The background features a grid of triangles in shades of blue and grey. A large, semi-transparent purple circle is centered on the page, containing the title. To the right, a blue cone contains various colorful microscopic organisms, including a green rod-shaped bacterium, a purple filamentous bacterium, a yellow virus-like particle, and a green rod-shaped bacterium. A yellow circle with a white 'S' is also present. At the bottom, a hand is shown holding a small amount of water.

Fiche pédagogique n°6 :
L'eau et les
micro-organismes



COMPÉTENCES VISÉES :

Cette activité permettra aux élèves de participer activement à la démarche scientifique en observant et en interprétant différentes manipulations. Les élèves auront ainsi l'occasion de vivre une situation d'investigation en ayant recours à la démarche d'expérimentation.

Au terme de cette activité, les compétences et savoir-faire suivants seront mis en œuvre:

- Différencier les types de pollutions
- Décrire l'impact d'un polluant sur la biodiversité d'un écosystème
- Expliquer comment l'être humain remédie à une pollution dont il est responsable
- Evaluer l'incidence sur l'environnement de l'utilisation domestique d'une solution comme l'esprit de sel, un déboucheur liquide...
- Identifier les différents types de micro-organismes
- Réaliser une expérience illustrant le rôle des micro-organismes dans une fermentation
- Expliquer les rôles bénéfiques ou pathogènes de quelques micro-organismes pour l'être humain
- Expliquer le devenir des polluants organiques en se basant sur les cycles biogéochimiques

COMPÉTENCES PRINCIPALES :

- UAA 11 : Activités humaines et modifications environnementales.
Compétence : sur base d'une démarche d'investigation, analyser l'impact d'activités humaines rejetant des polluants dans un écosystème.
- UAA 18 : L'être humain et les micro-organismes.
Compétence : sur base d'une démarche d'investigation, décrire les rôles que jouent les micro-organismes dans la vie des êtres humains.



4 périodes au cours de formation scientifique



MISE EN SITUATION :

Depuis 1999, la Société Publique de Gestion de l'Eau (SPGE) investit dans la protection de notre environnement. La SPGE, mise en place par la Région wallonne, est une société anonyme de droit public dont les missions essentielles sont d'assurer la coordination et le financement du secteur de l'eau, d'assurer l'assainissement collectif des eaux usées et la gestion publique de l'assainissement autonome. Soucieuse de renforcer son action de protection de l'environnement, la SPGE lance, en collaboration avec l'ensemble des Organismes d'Assainissement Agréés (OAA) en Wallonie, une étude afin de mieux comprendre les avantages de l'utilisation de micro-organismes, les limites de l'épuration biologique, les facteurs l'influençant et les conséquences de nos actes quotidiens sur la qualité de notre environnement.

Les élèves sont invités à se mettre dans la peau de spécialistes de la dégradation bactérienne (bactériologiste, chercheur en biotechnologie, ingénieur en agronomie) afin de mener cette étude.



PRÉREQUIS

● UAA 6 : Biodiversité et évolution

Compétence : sur base d'une démarche d'investigation, décrire les êtres vivants qui peuplent un écosystème et analyser leurs relations intra et interspécifiques.

Les élèves peuvent identifier des facteurs abiotiques et caractériser un réseau trophique.

● UAA 10 : Les êtres vivants ont besoin d'énergie pour fonctionner

Compétence : sur base d'une démarche d'investigation, établir que tous les organismes ont besoin d'énergie.

Les élèves sont capables de citer les conditions nécessaires à la vie et de définir les notions d'organismes autotrophes et hétérotrophes.

● UAA 3 : La cellule, unité de base du monde vivant

Compétence : sur base d'une démarche d'investigation, observer qu'un organisme pluricellulaire est constitué de cellules qui assurent les fonctions essentielles du vivant.

Les élèves sont capables de décrire l'organisation d'une cellule et de différencier les cellules eucaryotes et procaryotes.

● UAA 14 : Les solutions aqueuses

Compétence : sur base d'une démarche d'investigation, identifier le caractère basique ou acide de différentes substances de la vie courante afin de les utiliser à bon escient.

Les élèves sont capables de préparer une solution et peuvent identifier le caractère basique, acide ou neutre d'une solution sur base de la mesure du pH.

REMARQUE

Attention au temps nécessaire pour que l'activité bactérienne épure l'eau.



DÉROULEMENT DE L'ACTIVITÉ :

PHASE 1 :

1 période

- **Production d'une liste de « déchets »** en demandant aux élèves d'imaginer tout ce qui peut se retrouver dans les eaux usées de leur habitation/lieu de vie sur base de leurs habitudes quotidiennes⁽¹⁾.
- **Classification (📄1)** des diverses matières citées selon leurs caractères organiques ou non organiques ; biodégradables ou non biodégradables. Interroger les élèves sur le lien entre les matières organiques et la biodégradabilité.
- **Mise en place du dispositif expérimental (📄2)**. Les élèves réalisent, à l'aide du matériel, une reconstitution « théorique » d'une eau usée⁽²⁾.
- **Distributions des documents** : Les élèves observent les résultats et répondent aux questions.
- **Structuration (📄3 et 4)** : compréhension des étapes de l'épuration des eaux usées résiduaires urbaines (les eaux provenant des activités domestiques normales) et du procédé pour enlever les matières organiques dissoutes (ex : le sucre du jus de pomme).

Dans cette phase, les élèves vont faire appel à leur présentation initiale. Ils reconstitueront une eau usée, ils pourront classer les déchets et identifier ce qui peut être traité par voie biologique.

PHASE 2 :

2 périodes

- **Distribution des documents (📄5)**. Chaque élève reçoit des photos de micro-organismes. Ils doivent classer et nommer ces organismes. Ils doivent aussi trouver le lien qui existe entre ces organismes vivants et si ceux-ci peuvent ou non se retrouver dans une station d'épuration.
- **Présenter les 4 grands types de stations d'épuration biologique**. Reconstituer avec le groupe-classe, une chaîne trophique des espèces présentes dans un lit bactérien. Inviter les élèves à citer les organismes utiles à la dégradation de la matière organique.
- **Structuration (📄6)**. Mettre en commun avec le groupe-classe les réponses, réaliser un résumé au tableau avec les noms, les photos et le classement.

Cette phase permet aux élèves de découvrir la diversité des organismes présents dans une station d'épuration.

PHASE 3 :

2 périodes

- **Distribution des documents** (📄 7). Faire des groupes de 3-4 élèves. Chaque élève reçoit le mode opératoire de l'expérience. Le matériel correspondant est également mis à disposition de chaque groupe. Les élèves doivent lire le mode opératoire et découvrir le matériel expérimental.
- **Distribution du questionnaire** (📄 8). Les élèves pourront y noter leurs observations.
- **Aménagement spatial de la classe**. Le matériel doit être disposé de manière à ce que les élèves travaillent par groupe. Prévoir une table où seront disposés les flacons contenant le matériel et les solutions communes.
- **Manipulation**. Les groupes d'élèves réalisent la manipulation en suivant le mode opératoire et complètent le questionnaire. Ce dernier leur permettra de relier l'expérience à la réalité. Cette manipulation met en évidence l'activité des bactéries au sein d'un milieu aquatique dans lequel se trouvent des matières dissoutes.

Si les élèves éprouvent des difficultés pour interpréter l'expérience, vous avez à disposition le correctif (📄 9).

Cette étape donne aux élèves l'occasion de vivre une démarche d'investigation en expérimentant, de structurer leurs résultats et de confronter leurs représentations initiales. Elle leur permettra ainsi de se retrouver dans la peau d'un expert scientifique.

- **Moment de structuration** (📄 10). Synthèse des savoirs construits. Mettre en commun les observations, conclusions et les réponses au questionnaire.
- **Distribution des parcours de formations** liés aux métiers découverts dans cette activité (disponible dans la boîte à métiers).

A l'issue de cette activité, les élèves auront joué le rôle d'experts scientifiques en découvrant les métiers suivants. Vous pouvez trouver, dans la boîte à métiers, les parcours de formation permettant d'accéder à ces métiers :

- Bactériologiste (PF4, PF5)
- Chercheur en biotechnologie (PF4, PF5, PF6)
- Ingénieur en agronomie (PF1, PF15)



Pour plus d'informations, consultez les fiches métiers sur le site metiers.siep.be.



Vous pouvez également découvrir ces métiers dans la Technosphère 2.0 lors de la construction de la station d'épuration et lors de l'analyse de la qualité de l'eau.

(1) Lister ces propositions soit sur le tableau, soit au niveau individuel.

(2) Demander aux élèves d'apporter de la matière qu'ils pensent retrouver dans leurs eaux usées, et les utiliser comme matériel pour l'expérience.



RESSOURCES PÉDAGOGIQUES :

- **Ouest-France. Sept déchets à ne surtout pas jeter dans les toilettes [en ligne].**
Disponible sur : <https://www.ouest-france.fr/leditiondusoir/data/34529/reader/reader.html#!preferred/1/package/34529/pub/49855/page/18> (27/05/2019)
- **Wikipédia. Matière organique [en ligne].**
Disponible sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/Mati%C3%A8re__organique (27/05/2019)
- **Futura planète. Bactéries dévoreuses de plastique : quelles solutions ? [en ligne].**
Disponible sur : <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/bacteries-bacteries-devoreuses-plastique-solutions-9812/> (27/05/2019)
- **AIDE. Assainissement collectif [en ligne].**
Disponible sur : <https://www.aide.be/epuration/assainissement-collectif> (27/05/2019)
- **SPGE. Fonctionnement d'une station d'épuration [en ligne].**
Disponible sur : <http://www.spge.be/fr/fonctionnement-d-une-station-d-epuration.html?IDC=1296&IDD=1877> (27/05/2019)
- **Ministère de l'agriculture et de la pêche. Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration : origines et solutions [en ligne].**
Disponible sur : <http://www.fndae.fr/documentation/PDF/fndae33.pdf> (27/05/2019)
- **1H2O3. Bactéries et micro-organismes Bénéfiques et applications pour le traitement de l'eau [en ligne].**
Disponible sur : www.1h2o3.com/apprendre/bacteries-et-micro-organismes (27/05/2019)
- **Pédagogie Nantes. Flore d'intérêt industriel [en ligne].**
Disponible sur : https://www.pedagogie.ac-nantes.fr/medias/fichier/flores-industrielles-diapo-vsitaec__1493307299879-pdf (27/05/2019)
- **CAIRN.INFO. Les résidus de médicaments présentent-ils un risque pour la santé publique ? [en ligne].** Disponible sur : <https://www.cairn.info/revue-sante-publique-2010-3-page-325.htm> (27/05/2019)

POUR ALLER PLUS LOIN :

- **Megatech. Microorganisms and their role in the activated-sludge process [en ligne].**
Disponible sur : <http://www.megatech-multi.com/WWTP.htm> (27/05/2019)
- **Degrémont Suez, Mémento technique de l'eau**
- Tome 1, 2005, 785p.
- **Edeline, L'Épuration biologique des eaux - Théorie et technologie des réacteurs,**
CEBEDOC, 1997, 303p.
- **CEDUS, Cultures sucre. Propriétés chimiques et physiques du saccharose : [en ligne].**
Disponible sur : https://www.sucre-info.com/content/uploads/2005/04/proprietes__saccharose.pdf (27/05/2019)



OUTIL PÉDAGOGIQUE 1 : RECONSTITUTION D'UNE EAU USÉE

Que peut-on retrouver dans tes eaux usées (eaux de cuisine, eaux de salle de bain, eaux des toilettes) ?

Classe les diverses matières citées en deux catégories : organiques et non-organiques

Classe les diverses matières citées en deux catégories : biodégradables et non biodégradables

Est-ce que toutes les matières organiques sont biodégradables ? Justifie ta réponse.



OUTIL PÉDAGOGIQUE 2 : MODE OPÉRATOIRE ET OBSERVATIONS : ÉPURATION DES EAUX USÉES

Matériel :

- Un grand bocal ou un bécher (2L) rempli d'eau
- De l'huile culinaire
- Un fond de jus de pomme
- Un poireau ou légume équivalent dont les racines sont pleines de terre
- Un pain de savon solide
- Des petits morceaux de matière organique végétale (eau de cuisson de pommes de terre avec petits morceaux, etc.)
- Un rouleau de papier toilette
- Ou les différentes matières apportées par les élèves

Mode opératoire :

- Remplis le grand bocal d'eau et ajoute un des déchets apportés par les élèves ou un de ceux cités ci-dessus. Recommence l'expérience avec tous les déchets à ta disposition.

Observations :

.....

.....

.....

Quelles sont les étapes d'épuration des eaux usées résiduaires urbaines (eaux provenant des activités domestiques normales) ?

.....

.....

.....

.....

Comment peut-on procéder pour enlever les matières organiques dissoutes ?

.....

.....

.....

.....



OUTIL PÉDAGOGIQUE 3 : RECONSTITUTION D'UNE EAU USÉE : CORRECTIF

Que peut-on retrouver dans tes eaux usées (eaux de cuisine, eaux de salle de bain, eaux des toilettes) ?

A titre d'exemple, sans être exhaustif :

- Eaux de cuisine : restes de nourriture, graisses, détergents, terre, morceaux de plastique...
- Eaux de salle de bain : savon, cheveux, poudre à lessiver, bijou (tombé par accident par exemple), coton tige, fil dentaire, lentilles...
- Eaux des toilettes : fèces, urine, papier toilette, produits d'entretien, médicaments, tampon, mégot...

Classe les diverses matières citées en deux catégories : organiques et non-organiques.

Matières organiques	Matières non-organiques
restes de nourriture	terre
graisses	morceau de plastique
détergents	bijou
savon	coton tige
cheveux	tampon
poudre à lessiver	fil dentaire
fèces	lentilles
urine	mégot
papier toilette	
produits d'entretien	
médicaments	

OUTIL PÉDAGOGIQUE 3 : RECONSTITUTION D'UNE EAU USÉE : CORRECTIF

Classe les diverses matières citées en deux catégories : biodégradables et non biodégradables

Matières Biodégradables	Matières Non-Biodégradables
restes de nourriture	détergents
graisses	terre
détergents	morceau de plastique
savon	savon
poudre à lessiver	cheveux
fèces	poudre à lessiver
urine	bijou
papier toilette	coton tige
produits d'entretien	fil dentaire
médicaments	lentilles
	papier toilette
	produits d'entretien
	médicaments
	tampon
	mégot

Est-ce que toutes les matières organiques sont biodégradables ? Justifie ta réponse.

La matière organique est par opposition à la matière minérale, de la matière fabriquée par les êtres vivants, organisée à partir d'eau et de matières carbonées. Elle évolue rapidement au sein de cycles mis en œuvre dans les écosystèmes en passant par des étapes de décomposition et de synthèse.

Il est possible de créer artificiellement des composés organiques qui ne sont pas présents dans la nature, notamment à partir de pétrole (ex : plastiques). Certains de ces produits sont très peu biodégradables (cycle de décomposition très long) et nuisent aux cycles naturels de la biomasse⁽¹⁾.

La biodégradation est la dégradation de la matière par les organismes vivants. Pour être assimilés, les composés organiques doivent entrer en contact avec les bactéries. La vitesse d'assimilation des matières organiques dissoutes dépend directement du type de molécule et de leur caractère biodégradable.

Donc non, toutes les matières organiques ne sont pas biodégradables.

Exemples : certains médicaments, la plupart des matières plastiques issues de la pétrochimie (remarque : il y a des pistes de révolution dans ce domaine⁽²⁾).

(1) https://fr.wikipedia.org/wiki/Mati%C3%A8re_organique

(2) Pour en savoir plus sur les bactéries « dévoreuses » de plastique : <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/bacteries-bacteries-devoreuses-plastique-solutions-9812/>



OUTIL PÉDAGOGIQUE 4 : MODE OPÉRATOIRE ET OBSERVATIONS : ÉPURATION DES EAUX USÉES : CORRECTIF

OBSERVATIONS :

Après un moment, l'huile remonte à la surface. Les éléments grossiers et les particules en suspension tombent dans le fond du récipient. L'eau est trouble, de par les matières organiques dissoutes présentes qui colorent le milieu.

Quelles sont les étapes d'épuration des eaux usées résiduaires urbaines (eaux provenant des activités domestiques normales⁽³⁾)?

Le dégrillage : les eaux sales passent au travers de plusieurs grilles qui retiennent et enlèvent les plus gros déchets.

Le déshuilage : les huiles et graisses flottantes sont récupérées en surface d'un bassin.

Le dessablage : les sables et graviers plus lourds se déposent au fond de ce même bassin.

(Traitement primaire : décantation des matières solides en suspension dans l'eau.

Dans certaines stations, les eaux peuvent reposer plus de deux heures dans un grand bassin appelé décanteur primaire.)

Traitement secondaire (biologique) : les eaux pénètrent ensuite dans le bassin d'aération, appelé aussi réacteur biologique.

Des organismes microscopiques appelés bactéries vivent dans les eaux sales. Ceux-ci peuvent être libres, on parle alors de « boues activées », ou fixées sur un substrat, on parle alors de « lit bactérien » ou de « bio-disques ». Stimulées par de petites bulles d'air envoyées au travers du bassin, ces bactéries se nourrissent de la pollution et poursuivent ainsi la purification des eaux.

Les eaux sont ensuite transférées dans le bassin de décantation secondaire (= clarification).

Les boues formées par l'élimination de la pollution par les bactéries retombent au fond du décanteur où elles se concentrent. Ces boues sont ensuite évacuées pour un traitement approprié.

Dans les stations d'épuration de plus de 10 000 m³, on doit faire passer une ou plusieurs fois les eaux dans ces bassins de traitement bactérien. Cela a pour but de diminuer la concentration d'azote et de phosphore dans les eaux.

Fin du traitement : l'eau, maintenant assainie, est rejetée en rivière.

Attention, l'eau épurée n'est pas potable, elle contient des quantités non-négligeables de micro-organismes ayant participé à l'épuration. C'est une eau de qualité satisfaisante pour l'éco-système qui dépend de la rivière où elle est rejetée car ces micro-organismes seront naturellement éliminés dans le cours d'eau sous l'action des rayons ultra-violet, des prédateurs... Si l'eau rejetée se trouve en amont d'une zone de baignade, les eaux épurées devront subir un traitement complémentaire de désinfection (ultra-violet ou lagune de finition...) afin de diminuer la quantité de micro-organismes rejetés.

Traitement des boues : elles proviennent des décanteurs primaires et secondaires. Ces boues peuvent être utilisées comme engrais dans l'agriculture sinon elles sont incinérées. Elles peuvent subir un traitement destiné à les assécher (pressage, essorage, etc.).

Comment peut-on procéder pour enlever les matières organiques dissoutes ?

Les procédés physiques ne fonctionnent pas (dégrillage, décantation...). On passe par des procédés biologiques qui font intervenir des micro-organismes (principalement des bactéries), capables de dégrader la matière organique dissoute pour couvrir leurs besoins métaboliques.

(3) Sites de la SPGE et de l'AIDE, <https://www.aide.be/epuration/assainissement-collectif>;
<http://www.spge.be/fr/fonctionnement-d-une-station-d-epuration.html?IDC=1296&IDD=1877>



OUTIL PÉDAGOGIQUE 5 : DÉCOUVERTE DES MICRO-ORGANISMES

Classe et nomme ces différents organismes en procaryotes (bactéries), eucaryotes unicellulaires (protozoaires) et pluricellulaires (rotifères, vers, insectes)

Les photos ci-dessous sont proposées à titre d'exemple.

Photo 1



Photo 2



Photo 3

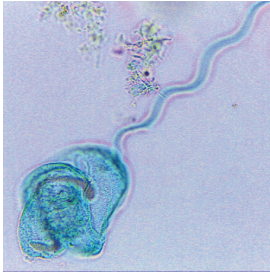


Photo 4

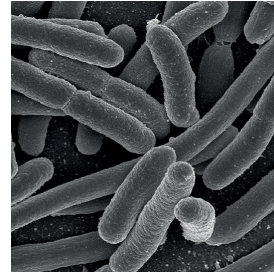


Photo 5

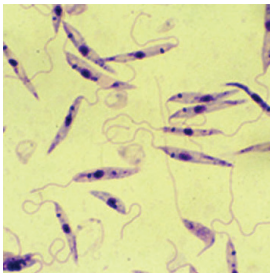


Photo 6

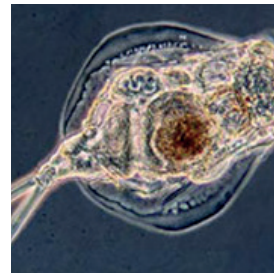


Photo 7



Photo 8

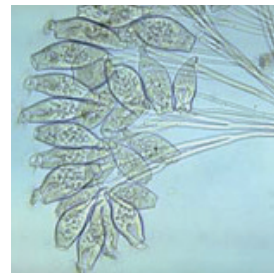


Photo 9



Photo 10



OUTIL PÉDAGOGIQUE 5 : DÉCOUVERTE DES MICRO-ORGANISMES

Photo 11

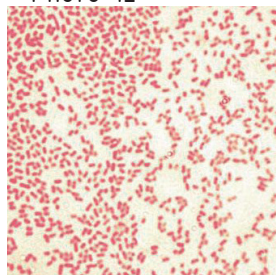


Photo 12

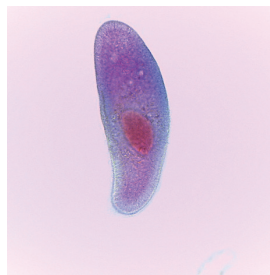


Photo 13

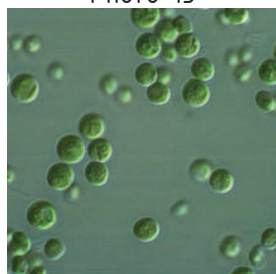


Photo 14



Photo 15



Parmi les organismes ci-dessus, lesquels contribuent à la biodégradation des matières organiques dissoutes (MOD)? Qui est prédateur d'autres organismes présents, quel lien existe entre ces organismes vivants ?

.....

.....

.....

Reconstitue une chaîne trophique des espèces présentes dans un lit bactérien à l'aide des photos en annexe.

.....

.....

Quels sont les 4 grands types de traitement biologique qui peuvent se retrouver dans les stations d'épurations ?

.....

.....

.....



OUTIL PÉDAGOGIQUE 6 : DÉCOUVERTE DES MICRO-ORGANISMES : CORRECTIF

Classe et nomme ces différents organismes en procaryotes (bactéries), eucaryotes unicellulaires (protozoaires) et pluricellulaires (rotifères, vers, insectes).

N° photo	micro-organismes	Caractéristiques	Références/sources
1	Eucaryotes - Protozoaire Cilié <i>Chilodonella uncinata</i>	Présent en boues activées	https://en.wikipedia.org/wiki/Chilodonella_uncinata
2	Eucaryotes - Rotifère <i>Lecane sp.</i>	Métazoaire présent en boues activées	https://www.flickr.com/photos/microagua/3658017532?ytcheck=1&new_session=1
3	Eucaryotes - Protozoaire Pédonculé - Vorticelle <i>Vorticella sp. (Grossissement 40X)</i>	Vit en eau douce, fixé aux pierres ou aux plantes (pourrait être présent en lagune tertiaire par ex.)	HEPL
4	Procaryotes <i>Escherichia coli</i>	Bactérie en bâtonnet (« bacille »), très commune dans les intestins chez l'homme. Fermente le glucose. Certaines souches sont pathogènes	https://fr.wikipedia.org/wiki/Bact%C3%A9rie#/media/File:EscherichiaColi_NIAID.jpg
5	Eucaryotes - Protozoaire Flagellé - Leishmania sp.	Parasite des mammifères transmis par la piqûre de phlébotomes et responsable d'une maladie, la leishmaniose. Pas présent en STEP ⁽⁴⁾ mais illustre les protozoaires flagellés.	https://www.biologycorner.com/lesson-plans/phyta/kingdom-protista/
6	Eucaryotes - Rotifère <i>Lecane sp.</i>	Métazoaire présent en boues activées	http://www.megatech-multi.com/WWTP.htm
7	Eucaryotes - Protozoaire Flagellé - Euglène <i>Euglena sp.</i>	Surtout présent en eau douce riche en nutriment, pas en STEP mais illustre Protozoaire flagellé (et avec chloroplastes)	http://www.junglekey.fr/search.php?query=Euglena&type=image&lang=fr&region=fr&img=1&adv=1
8	Eucaryotes - Protozoaire Pédonculé - Vorticelle <i>Opercularia sp.</i>	Colonie en bouquet, présent en boues activées	http://www.megatech-multi.com/WWTP.htm
9	Eucaryotes - Arthropodes - Insectes <i>Psychoda sp. (stade larvaire)</i>	Diptère qui peut pondre sur biofilm (lit bactérien)	https://diptera.info/forum/viewthread.php?thread_id=79028
10	Eucaryotes - Arthropodes - Insectes <i>Psychoda sp. (stade adulte)</i>	Diptère qui peut pondre sur biofilm (lit bactérien)	https://www.flickr.com/photos/aisse_gaertner/9548910181?ytcheck=1&new_session=1https://images.search.yahoo.com/search/images;_ylt=AwrE1x5uTlfcZ_QA1opXNyoA;_ylu=X3oDMTB0N2Noc2l1BGNvbG80YmYxBHBvcwMxBH-Z0aWQDBHNLyWnwaXZz?p=Psychoda&fr2=piv-web&fr=m-cafee_uninternational#id=18&iurl=https%3A%2F%2Fdiptera.info%2Fforum%2Fattachments%2F17d25a__3.jpg&action=click
11	Procaryotes Bactéries Gram - <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Bacille de coloration rouge-rosé. Aérobie stricte, dégrade les sucres par voie oxydative. Peut être présent et participer au procédé d'épuration biologique	https://en.wikipedia.org/wiki/Gram-negative_bacteria#/media/File:Pseudomonas_aeruginosa_Gram.jpg
12	Eucaryotes - Protozoaire Cilié - Paramécie <i>Paramecium sp. (Grossissement 40X)</i>	Différents milieux dont eaux douces, stagnantes. Illustre les Ciliés	HEPL
13	Eucaryotes - Protistes végétaux - Algues vertes <i>Chlorella vulgaris</i>	Types d'organismes peu présents en boues activées mais très présents en lagunage, mais aussi en surface des lits bactériens	https://sites.google.com/site/lesalguesunesourcedenergie/conc
14	Eucaryotes - Métazoaires - Amphibiens Grenouille rousse <i>Rana temporaria</i>	Intrus	https://fr.wikipedia.org/wiki/Grenouille_rousse#/media/File:Grasfrosch-Rana-temporaria-side.jpg (H. Krisp, 2011)
15	Eucaryotes - Métazoaires <i>Eiseniella tetraedra</i>	Annélide Oligochète (Lumbricidae). Présent en lit bactérien, se nourrit du biofilm	http://www.biogeociencias.com/zoologia/2007_09_15/3514%20Eiseniella%20tetraedra%20Lumbricidae.jpg

(4) STEP = station d'épuration

OUTIL PÉDAGOGIQUE 6 : DÉCOUVERTE DES MICRO-ORGANISMES : CORRECTIF

Parmi les organismes ci-dessus, lesquels contribuent à la biodégradation des matières organiques dissoutes (MOD)? Qui est prédateur d'autres organismes présents ? Quel lien existe entre ces organismes vivants ?

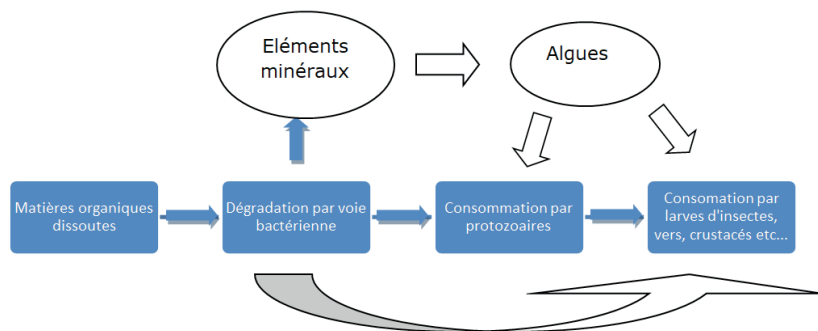
Ce sont principalement des bactéries hétérotrophes (ex : Pseudomonas) et certains protozoaires (flagellés notamment) qui contribuent à la biodégradation des MOD en présence d'oxygène.

A l'inverse, d'autres protozoaires (dont des Ciliés), sont quant à eux prédateurs des bactéries épuratrices. Tout comme certains rotifères, certains vers (Eiseniella) ou encore larves d'insectes (Psychoda) qui se nourrissent également de ces bactéries, principalement des bactéries isolées, non agrégées en bioflocs (biomasse libre) ou en biofilm (biomasse fixée). Leur action a un effet positif sur la clarté de l'eau (diminution des particules en suspension).

Quant aux algues, elles sont présentes s'il y a de la lumière (organismes photosynthétiques) c'est-à-dire sur le dessus des lits bactériens ou dans les bassins de lagunage (si pas trop profonds). Elles ne participent pas à la biodégradation en tant que telle car il s'agit d'organismes autotrophes. Elles se développent à partir des éléments minéraux issus de la biodégradation des matières organiques dissoutes (MOD) par la biomasse épuratrice. Par contre, elles rejettent de l'oxygène (résultat de la photosynthèse) dans l'eau, nécessaire au fonctionnement des bactéries épuratrices. Ces algues peuvent également être consommées par d'autres organismes (rotifères, vers, crustacés...).

La grenouille est un intrus ici... elle ne participe pas du tout à la biodégradation des MOD. Dans un écosystème naturel, elle se positionnerait en tant que prédateur d'autres organismes, eux-mêmes potentiellement prédateurs d'organismes épurateurs, mais ce n'est pas le cas ici dans un contexte « contrôlé » d'épuration des eaux.

Reconstitue une chaîne trophique des espèces présentes dans un lit bactérien à l'aide des photos en annexe.



Quels sont les 4 grands types de traitement biologique qui peuvent se retrouver dans les stations d'épurations ?

- **Boues activées** : les bactéries se nourrissant de la pollution dissoute s'agglomèrent sous forme de flocs temporairement en suspension dans un bassin aéré (par diffusion d'air à l'aide d'un surpresseur) avant d'être décantées.
- **Biodisques** : Les micro-organismes se développent, en biofilm, sur un support synthétique partiellement immergé tournant autour d'un axe. Ce système permet une immersion en alternance, fournissant ainsi l'oxygène nécessaire à l'épuration.
- **Lits bactériens** : les micro-organismes se développent également en biofilm, sur des supports sur lesquels l'eau usée ruisselle à partir de rampes rotatives. L'air est amené depuis des ouvertures présentes sous le lit bactérien.
- **Lagunages et filtres plantés** : Les micro-organismes épurateurs se développent soit sur des supports minéraux soit en suspension dans les bassins. Des aérateurs de surface complètent parfois les apports en oxygène diffusant depuis l'air vers le milieu aquatique.



OUTIL PÉDAGOGIQUE 7 : MODE OPÉRATOIRE : EXPÉRIMENTER L'ACTIVITÉ BACTÉRIENNE

Matériel :

- Une série d'Erlenmeyers (au moins 4) ou de bocaux
- Du film plastique et des élastiques (ou des couvercles hermétiques adaptés aux bocaux).
- Des bactéries non pathogènes (vous pouvez acquérir, par exemple, des gélules de probiotiques contenant des *Lactobacillus*)
- De l'eau désionisée (ou distillée)
- Du sucre (saccharose)
- Un aérateur d'aquarium (ou un agitateur magnétique)
- Un papier indicateur de pH ou, à défaut, du jus de chou rouge obtenu suivant le protocole en annexe.
- Des pipettes propres (pour prélever un échantillon des solutions)
- Un solvant (type White Spirit ou thinner)
- Un marqueur indélébile
- Un thermomètre pour mesurer la température de l'air

Mode opératoire :

- Sur une table propre verse 300 mL d'eau désionisée dans les 4 Erlenmeyers numérotés. Indique sur le premier « Témoin », sur le deuxième « Eau aérée », sur le troisième « Eau en anaérobiose » et sur le quatrième « solvant ».
- Verse dans les flacons 2, 3 et 4 : 4-5 cuillères à café de saccharose et fais dissoudre complètement le sucre dans l'eau par un mouvement de rotation.
- Ajoute dans les 4 récipients des bactéries (1 gélule par Erlenmeyer). Agite.
- Mets dans le quatrième flacon 5 cuillères à soupe de solvant. Ferme hermétiquement.
- Place les Erlenmeyers dans une armoire à l'abri de la lumière, et à température ambiante. Indique la température (idéalement au-dessus de 20°C).
- Mesure le pH des 4 solutions à l'aide de l'indicateur coloré à partir d'un prélèvement d'un échantillon (pour ne pas colorer toute la solution).
- Place l'Erlenmeyer « Témoin » en première position, ferme, à l'aide d'un microfilm serré ou d'un couvercle ajusté.
- Place le deuxième Erlenmeyer dans l'armoire en plaçant l'aérateur/l'agitateur de façon à ne pas faire déborder le dispositif.
- Ensuite, place les troisième et quatrième récipients avec couvercle ou film étanche.



OUTIL PÉDAGOGIQUE 8 : OBSERVATIONS ET INTERPRÉTATIONS : L'ACTIVITÉ BACTÉRIENNE

A la mise en route de l'expérience :

1. Note le nom des bactéries présentes dans les gélules. Vérifie s'il s'agit de bactéries aérobies ou anaérobies.

2. A ton avis, que va devenir le sucre dissous dans l'eau, dans les 3 récipients ? Emets une hypothèse.

3. Pour quelle(s) raison(s) faut-il placer les récipients dans l'obscurité ?

Après 48h minimum, voire 1 semaine :

4. Quelle est la couleur de l'indicateur pour chacune des solutions ? Quel est la valeur de pH correspondante ?

5. Y a-t-il d'autres modifications (couleur, dépôts flottants, biofilms) éventuels ?

6. L'une des solutions au moins montre une acidification. Emets une hypothèse de ce qu'est devenu le sucre dans le cas de l'utilisation de bactéries lactiques.

7. Si toutes les solutions présentent des modifications de pH ou d'aspect, émets des hypothèses pouvant expliquer les résultats, en tenant compte des points suivants :
(L'eau et les Erlenmeyers sont-ils stériles ? Les conditions de mise en œuvre sont-elles respectées ? Des bactéries ou des levures pourraient-elles coloniser la solution depuis l'air ambiant ou les mains ? L'Erlenmeyer contenant le solvant présente-t-il une activité biologique ?)

8. Fais la synthèse de l'expérimentation à l'aide de schémas annotés.

9. De quelle manière les bactéries ajoutées ont-elles pu influencer l'acidité du milieu ?

10. A ton avis, dans quels types de stations ou dans quels endroits d'une station d'épuration trouvera-t-on des colonies de bactéries anaérobies ?

11. Si tu vides le contenu des erlenmeyers dans l'évier ou les toilettes, que deviendront les bactéries présentes ? Rejoindront-elles une station d'épuration ? Peut-on jeter à l'évier tous les contenus, y compris le solvant contenu dans l'erlenmeyer ? Quelles en seraient les conséquences ?

Remarques :

La solution contenant le solvant est devenue un déchet toxique et doit être amené au parc à conteneurs.

Veuillez noter que lorsque l'on met en culture des micro-organismes, il convient de prendre des précautions lors des manipulations et de l'évacuation des solutions (évités les projections vers les yeux par le port de lunettes, lavez-vous les mains après manipulation, etc.) En effet, si les souches de bactéries issues de gélules probiotiques utilisées ne doivent pas poser de problème de santé, certaines bactéries provenant des manipulateurs humains peuvent être pathogènes...

Une inactivation après expérimentation doit pouvoir éliminer tout risque biologique pour la santé humaine. Pour les déchets biologiques liquides, on utilise habituellement l'autoclavage (destruction des bactéries par vapeur et pression) ou la désinfection chimique (à l'eau de Javel pour les solutions faiblement concentrées ou de petits volumes d'agents bactériens).

Veuillez consulter la législation relative aux déchets pour toute précision

(<http://environnement.wallonie.be/legis/dechets/degen019.htm>).



OUTIL PÉDAGOGIQUE 9 : OBSERVATIONS ET INTERPRÉTATIONS : L'ACTIVITÉ BACTÉRIENNE : CORRECTIF

A la mise en route de l'expérience :

1) Note le nom des bactéries présentes dans les gélules. Vérifie s'il s'agit de bactéries aérobies ou anaérobies.

Dans les probiotiques en gélule du commerce, on retrouve la présence de bactéries, par exemple :

- Lactobacillus plantarum
- Lactobacillus helveticus
- Lactobacillus rhamnosus
- Bifidobacterium longum
- Bifidobacterium animalis ssp. lactis
- Bifidobacterium breve
- Streptococcus thermophilus

Certaines souches de bactéries lactiques sont strictement anaérobies (cas du Genre Bifidobacterium), d'autres tolérantes à l'oxygène.

2) A ton avis, que va devenir le sucre dissous dans l'eau, dans les 3 récipients ? E mets une hypothèse.

Le saccharose mis en solution est utilisé comme source d'énergie par les bactéries.

- Dans le récipient 1 témoin : pas de bactérie, donc pas de dégradation du sucre
- Dans le récipient 2 aéré : dégradation du sucre par les bactéries aérobies
- Dans le récipient 3 non aéré : dégradation du sucre par les bactéries anaérobies
- Dans le récipient 4 : inactivation des bactéries par le solvant donc pas de dégradation du sucre

3) Pour quelle(s) raison(s) faut-il placer les récipients dans l'obscurité ?

Le fait de placer les récipients dans l'obscurité inhibe tout risque d'interface ou de perturbation du phénomène à observer, lié à la présence éventuelle d'organismes photosynthétiques (algues principalement), qui risqueraient de perturber le phénomène à observer en apportant de l'oxygène par exemple.

Après 48h minimum, voire 1 semaine :

4) Quelle est la couleur de l'indicateur pour chacune des solutions ?

Quelle est la valeur de pH correspondante ?

Si dégradation du sucre → acidification du milieu → l'indicateur « chou rouge » devrait changer de couleur et virer vers le rose ; sinon, pH plus acide que lors du prélèvement initial.

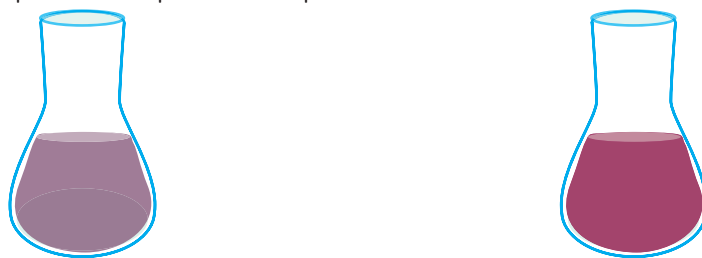


Illustration : Témoin à gauche, Erlenmeyer présentant une solution acidifiée à droite (indicateur : jus de chou rouge).

Donc, normalement, pas de changement dans les récipients 1 et 4. Dans les récipients 2 et 3, cela dépendra du type de bactéries en présence.

5) Y a-t-il d'autres modifications (couleur, dépôts, flottants, biofilms éventuels) ?

Là où il y a eu développement bactérien (conversion du substrat sucré en nouvelles bactéries), apparition d'un milieu trouble → normalement dans les récipients 2 et/ou 3. Les récipients 1 et 4 devraient rester clairs.

En absence d'agitation, il est possible de voir un dépôt sous forme de voile laiteux dans le fond du récipient. Il s'agit des colonies de bactéries qui ont proliféré.

Il est possible d'observer des moisissures à la surface du liquide par contamination du milieu.

OUTIL PÉDAGOGIQUE 9 : OBSERVATIONS ET INTERPRÉTATIONS : L'ACTIVITÉ BACTÉRIENNE : CORRECTIF

6) L'une des solutions au moins montre une acidification. Emets une hypothèse de ce qu'est devenu le sucre dans le cas de l'utilisation de bactéries lactiques.

Les gélules de probiotiques contiennent, en nombre élevé, des bactéries lactiques, présentes au niveau des muqueuses animales. Ce genre bactérien est capable de **fermenter les glucides à l'abri de l'oxygène**, en produisant, entre autres, de l'acide lactique ($\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$).

Cette production d'**acide lactique** peut être accompagnée d'**acide acétique**, d'**acide formique**, en quantité variable, en fonction des types de sucres disponibles et des espèces concernées, ce qui va avoir pour effet d'augmenter l'acidité du milieu (et explique la variation de couleur de l'indicateur coloré). Il peut également y avoir production de gaz carbonique et d'éthanol.

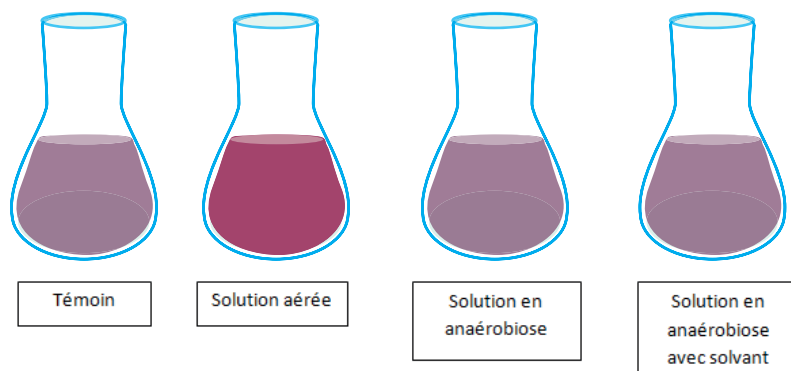
7) Si toutes les solutions présentent des modifications de pH ou d'aspect, émets des hypothèses pouvant expliquer les résultats, en tenant compte des points suivants :

(L'eau et les Erlenmeyers sont-ils stériles ? Les conditions de mise en œuvre sont-elles respectées ? Des bactéries ou levures pourraient-elles coloniser la solution depuis l'air ambiant ou les mains ? L'Erlenmeyer contenant le solvant présente-t-il une activité biologique ?)

Les manipulations n'ont pas été réalisées en conditions stériles. Des bactéries ou d'autres organismes (levures) peuvent être amenées via l'air, la verrerie, les mains des opérateurs, ou encore l'eau utilisée. Le sucre étant très facilement biodégradable, ces micro-organismes pourraient également se développer, avec pour conséquence, une acidification dans les récipients où normalement ce phénomène ne devrait pas se produire.

Fermer le récipient avec le solvant empêche ce dernier de s'évaporer. Si le récipient n'est pas bien fermé, le solvant n'est plus présent. Cela pourrait donc permettre aux bactéries de se développer.

8) Fais la synthèse de l'expérimentation à l'aide de schémas annotés.



9. De quelle manière les bactéries ajoutées ont-elles pu influencer l'acidité du milieu ?

Le saccharose mis en solution a été utilisé comme source énergétique dans le métabolisme microbien. Le saccharose est un sucre extrêmement soluble dans l'eau et fermentescible par les micro-organismes. Il est formé d'une molécule de fructose et d'une molécule de glucose. Il est utilisé, dans le cadre de cette expérience, pour simuler les matières organiques dissoutes dans une eau usée.

Les gélules de probiotiques contiennent ainsi, en nombre élevé, des bactéries lactiques, bactéries présentes au niveau des muqueuses animales. Ce genre bactérien est capable de **fermenter les glucides à l'abri de l'oxygène**, en produisant, entre autres, de l'acide lactique ($\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$).

Cette production d'**acide lactique** peut être accompagnée d'**acide acétique**, d'**acide formique**, en quantité variable, en fonction des types de sucres disponibles et des espèces concernées, ce qui va avoir pour effet d'augmenter l'acidité du milieu (et explique la variation de couleur de l'indicateur coloré). Il peut également y avoir production de gaz carbonique et d'éthanol.

OUTIL PÉDAGOGIQUE 9 : OBSERVATIONS ET INTERPRÉTATIONS : L'ACTIVITÉ BACTÉRIENNE : CORRECTIF

10) À votre avis, dans quels types de stations où dans quels endroits d'une station d'épuration trouvera-t-on des colonies de bactéries anaérobies ?

Dans les eaux usées, en fonction du type de station, on favorisera des bactéries utilisant l'oxygène de façon différente. On distingue les bactéries :

- aérobies,
- anaérobies,
- et anaérobies facultatives.

Dans un lagunage : les bactéries aérobies se développent en surface et les anaérobies dans les vases du fond. En boues activées, on note une déphosphatation et une dénitrification biologique parallèlement à l'épuration sur les matières carbonées, via des bactéries aérobies et anaérobies facultatives, placées successivement en conditions d'anaérobie, d'anoxie puis d'aérobie.

Mais globalement, l'épuration biologique repose sur l'activité de bactéries aérobies.

11) Si tu vides le contenu des erlenmeyers dans l'évier ou les toilettes, que deviendront les bactéries présentes ? Rejoindront-elles une station d'épuration ? Peut-on jeter à l'évier tous les contenus, y compris le solvant contenu dans l'erlenmeyer ? Quelles en seraient les conséquences ?

De par nos habitudes alimentaires et de vie, nous rejetons des eaux usées contenant divers substrats biodégradables ou non, et différentes bactéries qui vont fournir aux stations d'épuration la biomasse épuratrice nécessaire au procédé d'épuration biologique.

Toutes les matières organiques ne sont cependant pas biodégradables. A la sortie des stations, subsistera donc une part de pollution qui n'aura pas été dégradée biologiquement (certaines molécules médicamenteuses notamment) → ne pas jeter les médicaments dans les toilettes ! Il est donc capital de rappeler qu'on ne doit pas jeter n'importe quelle substance à l'évier : les médicaments, les solvants, les hydrocarbures et autres produits toxiques (qui détruisent la flore bactérienne, dont celles participant au processus d'épuration des eaux usées) doivent être déposés dans les parcs à conteneurs et éliminés via des procédés adaptés⁽⁵⁾.

(5) Des compléments d'information à ce sujet sont consultables dans la référence : Haguenoer Jean-Marie (2010). Les résidus de médicaments présentent-ils un risque pour la santé publique ? in Santé publique (Vol.22), p 325 à 342 (voir sur le site : <https://www.cairn.info/revue-sante-publique-2010-3-page-325.htm>)



OUTIL PÉDAGOGIQUE 10 : SYNTHÈSE

1) L'épuration biologique

Actuellement, tous les procédés biologiques appliqués au traitement des eaux usées sont des procédés aérobies, c'est-à-dire qu'ils vont encourager le développement de micro-organismes utilisant l'oxygène de l'air pour décomposer la matière organique dissoute dans les eaux usées. Une station d'épuration permet ainsi d'accélérer le processus se déroulant naturellement dans les rivières (processus nommé auto-épuration). En effet, les quantités de polluants rejetées sont beaucoup trop conséquentes pour être dégradées uniquement par les organismes de nos cours d'eau : sans stations, ils seraient asphyxiés⁽⁶⁾!

Le traitement biologique en station permet également de limiter la diffusion de maladies en favorisant le développement de bactéries utiles au détriment des espèces pathogènes. Une station d'épuration constitue donc un élevage de micro-organismes épurateurs vivant en communauté.

Plusieurs types de micro-organismes sont présents dès l'entrée en station d'épuration : ils accompagnent les eaux usées. On note ainsi la présence de :

- Virus
- Bactéries
- Algues
- Champignons
- Protozoaires
- Rotifères

Dans les systèmes d'épuration par lits bactériens, on peut même noter la présence de vers (ex : *Eiseniella tetraedra*) ou de larves de mouches (ex : *Psychoda*) (Edeline, 1997). Parmi ces micro-organismes, certains vont contribuer davantage à la décomposition des matières biodégradables (notamment les bactéries).

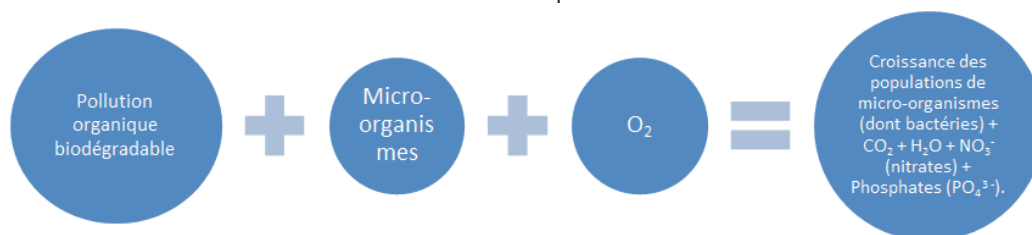
En réalité, c'est l'organisation en réseau trophique complexe qui permettra d'aboutir à une épuration optimale, non une seule espèce de bactéries ! Ces multiples espèces vont également permettre une certaine adaptation aux variations de matières organiques présentes dans les égouts.



Illustration : Floccs bactériens en suspension dans une boue activée

Un floc de boue activée est visible à l'œil nu. Il contient des cellules vivantes et mortes de bactéries, champignons, protozoaires et molécules issues du métabolisme bactérien.

Les micro-organismes diffèrent en fonction du type de station (lits bactériens, boues activées, biodisques, lagunages etc.) mais le mécanisme se base sur le schéma simplifié suivant :



L'épuration tertiaire utilise également les bactéries pour récupérer la plus grosse partie des nitrates et des phosphates et limiter ainsi les problèmes d'eutrophisation en aval de la station d'épuration.

(6) Pour en savoir plus sur le fonctionnement global d'une station d'épuration, consultez le site de la SPGE (www.spge.be) ou celui de l'AIDE (www.aide.be).

Divers types de traitements biologiques des eaux usées :

Boues activées : les bactéries se nourrissant de la pollution dissoute s'agglomèrent sous forme de floccs temporairement en suspension dans un bassin aéré (par diffusion d'air à l'aide d'un surpresseur) avant d'être décantées.

Biodisques : les micro-organismes se développent en biofilm, sur un support synthétique partiellement immergé tournant autour d'un axe. Ce système permet une immersion en alternance, fournissant ainsi l'oxygène nécessaire à l'épuration.

Lits bactériens : les micro-organismes se développent également en biofilm, sur des supports sur lesquels l'eau usée ruisselle à partir de rampes rotatives. L'air est amené depuis des ouvertures présentes sous le lit bactérien.

Lagunages et filtres plantés : les micro-organismes épurateurs se développent soit sur des supports minéraux soit en suspension dans les bassins. Des aérateurs de surface complètent parfois les apports en oxygène diffusant depuis l'air vers le milieu aquatique.

Certains types de bactéries peuvent perturber le bon fonctionnement des stations. C'est le cas des bactéries filamenteuses provoquant un « foisonnement » gênant les opérations de décantation⁽⁷⁾.

2) Exemples de micro-organismes retrouvés en station d'épuration

Le type d'eau usée et sa composition, la température, le type de station, le type de réseau d'égouttage (amenant ou pas des eaux pluviales) sont des facteurs qui vont influencer les populations de micro-organismes d'une station.

Dans les stations traitant les eaux résiduaires urbaines, on trouvera le plus souvent des bactéries dites Gram négatif ou protéobactéries (entre 21 et 65 %), dont la classe la plus présente est celle des Betaproteobacteria.

D'autres bactéries complètent le travail⁽⁸⁾: Bacteroidetes, Acidobacteria et Chloroflexi. On y trouve encore des Tetrasphaera, Trichococcus, Candidatus, Microthrix, Rhodoferrax, Rhodobacter, Hyphomicrobium etc.

Degrémont Suez (2005) renseigne les genres suivants comme étant les principales bactéries flocculantes épuratrices des eaux résiduaires : Pseudomonas, Actinobacter, Arthrobacter, Alcaligenes, Zooglea, Citromonas, Flavobacterium, Achromobacter.

En présence d'ammoniaque et d'oxygène, les Genres Nitrosomonas et Nitrobacter sont présents (bactéries nitrifiantes).

Parmi les champignons, ce sont les Ascomycètes qui sont les plus abondants. Ils représentent de 6,3 à 7,4 % des micro-organismes.

Les archéobactéries sont également présentes (Euryarchaeota par exemple).

Enfin, dans un bassin à boues activées, un âge des boues élevé permet aux protozoaires et rotifères de coloniser le milieu.

(7) De nombreuses photos sont disponibles sur le document du GIS-Biostep. Dysfonctionnement biologique des stations d'épuration Cemagref FNDAE n °33 consultable sur le site français <http://www.fndae.fr/documentation/PDF/fndae33.pdf>

(8) Source : www.1h2o3.com/apprendre/bacteries-et-micro-organismes

OUTIL PÉDAGOGIQUE 10 : SYNTHÈSE

Les Protozoaires recensés dans une boue activée relèvent de 3 groupes différents, que l'on distingue notamment sur base de leurs appendices morphologiques et leur capacité à se mouvoir.

- Les Rhizopodes (Amibes et Thécamoebiens) : ne présentent pas d'appendice moteur particulier. Les genres en présence sont des indicateurs de la qualité de l'eau et du traitement (Degrémont Suez, 2005).
- Les Flagellés : caractérisés par la présence d'un flagelle très mobile qu'ils agitent devant eux, ils sont amenés par les eaux usées. Ils sont en compétition avec les bactéries pour la matière organique dissoute et disparaissent rapidement ou sont présents en petit nombre (Edeline, 1997).
- Les Ciliés : prédateurs, ces organismes se nourrissent de bactéries, surtout isolées. Sur base de leur comportement, on différencie :
 - o Les nageurs, qui vivent isolés et sont surtout présents au démarrage de l'installation (ex : *Chilodonella uncinata* (a), *Trachelophyllum pusillum* (d)) ;
 - o Les rampants, généralement isolés et qui se meuvent au sein des bioflocs grâce à des appendices ciliés appelés « cirres » (ex : *Aspidisca costata* (c))
 - o Les pédonculés ou sessiles, qui vivent en colonies, sous forme de bouquet, grâce à un pédoncule qui leur permet de se fixer aux bioflocs (ex : *Opercularia microdiscum* (b), *Carchesium polypinum* (e)).

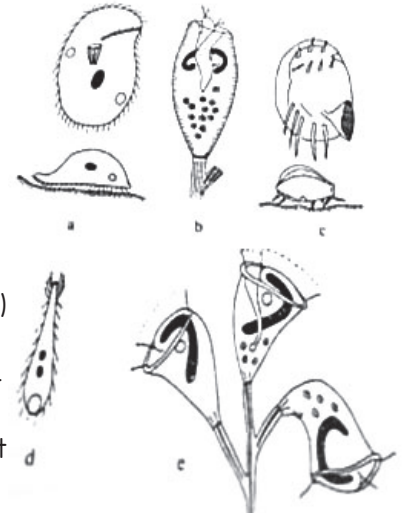
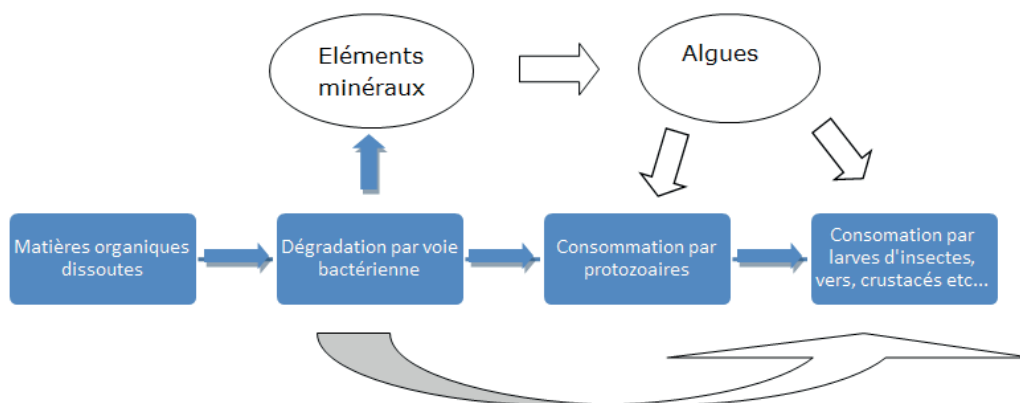


Illustration : Exemples de Protozoaires présents dans une installation à boues activées (Edeline, 1997).

Les Rotifères, appelés également Vermidiens de par leur morphologie, sont quant à eux des organismes pluricellulaires appartenant au Règne des Métazoaires.

La vie qui se développe dans une station d'épuration est classiquement qualifiée de biocénose bactérienne avec prédateurs car Rotifères et Protozoaires se nourrissent, pour certains genres, des bactéries présentes dans la liqueur mixte (eau usée + bioflocs), principalement celles qui ne sont pas agrégées en flocs. Cette prédation sur les bactéries dispersées contribue à la clarté finale de l'effluent (Edeline, 1997).

Exemple de chaîne trophique dans un milieu aquatique ou une station d'épuration



3) Classification des bactéries en fonction de leur aptitude à tolérer la présence d'oxygène (exemple des bactéries lactiques)

Dans les eaux usées, en fonction du type de station, on favorisera des bactéries utilisant l'oxygène de façon différente. On distingue les bactéries :

- aérobies,
- anaérobies,
- et anaérobies facultatives.

OUTIL PÉDAGOGIQUE 10 : SYNTHÈSE

Ainsi, dans un lagunage, on retrouvera les bactéries aérobies en surface et les anaérobies dans les vases du fond.

En boues activées, il est possible de réaliser une déphosphatation et une dénitrification biologique (traitement dit « tertiaire ») parallèlement à l'épuration sur les matières carbonées, en s'appuyant sur l'activité métabolique conjointe de bactéries aérobies et anaérobies facultatives, placées successivement en conditions d'anaérobiose, d'anoxie puis d'aérobiose.

Pour démontrer l'activité bactérienne sur les matières organiques dissoutes, l'expérience proposée suggère d'utiliser des bactéries lactiques – disponibles en gélules de probiotiques. Si ce ne sont pas ces espèces qui sont les plus représentées dans les stations d'épuration, elles ont l'avantage de n'être pas pathogènes – contrairement à des bactéries qui seraient récupérées directement en eaux usées.

Pour être assimilés, les composés organiques doivent entrer en contact avec les bactéries. En fonction de leur nature et de leur taille (poids moléculaire), ces molécules entreront à l'intérieur de la cellule bactérienne pour y être métabolisées ou seront préalablement décomposées en partie à l'extérieur de la cellule grâce à l'excrétion d'enzymes hydrolytiques. Des acides aminés, des sucres simples, certains acides gras seront directement assimilables. Les matières humiques seront plus lentement biodégradées. La vitesse d'assimilation des matières organiques dissoutes dépend donc directement du type de molécule et de leur caractère biodégradable.

Le saccharose mis en solution a été utilisé comme source énergétique dans le métabolisme microbien. Le saccharose est un sucre extrêmement soluble dans l'eau et fermentescible par les micro-organismes. Il est formé d'une molécule de fructose et d'une molécule de glucose. Il est utilisé, dans le cadre de cette fiche, pour simuler les matières organiques dissoutes dans une eau usée.

Les gélules de probiotiques contiennent ainsi, en nombre élevé, des bactéries lactiques, bactéries présentes au niveau des muqueuses animales. Ce genre bactérien est capable de **fermenter les glucides à l'abri de l'oxygène**, en produisant, entre autres, de l'acide lactique ($\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$).

Cette production d'**acide lactique** peut être accompagnée d'**acide acétique**, d'**acide formique**, en quantité variable, en fonction des types de sucres disponibles et des espèces concernées, ce qui va avoir pour effet d'augmenter l'acidité du milieu (et explique la variation de couleur de l'indicateur coloré). Il peut également y avoir production de gaz carbonique et d'éthanol.

Certaines souches de bactéries lactiques sont strictement anaérobies (cas du Genre Bifidobacterium), d'autres tolérantes à l'oxygène.

Pour exemple, on pourra noter la présence, dans les probiotiques en gélule du commerce, la présence de bactéries⁽⁹⁾:

- Lactobacillus plantarum
- Lactobacillus helveticus
- Lactobacillus rhamnosus
- Bifidobacterium longum
- Bifidobacterium animalis ssp. lactis
- Bifidobacterium breve
- Streptococcus thermophilus

Remarque : Beaucoup de ces Lactobacilles sont utilisés par l'être humain pour la fabrication de fromages, yaourts, choucroute, saucissons...

OUTIL PÉDAGOGIQUE 10 : SYNTHÈSE

Parallèlement à la production de diverses molécules (dont des acides), le sucre aura permis le développement des bactéries. Ces dernières seront visibles dans le fond des contenants sous la forme d'un dépôt trouble... Le sucre a été utilisé comme aliment pour assurer leur croissance.



Illustration : Témoin à gauche, Erlenmeyer présentant une solution acidifiée à droite (indicateur : jus de chou rouge).

NB : le fait de placer les essais à l'obscurité inhibe tout risque d'interférence ou de perturbation du phénomène à observer, lié à la présence éventuelle d'organismes photosynthétiques (algues principalement).

4) Certaines substances perturbent l'épuration biologique

Toutes les molécules organiques ne sont pas dégradées facilement par les bactéries. Ainsi, si les sucres sont généralement très facilement biodégradables, certains hydrocarbures présentent une biodégradabilité faible à nulle.

En outre, la présence de substances toxiques peut inhiber ou tuer les micro-organismes. L'épuration résultante ne sera pas satisfaisante et les produits incriminés se retrouveront dans les eaux de surface, en perturbant les organismes y vivant. Il est donc capital de rappeler qu'on ne doit pas jeter n'importe quelle substance à l'évier : les médicaments, les solvants, hydrocarbures et autres produits toxiques doivent être déposés dans les parcs à conteneurs et éliminés via des procédés adaptés.

ANNEXE : PRÉPARATION DE L'INDICATEUR PH À BASE DE JUS DE CHOU ROUGE

- Chauffer environ 400 mL d'eau distillée dans un berlin de 500 mL.
- Couper le chou rouge finement.
- Ajouter le chou à l'eau bouillante et remuer.
- Retirer le berlin de la plaque et laisser infuser le chou pendant une demi-heure jusqu'à ce qu'il soit bien refroidi.
Filtrer le jus de chou rouge à l'aide d'une passoire. Le jus doit être très foncé. Il peut être conservé plusieurs semaines au frigo (flacon fermé hermétiquement et à l'abri de la lumière).
- Verser 50 mL de jus de chou rouge dans un berlin de 100mL.

Le jus est rouge en milieu acide, bleu-vert en milieu basique.

NOTES :

A series of 25 horizontal dotted lines for writing notes.

NOTES :

A series of 25 horizontal dotted lines for writing notes.

