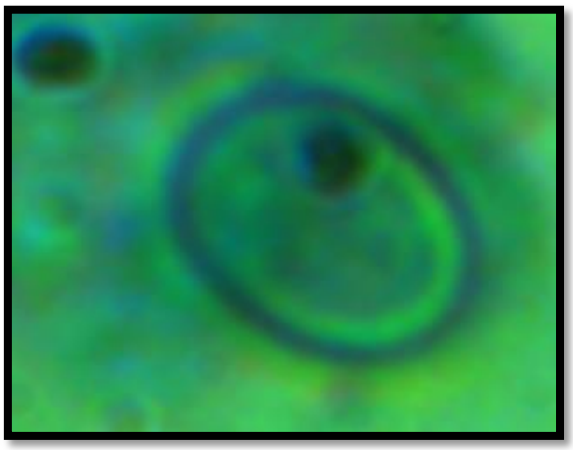


Figure 186: *Trachelomonas sp* (400X)

Figure 187: *Trachelomonas sp* (Cavalla, 2014)

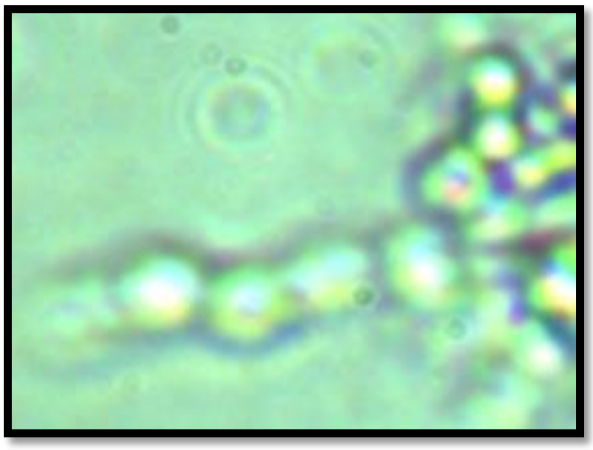


Figure 188: *Nostoc* (Cyanobactérie) (400X)

Figure189: *Nostoc* (Cyanobactérie) (Cavalla, 2014)

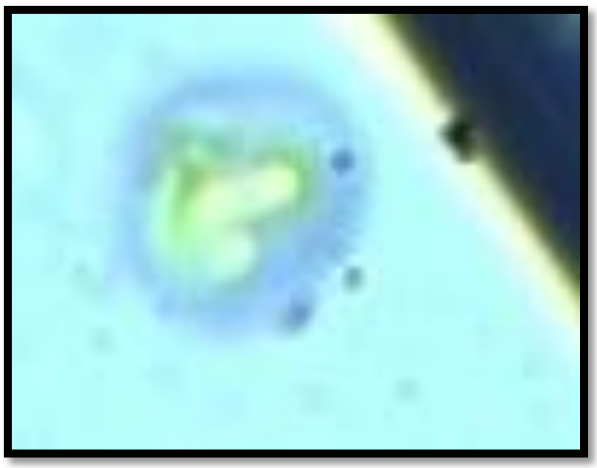


Figure 190: *cyanobacteries* (100X)

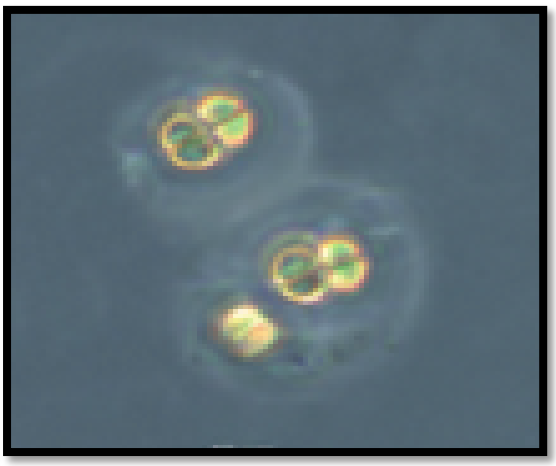


Figure 191: *cyanobacteries* (Druard et Balvay, 2007)

2.3.2. Les Champignans microscopiques :

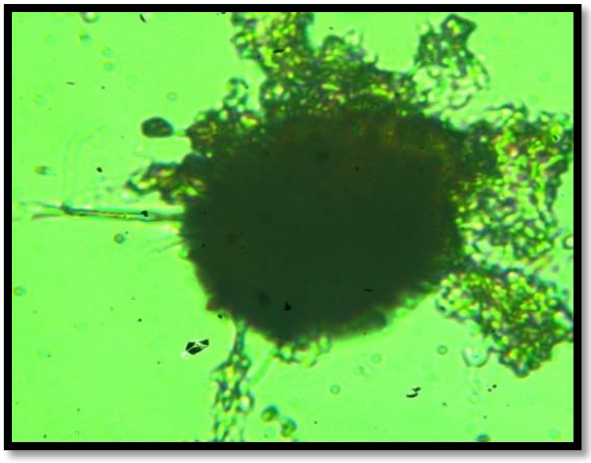


Figure 192: *Oïdium du frêne* (400X)

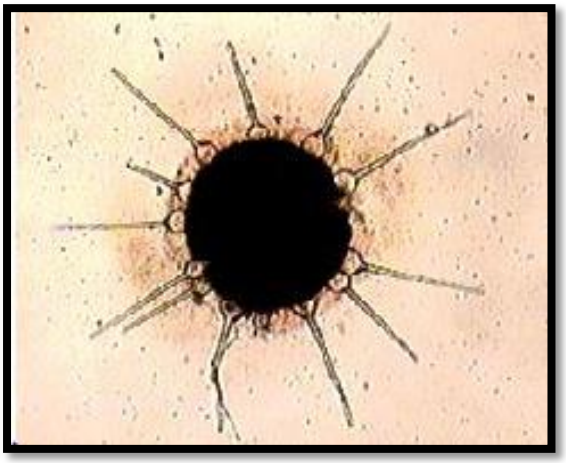


Figure 193: *Oïdium du frêne (Cléistothèque)* (Cavalla, 2014)

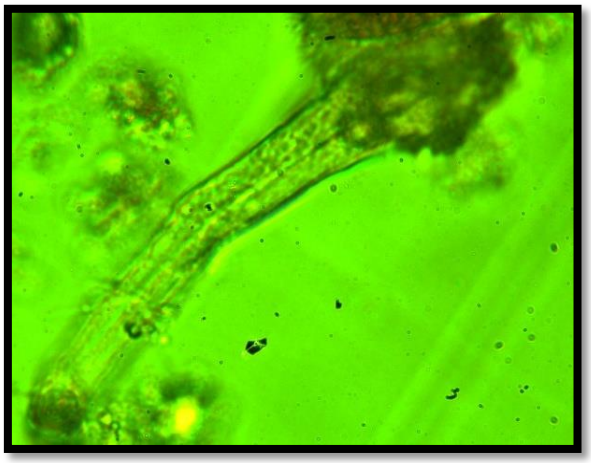


Figure 194: *Eurotium chevalierie* (400X)

Figure 195: *Eurotium chevalierie* (Cavalla, 2014)

3. Observation du floc bactérien et liquide interstitielle :

Figure 196: Croissance floculée (400X)

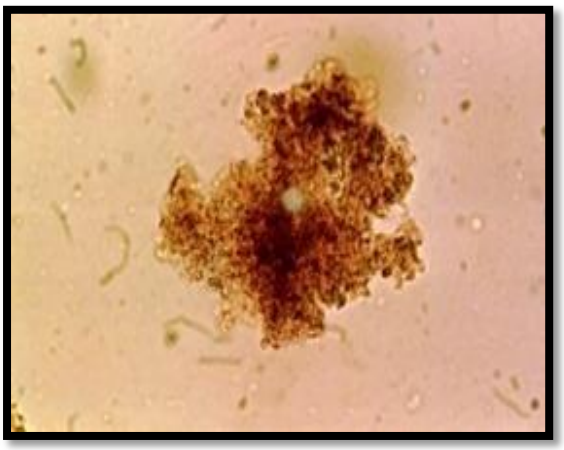


Figure 197: Croissance floculée (Canler et *al*, 2014)

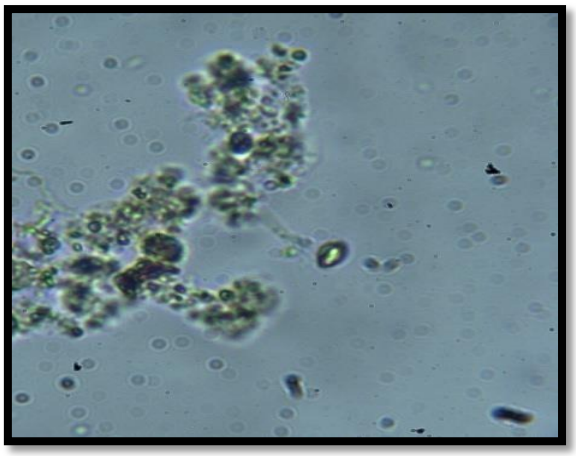


Figure 198: Criossece Dispercée (100X)

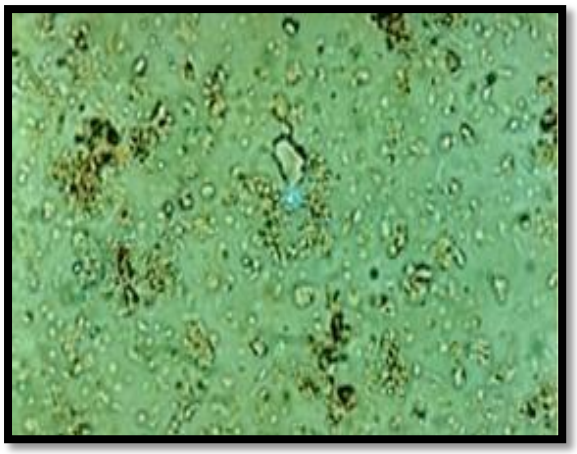


Figure 199: Criossece Dispercée (Canler et *al*, 2014)

4. Le Comptage :

Le tableau ci-dessous montre le nombre des espèces trouvées durant le mois de Février et Mars.

Tableau 5: Le comptage de la microfaune de la boue activée de la STEP étudiée.

MICROFAUNE														
Protozoaires			Comptage (Février)						Comptage (Mars)					
	Genre	espèce	Base sur 6 lames de comptage											
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Flagellés	*Euglena*	*gracilis*				1			1			1		1
	Dallingeria sp									1				
	Volvox sp													1
	Codosiga	*botrytis*											1	
	Entamoeba	*coli*										1		
Sarcodines	*Arcella*	*vulgaris*	2		1	1		3	4		2	1	3	
	Difflugia	*urceolata*	1		2		1		2		2		1	
	Difflugia	*geosphira*	1	1		2		1	2	2		1	1	
	Difflugia	*globulosa*	2	2		4	1	3	2		4	3	2	
	Euglypha		3		2	2	4		2		3	4	2	
	Euglypha	*ciliata*	3	2	1			2	3	2		4		2
	Euglipha	*alveolata*										1		
	Actinophrys									1				
Amibes (petites)	*Hartamanella*	*vermiformis*			1									
	Amoeba								1					
Amibes (Grandes)	*Amoebae*	*proteus*	2	1		1	1				2			
Amibe	*Amibes à coquille*				1							1		
	Trinema sp											1		
	Cyphoderia									1				

Ciliés	***Spirostomum***			**1**												
	Paramecium				**2**	**2**	**3**		**2**							
	Trachelophylum	***Pusillum***						**1**					**1**		**2**	
	Coleps	***hirtus***		**1**			**1**						**1**			
	Litonotus											**1**				
	Chilodonella	***Uncinata***		**1**			**1**				**1**			**1**		
	Paramecium sp				**1**			**1**								
	Paramecium	***bursaria***			**1**											
	paramécium	***Aurelia***									**1**					
	Colpidium					**1**				**1**		**1**		**1**		
	Uronema	***nigricans***										**1**				
	Amphileptus	***claparedei***									**1**	**1**				
	Vaginicola	***crystallina***								**1**						
	Opercularia			**2**		**2**	**1**		**1**		**2**	**1**				
	Vorticelle				**6**	**1**										
	Vorticelle	***microstoma***										**1**				
	Vorticelle	**(forme télotroche)**								**1**			**1**			
	Vorticelle	**(pédoncule Déployé est replié)**								**1**						
	Stentor sp			**1**												
	Aspidisca	***costata***											**1**		**1**	
	Euplote			**1**							**1**				**1**	
	Acineta	***foetida***			**1**											
	Sphaerophrya	***pusilla***			**1**											
Métazoaires																
Rotifère	***Digononta***									**1**	**1**	**1**				
Nématodes				**1**	**1**	**1**	**2**	**1**				**1**		**1**		

L'histogramme suivant montre la concentration des protozoaires et métazoaires durant les mois de Février et Mars.

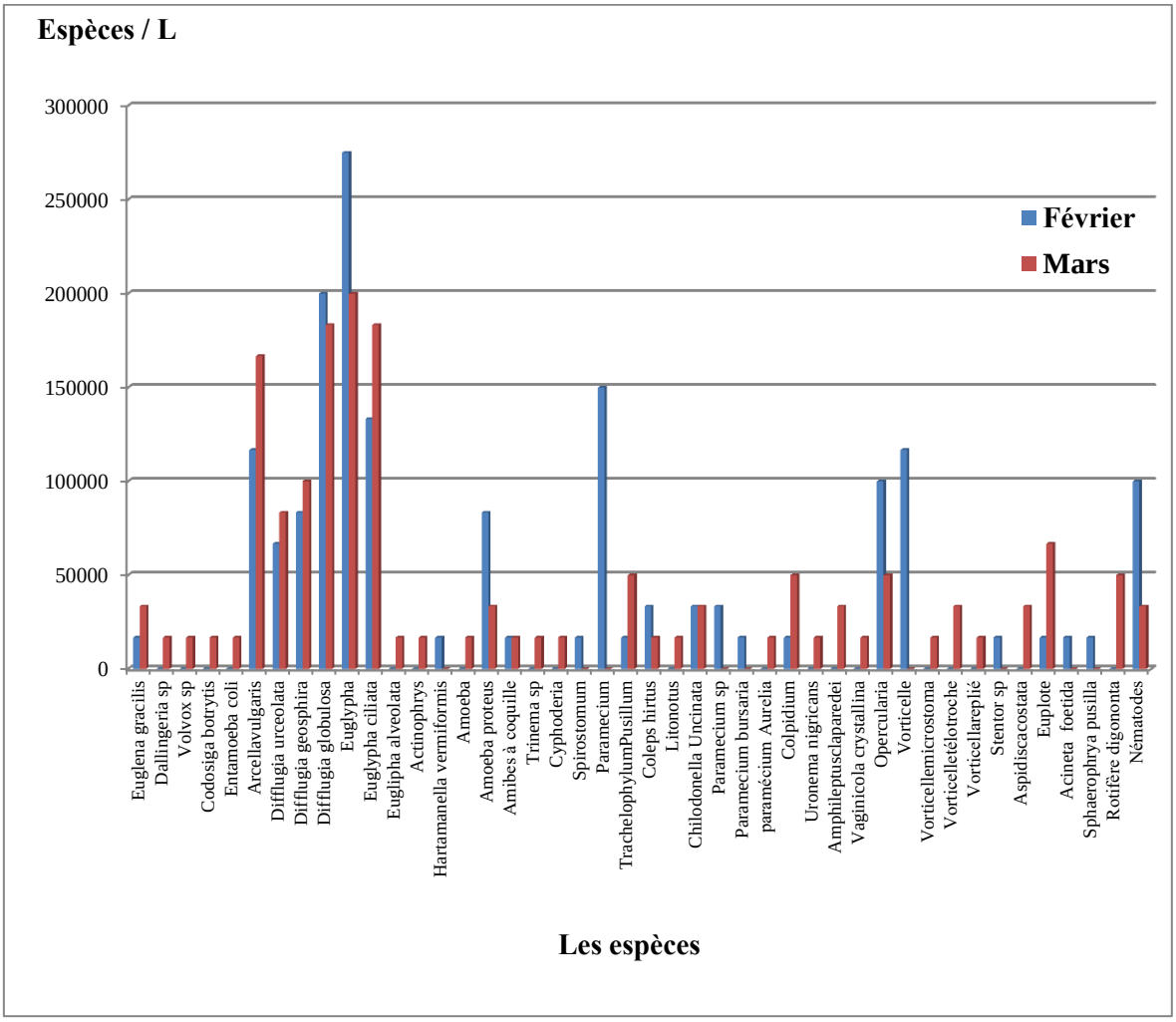


Figure 200: Les espèces trouvées dans la boue activée (mois de Février et mars)

5. Discussion :

La microfaune de la boue activée est composée d'animaux microscopiques, Les protozoaires et les métazoaires. Leurs observation au microscope optique, donne des indications sur la qualité du traitement (Hamaidi-Chergui et *al*, 2016).

5.1. Les Protozoaires :

Les espèces des protozoaires observées dans la boue activée de la STEP d'Oued Athmania sont présentes à grande concentration.

Nous avons trouvée : des ciliés, des flagellés et des sarcodines.

5.1.1. Les Sarcodines :

- **Les amibes :**

On note la prédominance des amibes (amibes libres et amibes à thèque), qui caractérise des boues bien oxygénées ceci indique un bon traitement du Carbonne (Canler et *al*, 1999).

-Amibes à coquille

Leur présence indique que les boues sont d'âge élevé (Bioma.co, 2006).

- **Les Thécamébien :**

Les Thécamébien indiquent une stabilité du système dans le domaine très faible charge où l'âge de boue élevé donc boues minéralisées, Ceci entraine une bonne qualité des eaux de sortie (Canler et *al*, 1999). Ainsi la présence d'***Arcella vulgaris*** témoigne d'une installation fonctionnant dans le domaine d'une faible charge et d'une aération prolongée, donc d'une bonne performance en nitrification d'où un bon degré d'aération (Canler et *al*, 1999). La présence *d'**Arcella vulgaris*** indique aussi un bon processus d'épuration (Bento et *al*, 2005). On note la présence de ***Difflugia*** indique une minéralisation assez poussée des boues (Bento et *al*, 2005). ***Difflugia globulosa*** en particulier est un grand thécamébien recouvert souvent de grains de sable et autre corps étrangers : selon Canler et *al*,(1999), cette espèce est un indicateur de fonctionement en aération prolongée, et de minéralisation assez poussée des boues (âge de boue superieur à 20-30 jours). Sa presence indique aussi la bonne qualité de l'effluent traité (Cordi et *al*, 2012).

5.1.2. Les ciliés :

Ils correspondent à la classe dominante lors des observations au microscope (70% des populations) pour des installations fonctionnant correctement dans le domaine de l'aération prolongée (Hu et *al*, 2013).

Les ciliés protozoaires produisent des effluents traités claires de bonne qualité en raison de leur capacité à se nourrir sur les bactéries et les particules en suspension et d'induire la floculation (Ratsak et *al*, 1996). Tandis que la fréquence élevée des ciliées indique la réduction de la présence de bactéries confirmant la consommation de la matière organique par les organismes déprédateurs primaires (Hamaidi-Chergui et *al*, 2016).

Ainsi ***Aspidisca costata*** est un protozoaire hypotriche, très mobile par nage ou par reptation sur le floc. Fréquement rencontré, et pouvant étre la faune dominante. Son abondance est generalement liée à une forte charge. Selon Mahaylova et *al*. (2014), La presence indique un bon phénomène de nitrification. Par ailleurs, ***Stentor sp*** est un hétérotriche indicateur d'effluent traité de très bonne qualité (Canler et *al*,1999).

- **Les Ciliés nageurs *: Les Paramécies***

Les paramécies sont également très courantes dans les boues activées et dénote, en général, l'absence d'oxygène ou de boue très jeune (Bioma.co, 2006).

- **Les Ciliés mobiles de fond :** tels qu'***Aspidisca, Chilodonella uncinata***

Se déplacent à la surface des flocons. Très courants dans les boues activées bien formées et de bonne qualité (Bioma.co, 2006).

- **Les Ciliés sessiles (fixés sur les flocons) :** ***vorticelles***, ***Opercularia***, ***epistylis*** sont très

Courantes dans les boues activées, Les ***vorticelles*** et les ***epistylis*** sont des organismes qui indiquent, en général, de bonnes conditions de fonctionnement de l'installation alors que les ***opercularia*** apparaissent lorsque le système est en déficit d'oxygène dissous (Bioma.co, 2006).

- **Les Ciliophores :** Ces organismes sont présents, en général, dans les boues peu Oxygénées (Biomac.co, 2006).

5.1.3. Les flagellées :

Selon Cordi et *al*. (2012), la présence des flagellés avec une fréquence faible indique un manque de concentration en nutriments organiques solubles en accord avec les résultats de l'élimination de la DCO.

Ils sont rencontrés, en général, dans les boues d'installations recevant des purins très dilués ou avec une faible charge de boue (Bioma.co, 2006).

5.2. Les Métazoaires :

Les espèces des métazoaires observées dans la boue activée de la STEP d'Oued Athmania ont de faible existence (petit nombre des espèces). Ils contribuent à l'amélioration de la floculation par l'excrétion de produits et sont de bons indicateurs de la qualité du traitement (Canler et *al*, 1999).

5.2.1. Les Nématodes :

Les Nématodes représentent la partie majeure des métazoaires de la STEP d'Oued Athmania. L'abondance des nématodes dans les systèmes à boues activées représente généralement moins de 1% de la microfaune (Salvado et *al*, 1995). Ce sont des métazoaires assez résistants à la sous-aération du milieu, leur présence n'est pas défavorable au processus épuratoire. On ne peut pas les considérer comme indicateurs de la qualité du traitement, par contre en densité importante, ils sont un signe de dépôts dans le bassin d'aération ou le décanteur (Canler et *al*, 1999).

5.2.2. Les Rotifères :

Sont très rares.

Ainsi, d'après nos résultats, les espèces trouvées dans la boue activée de la STEP d'Oued Athmania sont les principaux micro-organismes indicateurs de la qualité des boues activées. Cela signifie le traitement des eaux usées est de bon qualité.

Conclusion:

La wilaya de MILA est exposée à la contrainte de fournir de l'eau à l'est algérien par sa situation en milieu à climat méditerranéen ainsi que l'existence de barrage de Beni Haroun. Ceci pousse les autorités à penser au traitement des eaux usées, et ce pour son double avantage de protection des ressources hydriques souterraines et de production d'une nouvelle source d'eau qu'est l'eau usée traitée, et qui peut être réutilisée en agriculture.

A travers notre travail, réalisé sur la station d'épuration des eaux usées d'Oued Athmania, qu'a visé l'étude de la microfaune de boue activée, par l'observation microscopique. Nos résultats ont permis de montrer la présence de plusieurs espèces. Donc nous avons trouvées que la microfaune renferme principalement les ciliés telles que : (*Spirostomum, Vorticelle, Paramecium sp, Trachelophylum, Colpidium, Aspidisca, Litonotus, Vaginicola crystallina, Opercularia, Acineta foetida…)* les Flagellés telle que : (*Euglena, Dallingeria sp, Monostyla…),* Sarcodines telles que : (*Arcella ; Euglypha ; Actinophrys, Difflugia…), avec* des *Algues*, et des métazoaires tels que les nématodes et les rotifères.

La présence de ces espèces ainsi que leur concentration dans la boue activée indique que la qualité de l'épuration des eaux usées d'Oued Athmania est très bonne. Avec une aération prolongé et prouve aussi que la station est réellement à faible charge.

ANNEXES

Coloration pour observation microscopique appliquée aux micro-organismes des boues activées :

La préparation des colorantes utilisées se fait par les étapes suivantes :

- **La solution de coloration à l'encre de chine :**

Encre de chine 1ml

Eau distillée 19 ml (Pandolfi, 2006).

- **La solution de coloration du rouge neutre :**

Poudre de rouge neutre à raison de 0,01g

Eau distillée 100ml (Perrier et *al*, 1997).

- **La solution de coloration au vert de méthyle :**

Poudre de vert de méthyle 1g

Acide acétique 1ml

Eau distillée 100ml (Perrier et *al*, 1997).

- **La solution de coloration à l'iodo iodure :**

Iodure de potassium 10g

Iode 1g

Eau distillée 100ml (Perrier et *al*, 1997).

Fiche d'observation de la boue

prélèvement	**Lieu : STEP**	**D'Oued**	**Alathmania**
	Date :	15/02/2017	15/03/2017
	Heure :	09 : 00 min	09 : 28 min
observation macroscopique			
Echantillon brute	**Couleur :**	Marron claire	Marron foncé
	Odeur :	Terre	Terre
Echantillon décanté	**Quantité de boue :**	92%= 920 mg/l	22%= 220 mg/l
	Aspect de surnageant	Trouble	Trouble
	flottants	Oui	Oui
	Nature de flottants :	Corps gras, débris végétaux	Corps grossières (grain de sable), débris végétaux.
	Comportement et aspect du floc pendant la décantation :	Interface, eaux/boue nette, phase de contraction bien définie, situation normale.	Interface nette, boue décantant plus lentement, boue peu chargée ou trop concentrée (grains importantes), épuration +/- satisfaisante.

Bibliographie :

Amorce., 2012. Boues de station d'épuration : technique de traitement, valorisation et élimination. DT51 série technique. Amorce, 5, 6p.

Anonyme A., 2008. « Les procédés biologiques d'épuration 2008 » Université Virtuelle de Tunis.

Attab S., 2011. Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre a sable local. Mémoire de Magistère : Biologie, Microbiologie Appliquée. Université kasdi Merbah-Ouargla, 39 ,43p

Bassompierre C, 2007. Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers de la conception d'un pilote à la validation de modèles, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique De Grenoble, 25-42p.

Baumont S, Camard J-P, Le franc A, Franconie A. 2004. Réutilisation des eaux usées : risque sanitaires et faisabilité en Ile-de-France. Rapport ORS.220p.

Belahmadi-Mohamed-Seddik O, 2011. Etude de la biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le microbiote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'ibn Ziad. Mémoire de Magister : Microbiologie appliqué et biotechnologie microbiennes. Université Mentouri-Constantine, 19p.

Belhani, Mahdi, Bourgois, Jacques et PONS, 2008. Marie-Noëlle, Analyse du cycle de Vie : Epuration des eaux usées urbaines. Revue technique de l'ingénieur.

Bento A-P., Philippi L-S., Sezerino P-H., Reginatto V., Lappoli F-R., 2005. Microfauna characterization in activated sludge wastewater treatment plant: an instrument of assessment and control of process. ARTIGO TECNICO: 329-338p.

Berche P, 2007. Une histoire des microbes. Edition, John Libbey Eurotext, Montrouge, France, 285P.

Bioma.co, 2006. Notions techniques et pratiques sur l'épuration de l'eau et l'évacuation des boues. Document technique. Geolife, 22-26p.

Boudjedjou S et Boukriba R, 2014. L'étude de la composition microbiologique de la boue activée de la station d'épuration des eaux usées de Sidi Merouane. Mémoire de mastere2 : biochimie et microbiologie appliqueé.centre universitaire de MILA, 31p

Brame V, 1986 - Les procédés physico-chimiques d'épuration des eaux usées urbaines. Série documents techniques A.F.E.E. France.

Canler J-P., Perret J-M., Duchéne P., Cotteux E., 1999. Aide au diagnostic des stations d'épuration par l'observation microscopique des boues activées. QUAE édition, Paris, France, 155p.

Canler J-P., 2005. Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration : origines et solutions. FNDAE n° 33 Document technique. Cemagref, 100p

Canler J-P., Perret J-M., Duchéne P., Cotteux E. 2014. Aide au diagnostic des stations d'épuration par l'observation microscopique des boues activées. Edition, Quae, France, 11-130P.

Cavalla, M., 2014. Atlas de microbiologie.pdf : 9-36p.

Cordi L., Assalin M-R., Ponezi A-N., Duran N., 2012. Identification of Microbiota for activated Sluddge Acclimated By paper Mill Effluent Kraft E1 Bioremedation. J Bioremed Biodeg. 3, 169 p.

Daffri A., 2008. Biodégradation des crésols par le microbiote des eaux usées de la ville de Constantine. Mémoire de magistère : Microbiologie appliquée, Biotechnologies microbiennes. Université Mentouri Constantine, 3,5P.

Damotta ,2001. Applications de l'analyse d'image à la caractérisation de la microfaune de stations d'épuration des eaux usées. Thèse doctorat de l'institut national polytechnique de lorraine (spécialité génie des procédés), 5-12, 41, 42P.

Deronzier, Gaelle, Shetrite, Sylvie et al, 2001. Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectives. Edition Cemagref p.

Djeddi H., 2007. Utilisation des eaux d'une station d'uperation pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Mémoire de magistère : Ecologie et Environnement, Ecologie végétale. Université Mentouri Constantine, 7p.

Diakhate ,2010. Amélioration des sols cultives avec de la boue de stations d'épuration de pikine et camberene : impact sur la diversite bacterienne du sol. Mémoire de diplôme de master 2 en biologie animale, 4, 5p.

Druart J-C et Balvay G, 2007. Le Léman et sa vie microscopique. Edition, Quae, Paris, France, 27-33p.

Druart J-C, Balvay G., 2009. Le lac d'Annecy et son plancton. Edition, Quae, paris, France, 43p.

DSA. , 2013 : Direction des services agricole de la wilaya de Mila.

Elalaoui R et Taoussi I., 2013. L'impact du Chrome VI sur le traitement des eaux usées dans la station d'épuration de Marrakech.Mémoire de Fin d'étude de licence : Science et technologie, Eaux et envirennement.Université de cadi Ayyad, 28-34p.

El hachemi O., 2012. Traitement des eaux usées par lagunage naturel en milieu désertique (oasis de figuig) : performances épuratoires et aspect phytoplanctonique.Thése de doctorat : Ecologie végétale. Université Mohammed Premier, 9p.

Faby J-A., Brissaude F, 1997. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 76p.

FAO.2003., L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation.FAO Irrigation and Drainage paper, 65p.

Franck R., 2002. Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE, Bordeaux, 165-239p.

Gaid, A « épuration biologique des eaux usées » Tom2.

Guezlane-Tabibl N ., Kahlouche B ., Athmani-Guemouri .,2010. Microbiologie.3éme édition,O.P.U, Ben-Aknoun, Alger, 103,104P.
Hamaidi-Chergui F., Zoubiri A-F., Debib A., Hamaidi M.S ., Kais H , 2016. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°26, Vol : 183-208. 197-201p.

HU B., QI R., YANG M, 2013. Systematic analysis of microfauna indicator values for treatement performance in a full-scale municipal wastewater treatement plat. Journal of Environnemental Sciences. Vol25, Issue 7, 13, 79-138p.

Lazarova V., Gaid A., Rodriguez-Gonzales J., Alday-Ansola J., 2003. L'intérêt de la réutilisation des eaux usées : analyses d'exemples mondiaux. Technique, Sciences et Méthodes, N9. 9, 64-85p.

Louvet-Noël J, 2010. Effets des antibiotiques sur le procédé d'épuration par boues activées. Etude du cas de l'érythromycine, du floc bactérien au réacteur biologique. Thèse de doctorat : Génie des procédés. Université de Nancy, 36-38P.

Martin-Lagarette J-L, 2004 .L'eau potable et l'assainissement, Edition. JOHANET, Paris. 154p.

Mettahri MS, 2012.élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixts.cas de la step Est de la ville deTizi-ouzou.thèse de doctorat : agronomie, génie des procédés. Université de mouloud Mammeri, 4-24 p.

Mihaylova D., Prokopov T., Mihalkov N., 2014. Hydrobiological Investigation of the Activated Sludje from Sequencing Batch Reactors of WWTP-Hisary. Ecologia Balkanica. Vol 5, special édition.41-47p.

Navarro P, 2003. Les traitements biologiques des eaux et des boues (2ème partie). L'opéron 25, 2-25p.

Ouanouki B, Abdellaoui N, Ait abdallah N, 2009. Application in Agriculture of Treated Wastewater and Sludge from a Treatment Station European Journal of Scientific Research, 602-619p.

Pandolfi ,2006. Caractérisation morphologique et physiologique de la biomasse des boues activées par analyse d'images. Thèse doctorat de l'institut national polytechnique de lorraine (spécialité génie des procédés et des produits), 1-61p.

Perez-fabiel S., 2009. Etude de la biodégradabilité de boues secondaires soumises à un traitement thermique à 65°C et du couplage digestion anaérobie et digestion thermophile aérobie pour la réduction de boues. Thèse de doctorat : Sciences des procédés, Génie des Procédés de l'Environnement. L'institut national des sciences appliquées De Toulouse, 3-7p

Perrier R., Auffret V-D., Kemp T., Zonsain F, 1997. Expériences faciles et moins faciles en sciences biologiques. Dion éditeurs, France.272-276p.

Petit K-M-B, 2007. Actualisation des connaissances Sur les éléments biologiques et Minéraux persistants dans les boues Des stations d'épuration. Impact sur la sante publique. Thèse de doctorat : vetirinaire.ecol nationale vétérinaire d'alfort, 7, 8, 31p.

Davet P, 1996. Vie microbienne du sol et production végétale. Edition, I NRA, PARIS, France, 67, 68P.

Ramdani N., 2007.contribution à l'étude de boues urbaines de la station d'épuration des eaux usées résiduaires. Effet sur la fertilité d'un sol sableux. Mémoire de magistère : Science de l'environnement et climatologie. Université d'Oran, 6p

Rastak C-H., Maarsen K-A., Kooijman S, 1996. Effects of protozoa on carbon mineralization in activated sludge. Water Researche 30:1-12p.

Sahtout n ,2012. Etude de station de traitement des eaux à boues activées : optimisation de l'aération et la clarification en vue d'une bonne dilatabilité des boues. Mémoire de l'obtention du diplôme de magister, 11, 12p.

Salghi R, 2001. Différentes filières de traitement des eaux, ed univ IZ Rabat, 22p.

Satin, Marc, Selmi, Bechir. 2006. Guide technique de l'assainissement, Paris, le Moniteur.

Salgot M. & Huertas E., 2006 ; Integrated Concepts for Reuse of Upgraded Wastewater, Guideline for quality standards for water reuse in Europe, AQUAREC, EVK1-CT-2002-00130, Work package 2, Deliverable D15, 128p.

Salvado H., Garcia M.P., Amigo J-M, 1995. Capability of ciliated protozoa as indicators of effluent quality in activated sludge plants. Water Res, 29, 1041-1050p.

Schriver-Mazzuoli L., 2012. La gestion Durable de l'eau. Édition, Dunod, paris, France, 112-132 P.

Tekfi K, 2006 « étude des performances épuratoires d'une station à boues activées » Mémoire de DEUA : université de Tlemcen.

Zella L et Smadhi D., 2006. L'eau, La gouvernance et l'éthique. Edition, OPU, Ben-Aknoun, Alger, 124, 125p.

Webographie :

Inra.fr

Site 1 : https://fr.slideshare.net/salahabdessemed1/la-cellule-de-malassez-39435603

Site 2 : http://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Chlorophyceae/colonies/colonies

flagellated/VOLVOX/Volvox_Image_page.html

Site 3 : http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Mastigophora/Codosiga/botrytis_1.html

Site 4 : http://www.pandemsim.com/Protozoans.html

Site 5 : http://www.arcella.nl/difflugia-urceolata

Site 6: http://www.arcella.nl/difflugia-geosphaira

Site 7: http://www.arcella.nl/difflugia-globulosa

Site 8 : http://forum.mikroscopia.com/topic/13299-amibe-a th%C3%A8que-genre-euglypha-a- confirmer/

Site 9: http://www.microscopesafari.com/

Site 10: https://www.glerl.noaa.gov/seagrant/GLWL/Protozoa/Protozoa.html

Site 11 : http://nath.vacher.free.fr/description.html

Site 12 : https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/les-amibes-championnes-de-la-biodiversite_11192

Site 13 : https://www.pinterest.com/pin/554505772841720991/

Site 14 : http://www.afblum.be/bioafb/clasetre/clasetre.htm

Site 15 : https://www.canal u.tv/video/tele2sciences/amphileptus_pleurosigma_cilie_cousin_de_litonotus.11101

Site 16 : http://protist.i.hosei.ac.jp /PDB/Images/Ciliophora/Amphileptus/Amphileptus5.html

Site 17 : http://www.flickriver.com/photos/tags/geiseltierchen/interesting/

Site 18 : http://forum.mikroscopia.com/topic/6786-rotifere-monostyla/

Site 19 : https://www.canal u.tv/video/tele2sciences/brachionus_et_sa_progeniture_un_rotifere_abondant.10346