

BIOCHIMIE, BIOLOGIE ET MICROBIOLOGIE DES EAUX

A. OBJECTIFS

Les enseignements de biochimie - biologie et microbiologie doivent amener, en ces domaines, le Technicien Supérieur des "Métiers de l'eau" aux niveaux de connaissances théoriques et pratiques indispensables à la gestion technique convenable des ouvrages et à l'exercice de ses fonctions d'encadrement - animation, communication, conseil, gestion de l'information, étude et développement technique et assurance de la qualité. Ils constituent l'une des bases essentielles du génie des procédés de traitements des eaux.

Ils doivent aussi contribuer à la poursuite de la formation scientifique des étudiants.

Ils ont donc pour objectifs :

- de faire acquérir :
 - les connaissances biologiques générales relatives au cycle de l'eau, aux rôles de l'eau dans la biosphère et plus particulièrement chez l'homme, ainsi qu'aux cycles des éléments constitutifs de la matière vivante et aux processus d'épuration naturelle ;
 - les connaissances fondamentales indispensables à l'identification, au rôle et au développement des organismes aquatiques ;
 - les bases biologiques des traitements, des contrôles et des réglementations ;
- de développer chez les étudiants, leur aptitude à :
 - intégrer leurs connaissances ;
 - prendre en compte une situation dans la globalité de ses composantes et à procéder à une étude systémique de celle-ci ;
- de favoriser la compréhension de l'évolution des connaissances, des techniques et des réglementations ;
- de lui permettre d'instaurer de manière pertinente des conditions satisfaisantes d'hygiène, pour lui même et pour son environnement ;
- de poursuivre le développement de l'esprit scientifique ainsi que l'exercice de la réflexion et du sens critique.

Ainsi, ils doivent contribuer à l'acquisition des capacités et compétences terminales suivantes :

- CG1 : s'informer et traiter l'information.
- CG2 : communiquer et rendre compte.
- CG3 : organiser et animer.
- CS1 : recueillir les informations techniques relatives à la qualité de l'eau avant, pendant et après le traitement.
- CS2 : mettre en oeuvre et maîtriser les procédés et les procédures (CS21 : identifier les données qualitatives et quantitatives physico-chimiques et biologiques d'une eau, en intégrant leur évolution).
- CS3 : exploiter les réseaux de distribution, d'assainissement et améliorer leur fonctionnement.
- CS4 : participer à la gestion de la maintenance.
- CS5 : encadrer et animer une équipe.

1.5.1. Les risques d'origine chimique	On envisagera les conséquences des pollutions par: arsenic, cadmium, chrome, cyanure, étain, fluor, mercure, nickel, nitrate, polychloro biphenyl (PCB), phénol, plomb, radioéléments.
- Les risques d'origine biologique	On citera quelques exemples d'agents pathogènes (bactéries, virus, protozoaires, métazoaires), on évoquera leur origine et les risques liés à la contamination.
2. Les organismes aquatiques	On envisagera : - la chaîne épidémiologique, - l'évolution épidémique, - l'épidémiologie et la santé publique. Afin d'éviter une étude monographique, il est conseillé d'intégrer cet enseignement à celui concernant la pollution et le traitement des eaux.
2.1 Bases de la taxonomie	On se limitera aux principes fondamentaux et aux définitions essentielles. On évoquera la taxonomie phénétique et la taxonomie génétique.
2.2. Les bactéries	
2.2.1. Nutrition : types trophiques et croissance	On envisagera : <u>besoins</u> énergétiques besoins élémentaires et spécifiques ; facteurs de croissance ; facteur limitant ; types métaboliques et types respiratoires.
- applications à la culture des bactéries et aux traitements des eaux et des boues	On envisagera : paramètres et courbe de croissance en milieu renouvelé et non renouvelé ; activité et production d'une biomasse, culture discontinuée, culture continue.

2.2.2. Présentation sommaire
des principales bactéries de
l'eau

2.2.2.1. Les bactéries
chimioolithotrophes

2.2.2.2. Les bactéries
chimio-organotrophes

2.2.2.3. Bactéries
phototrophes et
cyanobactéries

2.2.3. Bactéries
sélectionnées et modifiées
par génie génétique

2.3. Les virus

Cette étude sera menée en
relation avec les cycles
biologiques. Sans faire une
étude systématique détaillée
des principales espèces on
considérera leurs
interactions avec l'eau et
son traitement.

On se limitera aux :
bactéries de l'azote ;
bactéries du fer ; bactéries
du soufre ; bactéries de
l'hydrogène.

On considérera :
- les bactéries à trichomes
(Sphaerotilus, Beggiatoa, Leucothrix,
Thiothrix),
- les Spirochètes,
- les bactéries à Gram
négatif (Pseudomonas et
apparentés, bactéries
fixatrices d'azote, bactéries
oxydant le méthane, Legionellaceae,
Acinetobacter, Enterobacteriaceae, Vibrionaceae),
- les bactéries à Gram
positif (Micrococcus, Staphylococcus,
Streptococcus, Listeria, Bacillus, Clostridium),
- Actinomycètes,
- Mycobactéries,
- Archeobactéries.

On présentera leurs
caractéristiques principales.

Sans en faire une étude
systématique détaillée, on
étudiera les principales
espèces sous l'angle de leurs
interactions avec l'eau et
son traitement.
On signalera les problèmes
liés à la survie des virus en
milieu hydrique, les
principes généraux de leur
mise en évidence.

2.4. Les champignons

On présentera les définitions, les caractéristiques principales et les cycles de développement. On évoquera les principales espèces sous l'angle de leurs interactions avec l'eau et son traitement sans en faire une étude systématique détaillée. On évoquera en particulier les mycoses balnéaires.

2.5. Les algues

On présentera les définitions, les caractéristiques principales et les cycles de développement. On évoquera les principales espèces en relation avec l'eutrophisation sans en faire une étude systématique détaillée.

2.6. Les protozoaires et métazoaires (Rotifères, Gastrotriches, Nématodes, Annélides, Oligochètes, Tardigrades, Arthropodes)

On présentera les définitions, les caractéristiques principales et les cycles de développement. On évoquera les principales espèces sous l'angle de leurs interactions avec l'eau et son traitement et de leur présence dans les stations d'épuration sans en faire une étude systématique détaillée. On évoquera en particulier les parasitoses, giardia et cryptosporidium.

3. Bases biologiques du traitement, du contrôle et de la réglementation de l'eau

3.1. Eaux brutes

- les divers types

On présentera les divers types, leurs caractéristiques et leur microflore.

3.2. La pollution

- définitions

On définira les différentes eaux usées, la biodégradabilité, la charge polluante spécifique ainsi que les paramètres suivants : oxygène dissous DBO5, DCO, D0th, CM, MES, carbone organique assimilable ou biodégradable.

On considérera les relations entre la pollution de l'eau et celles de l'air et du sol. On évoquera : matières en suspension, micropolluants minéraux, micropolluants organiques.
- pollution chimique, biologique, radio-active

On envisagera l'utilisation de capteurs enzymatiques et immunologiques.
- eutrophisation et indice biotique

On présentera les micro-organismes et les phénomènes biologiques intervenant dans les différents systèmes d'épuration.

On envisagera l'analyse écologique et le traitement des boues.
- détection des polluants

On dégagera la notion de chaîne alimentaire, de biomasse et de productivité.
- 3.3. L'épuration et le cycle d'épuration

On considérera l'efficacité des procédés de désinfection.

 - lagunage

On se limitera aux rayons UV, rayons ionisants, chaleur.
 - lagunage aéré

On envisagera la chloration, l'ozonation ainsi que les facteurs intervenant dans l'efficacité de la désinfection (concentration de l'agent biocide, temps de contact, pH, température, substances interférantes).
 - stations à boues activées
 - digestion anaérobie
 - lits bactériens (fixes et fluidisés)
- 3.4. Les eaux destinées à la consommation humaine

 - 3.4.1. Les traitements de stérilisation et de désinfection

 - Les principaux agents physiques
 - les principaux agents chimiques
 - 3.4.2. Altération de l'eau d'alimentation

- altération dans les réservoirs de service

- recroissance microbienne dans les réseaux

- eaux rouges et bactéries ferrugineuses

- croissance induite par les matériaux du réseau ; biodégradation

- corrosions biologiques

- goûts et odeurs

3.4.3. Contrôle de la qualité de l'eau

- qualité biologique requise
- prélèvement

- indicateurs recommandés

- Autres indicateurs utilisables

On évoquera les facteurs de contrôle, les bactéries de la recroissance, le carbone organique assimilable et la croissance animale.

On présentera succinctement :
groupe I : Sphaerotilus - Leptotrix ;
groupe II : Gallionella ;
groupe III : Thiobacillus et Siderocapsacae ;
altération de l'eau.

On considérera en particulier les phénomènes de corrosions liés aux bactéries sulfato-réductrices.

On donnera les normes et la réglementation.
On considérera :
les techniques d'échantillonnage ;
l'organisation d'une procédure d'échantillonnage ;
la préparation des échantillons.
On considérera :
- le dénombrement des germes aérobies mésophiles ;
- la recherche et le dénombrement des coliformes, des streptocoques fécaux et du groupe D et des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices.

On évoquera :
- des indicateurs biologiques (Aeromonas ; Pseudomonas aeruginosa ; Bifidobacterium ; Candida albicans ; Bactériophages),
- des indicateurs biochimiques (Adénosine triphosphate ; endotoxines ; coprostanol).
On mentionnera l'existence d'indicateurs automatisables.

- Les méthodes d'analyse microbiologique
 - Analyses bactériologiques
 - Autres analyses
- Les méthodes d'analyse hydrobiologique
 - les biotests ou tests de toxicité
 - les autres méthodes biologiques
- Interprétation des analyses biologiques

3.5. Les autres types d'eaux

- les eaux résiduaires industrielles et leur traitement
- les eaux de loisirs
- les eaux d'arrosage des cultures
- les eaux d'élevage et de conchyliculture
- les eaux à usage particulier (hôpitaux...)
- les eaux de refroidissement

On envisagera, en liaison avec les travaux pratiques, les différentes méthodes de dénombrement des bactéries de l'eau.

On définira : l'unité formant colonie (UFC) et le nombre le plus probable (NPP).

On considérera les principales méthodes d'analyses virologiques, mycologique et parasitologique.

On considérera : test-algue, test-daphnie, test-poisson, tests microbiens, tests sur cellules;

On se limitera aux méthodes dérivées du système des saprobies, méthodes indiciaires.

On considérera les notions de dose, de risque acceptable, de capacité d'acceptation du milieu.

On donnera les normes et on interprétera des résultats d'analyses.

On envisagera les problèmes biologiques liés à chaque type d'eau.

On évoquera les problèmes spécifiques de l'aquaculture et des cultures irriguées.

On signalera les normes.

4. Les bioconversions enzymatiques

On mentionnera quelques
exemples de bioconversion
liées à la valorisation des
sous-produits.

D. TRAVAUX PRATIQUES

1. Microbiologie générale

1.1. les techniques microscopiques

On envisagera la microscopie en fond clair, en fond noir et en contraste de phase. On réalisera des états frais et des colorations usuelles (bleu de méthylène, Gram, Ziehl, colorations des spores, des capsules, des flagelles, des inclusions) des micro-organismes de l'eau.

1.2. Bactériologie

1.2.1. Les grands groupes bactériens

On réalisera en particulier des examens microscopiques et macroscopiques des principales espèces rencontrées dans l'eau ou lors de son traitement.

1.2.2. Nutrition, types trophiques et croissance

On envisagera la courbe de croissance en milieu non renouvelé en montrant l'influence des facteurs physiques et chimiques. On réalisera des cultures en aérobiose et en anaérobiose, on mettra en évidence la respiration nitrate. Les problèmes des cultures continues seront évoqués lors de l'étude des stations d'épuration.

1.2.3. Identification des bactéries

On présentera les milieux de culture et leur préparation. On réalisera une culture pure (entérobactérie) et une identification par systèmes biochimiques multitestés et monotests.

1.3. Les virus et bactériophages

On réalisera l'isolement et la mise en évidence des bactériophages par culture sur souche sensible.

1.4. Les champignons

On réalisera en particulier des examens microscopiques et macroscopiques des principales espèces rencontrées dans l'eau ou lors de son traitement.

1.5. Les algues

On réalisera des examens microscopiques et macroscopiques des principales espèces en relation avec l'eutrophisation.

1.6. Les protozoaires et métazoaires

On réalisera des examens microscopiques et macroscopiques des principales espèces (Giardia et Cryptosporidium) rencontrées dans les stations d'épuration.

2. Bases biologiques du traitement, du contrôle et de la réglementation de l'eau

Cette étude sera conduite en liaison avec le Génie des Procédés.

2.1. Les eaux d'alimentation

- pratique de la désinfection

On démontrera sur des cultures microbiennes l'effet des principaux agents physiques et chimiques (on se limitera aux rayons UV, à la chaleur, à la chloration et à l'ozonation).

- contrôle de la qualité de l'eau

▪ le prélèvement

On organisera une procédure d'échantillonnage et la préparation des échantillons. On effectuera :

▪ les analyses bactériologiques et leur interprétation

- le dénombrement des germes aérobies mésophiles;
- la recherche et le dénombrement des coliformes, des streptocoques fécaux et du groupe D, des bactéries anaérobies sulfite-réductrices.

▪ l'analyse virologique

On réalisera des méthodes par culture microbienne; des méthodes automatiques et des techniques rapides. On se limitera au cas des bactériophages.

▪ l'analyse mycologique et parasitologique

On réalisera ces analyses lors de l'étude des stations d'épuration.

▪ les méthodes d'analyse hydrobiologique

On se limitera à un exemple parmi : test-algue, test-daphnie, tests microbiens, test-poisson.

2.2 les micro-organismes de l'épuration et du cycle d'épuration

On recherchera les micro-organismes présents dans les prélèvements réalisés sur site ou sur pilote [lagunage, lagunage aéré, station à boues activées, traitement anaérobie de l'eau (fosse septique), traitement des eaux résiduaires, neutralisation, nitrification, dénitrification].

On envisagera à cette occasion :

- leur place dans la classification.
- leurs caractéristiques en fonction du mode d'exploitation de la station.
- leur foisonnement.

On dégagera les notions de stabilité de l'écosystème, de biomasse et de productivité.

- CS6 : communiquer et conseiller.
- CS7 : maîtriser et gérer les informations scientifiques, techniques et institutionnelles.
- CS8 : participer aux études et développements techniques.
- CS9 : assurer la qualité du produit et du service.

B. PREREQUIS

1. Biochimie - biologie cellulaire et moléculaire

- organisation de la matière vivante
 - organisation cellulaire et tissulaire
 - organisation moléculaire
- biochimie structurale : glucides, lipides, protides
- enzymes et systèmes enzymatiques
- propriétés des macromolécules informatives : protéines et acides nucléiques
- métabolisme énergétique
- intégration et régulations métaboliques
- croissance et reproduction cellulaires

2. Biologie humaine

- milieu intérieur et intégrité de celui-ci
- fonctions de nutrition et d'excrétion
- immunité

3. Microbiologie

- microbiologie générale
 - morphologie et structure des micro-organismes
 - . bactéries
 - . champignons
 - . virus
 - nutrition et croissance des bactéries et des champignons
 - . besoins nutritifs
 - . multiplication
 - . croissance en milieu renouvelé
 - métabolisme bactérien et fongique
 - génétique microbienne (bases)
 - agents antimicrobiens
 - micro-organismes et milieu
 - . bactéries
 - . champignons
 - . virus
 - vaccination

C. COURS

1. Notions générales

1.1. Le cycle de l'eau dans la nature

On considérera les eaux naturelles, souterraines, de surface, de mer, saumâtres, de pluies.

1.2. L'eau source de vie

- L'eau dans la biosphère

On présentera l'importance qualitative et quantitative de l'eau dans la biosphère, on considérera les échanges d'eau et de substances nutritives véhiculées par l'eau.

On considérera biosphère et écosystèmes.

On se limitera à la définition des notions suivantes : habitat et niche, relation alimentaire, chaîne alimentaire, pyramide écologique, communauté biotique et interaction, comportement d'adaptation.

Ecosystème de l'eau douce : lac, étang, lotique (cours d'eau).

Ecosystème océanique.

- L'eau, partie intégrante et dynamique des organismes vivants

On montrera le rôle de l'eau chez les êtres vivants. On envisagera la perméabilité des membranes et on considérera la diffusion, les transports, l'osmose.

1.3. Les cycles des principaux éléments

On considérera les cycles du carbone, de l'oxygène, de l'azote, du soufre, du phosphore et des phosphates, des cations biogènes (fer, manganèse) et des métaux lourds.

On évoquera pour chaque élément :

- production,
- consommation,
- flux,

- les principales espèces vivantes concernées, sans en faire une étude systématique détaillée.

1.4. L'auto-épuration

On insistera sur les sources de contaminations, les facteurs d'auto-épuration, leur équilibre et leurs limites.

1.5. L'eau source de risques

COMPLÉMENTS DE BIOCHIMIE BIOLOGIE ET MICROBIOLOGIE GÉNÉRALE

Ces compléments seront traités sous forme de TP-cours au laboratoire.

1. Biochimie et biologie générales

1.1. Bases physico-chimiques de la vie

- les substances nutritives ;
- les principaux composés organiques (glucides, lipides, protides, acides nucléiques) ;
- les enzymes et systèmes enzymatiques.

1.2. Biologie cellulaire

- les structures et ultrastructures cellulaires ;
- le métabolisme cellulaire : anabolisme (ribosomes et biosynthèse des protéines), catabolisme (mitochondrie et respiration, fermentation, ATP et transport d'énergie) ;
- le matériel génétique, les mutations ;
- la croissance et la multiplication cellulaire.

1.3. Biologie humaine

- la respiration et les échanges d'énergie ;
- la nutrition et les fonctions de nutrition ;
- les fonctions de transport et d'excrétion ;
- les fonctions de régulation (nerveuse et endocrine) ;
- les réactions de défense de l'organisme à l'infection microbienne.

2. Microbiologie

2.1. Microbiologie générale

2.1.1. Morphologie et structure des micro-organismes (bactéries, champignons, virus)

2.1.2. Cultures bactériennes et fongiques

- facteurs physiques et chimiques ;
- division, mutation.

2.1.3. Métabolisme microbien

- notions sur les enzymes (localisation) ;
- bases du métabolisme énergétique et glucidique ;
- définitions des types métaboliques.

2.1.4. Agents antimicrobiens

- agents physiques ;
- agents chimiques ;
- agents chimiothérapeutiques.

2.1.5. Infection microbienne

- relation micro-organismes-hôte, pouvoir pathogène ;
- toxines, toxinogénèse ;
- virulence ;
- infection.

2.2. Techniques bactériologiques de base

- manipulation aseptique ;
- examens microscopiques ;
- ensemencement ;
- isolement.