

## GENIE DES PROCÉDES DE TRAITEMENTS DES EAUX

### A. OBJECTIFS

Les enseignements théoriques et pratiques de génie des procédés de traitements des eaux, doivent permettre au Technicien Supérieur des "Métiers de l'eau" d'assimiler les connaissances et les savoir-faire indispensables à l'exercice de ses fonctions dans les conditions d'autonomie et de responsabilité qui seront les siennes dans le cadre de sa profession.

Ces enseignements conduisent à l'acquisition de ses compétences professionnelles et contribuent au développement de sa formation scientifique.

Ils doivent faire acquérir :

- les connaissances nécessaires :
  - à l'étude et à la conduite des procédés de traitements dans des conditions satisfaisantes de sécurité et d'efficacité dans le contexte de leur environnement et de l'évolution de ce dernier,
  - à l'appréciation et à l'exploitation correctes des informations relatives au contrôle de la qualité des eaux et des traitements d'épuration et d'assainissement,
  - à la compréhension globale et à la maîtrise des protocoles de traitements ;
- la capacité de prendre en compte dans sa globalité, la variabilité quantitative et qualitative des eaux à traiter, les causes de variation, les phénomènes de traitements, de distribution, d'assainissement et d'épuration, ainsi que les conditions limites de fonctionnement des installations.

Comme les autres enseignements professionnels, ils doivent :

- inculquer :
  - le sens de l'organisation du travail,
  - la prise en compte de l'hygiène et de la sécurité par le Technicien Supérieur pour lui même, pour son environnement et pour les produits utilisés ;
- sensibiliser l'étudiant aux problèmes et aux méthodes de maintenance ;
- développer :
  - l'aspect critique,
  - l'esprit d'initiative (notamment pour la mise au point de techniques et l'adaptation d'équipements),
  - les capacités d'autonomie,
  - le sens du travail d'équipe.

Dans le cadre de cette formation, l'étudiant sera entraîné à exploiter une documentation, à rédiger un compte-rendu et à utiliser l'outil informatique.

Ces enseignements théoriques et pratiques prendront en compte les progrès techniques ainsi que les évolutions des réglementations et normalisations nationale et internationale.

Ils s'attacheront donc à développer tout particulièrement, les capacités spécifiques :

- CS1 : recueillir les informations techniques relatives à la qualité de l'eau avant, pendant et après le traitement (compétences CS11, CS12, CS13, CS14).
- CS2 : mettre en oeuvre et maîtriser les procédés et les procédures (compétences CS21, CS22, CS23, CS24).
- CS3 : exploiter les réseaux de distribution et d'assainissement et améliorer leur fonctionnement (compétences CS31, CS32, CS33, CS34, CS35).
- CS4 : participer à la gestion de la maintenance (compétences CS41, CS42, CS43, CS44, CS45, CS46).
- CS5 : encadrer et animer une équipe (compétences CS51, CS52, CS53).
- CS6 : communiquer et conseiller (compétences CS61, CS62, CS63).
- CS7 : maîtriser les informations scientifiques, techniques et institutionnelles (compétences CS71, CS72, CS73, CS74).
- CS8 : participer aux études et développements techniques (CS61, CS62).
- CS9 : Assurer la qualité du service rendu (compétences CS91, CS92, CS93).

## B. PREREQUIS

Mathématiques :

- suites numériques,
- fonction d'une variable réelle,
- calcul différentiel et intégral,
- équations différentielles,
- analyse des phénomènes,
- organisation et traitement des données,
- statistique descriptive,
- calcul des probabilités,
- statistique inférentielle.

Physique - chimie :

- réactions acide - base,
- réactions d'oxydo-réduction,
- réactions de complexation et de précipitation,
- thermodynamique chimique,
- bases de chimie organique,
- notions fondamentales d'électricité,
- notions fondamentales d'électrotechnique (machines à courant continu et à courant alternatif).

Hydraulique appliquée :

- notions fondamentales d'hydrostatique et d'hydrodynamique.

Automatique, contrôle, régulation et télégestion :

- notions fondamentales sur l'acquisition des données et l'instrumentation

correspondante.

Biochimie, biologie et microbiologie des eaux :

- notions fondamentales de microbiologie :
  - les micro-organismes (structure et développement),
  - les agents anti-microbiens,
  - l'infection microbienne,
  - la manipulation aseptique ; isolement, ensemencement ;
- notions fondamentales de biochimie et biologie générale :
  - les bases physico-chimiques de la vie,
  - la biologie cellulaire : relation structure - fonction,
  - la biologie humaine : fonctions de nutrition, fonctions de régulation,
  - les bases d'immunologie.

### C. COURS

D'une manière générale, l'enseignement de Génie des Procédés de Traitements des Eaux vise à la connaissance des opérations unitaires du Génie des Procédés. On insistera, lors de l'étude de ces opérations unitaires et de leurs applications aux traitements des eaux, sur la nécessité d'établir des bilans de matière et d'énergie.

La démarche proposée est de passer de l'étude de ces opérations unitaires et des réacteurs idéaux, à celle de leur mise en oeuvre dans les procédés de traitement. La confrontation de ces études aux réalités industrielles se fera par le biais de l'enseignement de technologie qui intégrera les aspects techniques, humains, de sécurité et de qualité propres au domaine de l'eau.

#### 1. Procédés et systèmes de traitements

On se limitera aux cas des réacteurs idéaux (réacteurs pistons et réacteurs agités). Toute étude ou modélisation mathématique est exclue.

##### 1.1. Procédés physico-chimiques : opérations unitaires

On présentera leur définition, leur principe et les appareillages nécessaires à leur mise en oeuvre.

##### 1.1.1. Prétraitements

On considérera le dégrillage, le désablage, le dégraissage et le déshuilage, le tamisage, l'évacuation et le traitement des sous-produits.

### 1.1.2. Traitements physico-chimiques

#### 1.1.2.1. Traitements de base : clarification

- coagulation, floculation, décantation, flottation,
- centrifugation,
- fluidisation,
- séparation par membranes

On considérera l'osmose inverse, l'ultrafiltration, la microfiltration, le dessalement, la clarification et la désinfection des eaux, l'eau ultrapure, les autres applications des membranes en traitements des eaux.

#### 1.1.2.2. Traitements d'affinage

- échange d'ions,
- électrolyse,
- adsorption,
- oxydation - désinfection,

On considérera l'oxydation par l'air, l'oxydation - désinfection par le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone, les autres procédés d'oxydation (permanganate de potassium, brome, peroxyde de dihydrogène, acide monopersulfurique, chloramines, U.V., rayons ionisants).

- élimination des oxydants résiduels

par voie chimique  
par voie physique

- neutralisation, reminéralisation,
- échanges gaz - liquide : dégazage, désorption (strippage), évaporation.

On se limitera à l'élimination du dioxyde de carbone et aux strippeurs à l'air ou au gaz, aux strippeurs à la vapeur et aux distillateurs, aux dégazeurs combinés, aux laveurs de gaz et au désodoriseur d'air.

## 1.2. Procédés et systèmes biologiques .

Ces études seront conduites en relation avec le cours de biologie et donneront lieu à la présentation des équipements nécessaires. On considérera la charge d'une installation, la disposition des bassins, la clarification et la recirculation, les systèmes d'aération, les unités compactes.

### 1.2.1. aérobies

- cultures libres : boues activées,

On considérera l'élimination de la pollution carbonée. la nitrification et la dénitrification. la déphosphatation biologique, la stabilisation aérobie.

- cultures fixées : lits.

On envisagera les films bactériens, les lits à ruissellement, les lits granulaires et les autres systèmes.

1.2.2. anaérobies :  
méthanisation

On considérera les cultures libres et les cultures fixées.

## 2. Traitements des eaux

Cette étude donnera lieu à la présentation des systèmes techniques et intégrera les différents aspects de la sécurité (personnel, usagers, service).

2.1. La production d'eau destinée à la consommation humaine

### 2.1.1. Généralités

On considérera la définition et les quantités nécessaires.

On présentera la réglementation de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine, les recommandations de l'OMS, les directives de la CEE et la réglementation française.

On sensibilisera les étudiants à leur(s) évolution(s) et à leur(s) normalisation(s).

On envisagera, en relation avec l'enseignement d'économie et gestion, la notion d'eaux brutes disponibles et l'organisation de la gestion de la distribution de l'eau en France.

### 2.1.2. Traitement des eaux destinées à la consommation humaine

- étapes d'un traitement d'eau d'eau de surface.

On considérera la flocculation, la décantation, la filtration, la neutralisation et la désinfection.

- les traitements spécifiques.

Equilibre calco-carbonique, Fe, Mn, As, fluorures...

### 2.1.3. Description et conception d'un ouvrage

On envisagera les principes liés à sa conception et les conditions de son exploitation.

Cette étude sera menée en relation avec le cours d'hydraulique et de biologie.

## 2.2. L'épuration des eaux usées

### 2.2.1. Les polluants de l'eau

- origine,  
- classification,  
- réglementation concernant les conditions de rejet des effluents.

On envisagera les effluents urbains et les effluents industriels.

2.2.2. Traitabilité des effluents

On envisagera les essais et la traitabilité.

- métrologie,
- analyses.

2.2.3. Traitement primaire (ou physique)

2.2.4. Traitement secondaire (ou biologique)

2.2.5. Traitement tertiaire

- physico-chimique,
- biologique.

2.2.6. Traitement des boues

- réglementation concernant l'évacuation des boues.

On considérera leur utilisation en agriculture, leur mise en décharge contrôlée, leur incinération.

- caractérisation des boues :
  - filtrabilité,
  - compressibilité,
  - siccité,
  - décantabilité.

On considérera :

- la résistance spécifique à la filtration (formule simplifiée, tests de filtrabilité),
- le facteur de compressibilité (définition et détermination),
- la siccité limite (définition et détermination),
- la vitesse absolue et la vitesse relative du bol.

- procédés mis en oeuvre :
  - conditionnement,

On considérera les conditionnements chimique, thermique, autres (par charge, électro-acoustique, par solvants ou huiles, agents de solidification).

- déshydratation par filtration,

On présentera les lits de séchage, la filtration sous vide, sous pression (chambres étanches, bandes presseuses).

- centrifugation,
- séchage - incinération,

- autres procédés.
 

On envisagera : compostage, vermiculture, production d'huiles combustibles, formation d'agrégats légers...
- 2.2.7. Description et conception d'un ouvrage d'assainissement
 

Cette étude sera conduite en relation avec les enseignements d'hydraulique et de biologie.
- 2.2.8. Exploitation des stations
 

Cette étude sera conduite en relation avec le cours de biologie.
- 2.3. Traitements des autres eaux
  - 2.3.1. Eaux de loisirs
 

On envisagera les eaux de piscines.

    - réglementation française.
    - procédés de traitement.
  - 2.3.2. Traitement et conditionnement des eaux à usage industriel
    - eaux de chaudière,
 

On considérera la , décarbonatation et l'adoucissement, la déminéralisation totale et le dégazage.
    - eaux de fabrication,
 

On envisagera les eaux utilisées en papéterie, en brasserie et fabrique de boissons gazeuses, en industries textiles et teinturerie, en industrie pharmaceutique et en industrie électronique (eau ultra-pure).
    - eaux de refroidissement,
 

On évoquera les problèmes liés à la conception d'un circuit et à sa protection contre les salissures et développements biologiques (l'entartrage, la corrosion).
    - autres eaux.
  - 2.3.3. Traitement des effluents industriels



- conception des installations, On envisagera les problèmes posés par le recyclage et les opérations de nettoyage.
  - traitements des différents effluents. On évoquera les problèmes spécifiques des industries agro-alimentaires, papetières, pétrolières, chimiques et pharmaceutiques, textiles, métallurgiques, productrices d'énergie...
- 3. Stockage et distribution (dosage) des réactifs**
- Four les différents types de réactifs on considérera :
- l'emballage, le conditionnement et le contrôle du stockage (dimensionnement et implantation, accessibilité),
  - le transport, la manutention et les risques liés à la mise en solution,
  - la sécurité et l'hygiène,
  - le dosage.
- 3.1. Les réactifs liquides On envisagera la distribution par pompes doseuses et par gravimétrie.
- 3.2. Les réactifs gazeux On envisagera les cas du chlore, du dioxyde de carbone et de l'ammoniac.
- 3.3. Les réactifs solides On envisagera les cas des solutions et des suspensions. On étudiera plus particulièrement les règles d'installation, les dispositifs facilitant l'écoulement et le dosage volumétrique.
- 3.4. Produits particuliers On envisagera les cas des polymères, de l'ozone et du dioxyde de chlore.
- 4. Interactions de l'eau et des matériaux**
- Cette étude sera conduite en liaison avec le cours de chimie.

#### 4.1. Métaux ferreux

On considérera :

- le mécanisme électrochimique de la corrosion du fer,
- la formation des couches de protection et la passivation,
- les paramètres secondaires de la corrosion,
- la corrosion des aciers inoxydables,
- le comportement de la fonte.

#### 4.2. Métaux non ferreux

On se limitera aux interactions entre l'eau et l'aluminium, le cuivre, le plomb, les aciers galvanisés et le laiton.

#### 4.3. Dégradation des bétons

#### 4.4. Matières plastiques

On étudiera les phénomènes de migration et de vieillissement.

#### 4.5. Cas de l'eau de mer

On envisagera :

- la corrosivité et l'entartrage,
- la protection contre l'entartrage, la corrosion et les salissures organiques,
- la tenue des alliages cupro-nickel.

## D. TRAVAUX PRATIQUES

### 1. Conduite de procédés

Ces travaux pratiques doivent être réalisés sur installation pilote et sur installation industrielle.

#### 1.1. Production d'eau destinée à la consommation humaine

##### 1.1.1. Procédés de désinfection

On envisagera la désinfection par :

- le chlore,
- les UV,
- le dioxyde de chlore.

##### 1.1.2. Procédés de traitement

- physico-chimiques,
- biologiques.

##### 1.1.3. Maîtrise de la qualité des eaux en cours de distribution

On procédera à des simulations informatiques.

#### 1.2. Procédés de traitement et de contrôle des eaux de piscines

On considérera les moyens permettant de maîtriser la qualité des eaux de piscines après recirculation et préfiltration.

- filtration sur sable,
- filtration sur précouche,
- destruction des algues,

On considérera : chlore et dérivés, ozone, brome, autres.

- désinfection,

- correction de pH,
- procédés d'entretien des bassins et des équipements.

On procédera à une étude sur installation(s) pilote(s).

#### 1.3. Procédés d'épuration des eaux usées

##### 1.3.1. Eaux usées urbaines

- mise en oeuvre des différentes techniques

\* procédés physico-chimiques

. coagulation -  
floculation  
. séparation liquide  
- solide

■ procédés biologiques

. aérobies

. anaérobies

. traitements  
aérobies et anaérobies  
successifs

. traitement des  
boues

. désinfection

- gestion d'une station  
d'épuration

1.3.2. Eaux usées industrielles

- étude pratique du traitement  
d'un effluent industriel

- détoxification des effluents  
d'un atelier de traitement de  
surface

1.4. Traitement et  
conditionnement des eaux dans  
l'industrie

1.4.1. Eaux de chaudières

1.4.2. Eaux de refroidissement

On considérera les boues  
activées et le lagunage  
naturel.

On considérera  
l'exploitation d'un pilote  
en nitrification -  
dénitrification (zone  
d'anoxie en tête) et d'un  
pilote de déphosphatation.

On procédera à la mise en  
oeuvre des différentes  
techniques.

On réalisera une étude  
comparative de la  
chloration et des autres  
procédés.

On effectuera et on  
interprétera un bilan de  
fonctionnement. on  
considérera l'optimisation  
du fonctionnement.

L'étude pratique du  
traitement d'un effluent  
industriel sera effectuée  
dans le cadre d'un stage en  
entreprise et fera l'objet  
d'un compte-rendu.

On mettra en oeuvre et on  
étudiera au laboratoire les  
procédés de déchromation,  
décyanuration,  
neutralisation,  
précipitation des métaux  
lourds.

On considérera :

- la prévention de  
l'entartrage,
- le traitement de l'eau  
d'appoint (décantation,  
floculation, filtration,  
résines échangeuses d'ions,  
dégazage, autres procédés),
- le traitement des  
condensats (désuilage,  
dégazage),
- le conditionnement.

On procédera à la mise en  
oeuvre du traitement et du  
conditionnement.

#### 1.4.3. Eau déminéralisée

On considérera l'utilisation des résines échangeuses d'ions et on envisagera adoucissement, décarbonatation, déminéralisation.

## 2. Méthodes et moyens d'analyse

Ces travaux pratiques ont pour objectifs :

- la réalisation ou l'observation de la réalisation des analyses élémentaires physico-chimiques et biologiques des eaux,
- la connaissance des buts à atteindre et des précautions à prendre,
- l'appréciation des résultats obtenus,
- la maîtrise des techniques d'échantillonnage.
- les capacités de détermination des principaux paramètres de qualité des eaux ainsi que l'interprétation des tests et analyses nécessaires au fonctionnement d'unités de production d'eau et de stations d'épuration.

### 2.1. Méthodologie

Cette méthodologie sera introduite ou dégagée à l'occasion des différentes manipulations et démonstrations réalisées au cours de la scolarité.

#### 2.1.1. Précision et exactitude

#### 2.1.2. Prélèvements

- échantillonnage,
- mode de prélèvement,
- conservation des échantillons.

On montrera l'importance du choix du lieu d'analyse (en ligne dans l'ouvrage, sur le terrain, au laboratoire) sur la valeur de la mesure.

#### 2.1.3. Analyses sur le terrain

- potentiométrie,
- colorimétrie,
- volumétrie.

On considérera leur principe et leur intérêt et on fera procéder à leur mise en oeuvre à l'aide de matériel de terrain.

#### 2.1.4. Analyses de laboratoire

- concentration des échantillons,

- examens gustatif et olfactif,

- examens physiques :

- volumétrie,
- gravimétrie,
- néphélométrie,
- ampérométrie,
- ionométrie,
- spectrophotométrie,
- fluorescence,
- zétamétrie,
- chromatographie,

▪ polarographie,

▪ mesure de radioactivité.

- analyses microbiologiques :

- bactériologie,
- virologie,
- étude du plancton.

- étude écologique des lits bactériens et des boues activées.

On considérera leur principe et leur intérêt et on fera procéder à leur mise en oeuvre dans un but de simple initiation à ces pratiques de laboratoire.

On se limitera à une démonstration.

On se limitera à une démonstration de l'utilisation d'un compteur Geiger.

On considérera leur principe ainsi que leur intérêt et on fera procéder à leur mise en oeuvre dans un but de simple initiation à ces pratiques de laboratoire.

On considérera leur principe ainsi que leur intérêt et on fera procéder à leur mise en oeuvre dans un but de simple initiation à ces pratiques de laboratoire.

## 2.2. Examens des eaux et des boues

### 2.2.1. Eaux de consommation et eaux de fabrication

#### - essais de traitabilité

Il conviendra de dégager leur intérêt et on envisagera :

- la décantation naturelle et le débouillage,
- la coagulation et la floculation,
- la décarbonatation à la chaux,
- la détermination des demandes en oxydants,
- le dégazage et l'aération,
- la déferrisation physico-chimique.

#### - mesures de paramètres globaux,

On considérera :

- indice de colmatage,
- comptage de particules,
- essai marbre.

#### - cas des eaux très peu minéralisées.

### 2.2.2. Examens des eaux résiduaires

#### - analyses spécifiques,

On procédera à la réalisation ou à l'observation des analyses suivantes :

- DBO,
- DCO,
- MES (matières en suspension),
- volume de matières décantables,
- hydrocarbures,
- azote,
- phosphore,
- soufre,
- test au bleu de méthylène,
- TAC,
- métaux lourds,
- toxicité,
- indice de Mohlman.

- essais de traitabilité.

On envisagera :  
- mesure de la consommation d'oxygène,  
- essai de nitrification,  
- banc d'essai.

### 2.2.3. Examen des boues

- matières en suspension dans les boues liquides,

On considérera :  
- la méthode par centrifugation,  
- la méthode par filtration.

- résidu sec ou matières sèches,

On envisagera la détermination à :  
- 150°C,  
- 175 - 185°C,  
- 550°C et matières volatiles,  
- 900°C.

- méthode rapide de détermination du TAC et du taux d'acides volatils (ACV) dans une boue liquide,

- dosage des graisses et des huiles,

On se limitera à une démonstration.

- test de filtrabilité,

sous vide sur büchner, sous pression.

- détermination du coefficient de compressibilité,  
- détermination de la siccité limite,  
- thermogravimétrie,

- test C.S.T. ("Capillary Suction Time")

On se limitera à une démonstration.

### 2.3. Examens des matériaux granulaires et pulvérulents

2.3.1. Caractéristiques des matériaux

On considérera :  
- la granulométrie d'un matériau filtrant,  
- la friabilité,  
- la perte à l'acide,  
- les masses volumiques,  
- l'humidité.



2.3.2. Etude du pouvoir adsorbant d'un charbon

On se limitera à la présentation du principe et de l'intérêt des déterminations suivantes :

- granulométrie d'un charbon actif en poudre (CAP),
- isotherme d'adsorption,
- cendres de charbon,
- indice d'iode,
- pouvoir de déchloration.

2.3.3. Analyses spécifiques des résines

On considérera :

- granulométrie,
- masse volumique apparente,
- attrition,
- densité apparente,
- capacités,
- pollution des résines.