

Semestre: 2  
 Unité d'enseignement: UEF 1.2.1  
 Matière 1: Production d'eau potable  
 VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)  
 Crédits: 6  
 Coefficient: 3

**Objectifs de l'enseignement:**

Le but de ce cours est de donner aux étudiants les outils qui leur seront nécessaires à la gestion des procédés de production des eaux potables.

**Connaissances préalables recommandées:**

Chimie de l'eau, la chimie des solutions, l'électrochimie, le transfert de matière.

**Contenu de la matière:****A- GENERALITES ET NORMES****(2 semaines)**

Qualités générales des eaux issues de diverses sources d'approvisionnement; Normes de qualité; lignes directrices pour le traitement des eaux; filières de traitement

**B- PROCÉDES DE PRODUCTION DES EAUX POTABLES****(5 semaines)**

- **Micro-tamassage** (Aspects théoriques; Durée d'utilisation et Critères de choix d'un microtamis)
- **Coagulation et floculation** (Particules en suspension; Coagulation; Théorie de la floculation)
- **Décantation** (Types de décantation, Décantation de particules discrètes et floculantes; Décantation à tube et lamelles)
- **Flottation** (flottateurs, quelques performances)
- **Filtration** (Généralités, Caractéristiques des matériaux filtrants, Ecoulement de l'eau dans un filtre à sable, filtre bicouche)
- **Désinfection** (Principes généraux; Désinfection par: chlore, dioxyde de chlore, ozone, UV, UV/eau oxygénée, etc...)

**C- PROCÉDES SPECIFIQUES DE PRODUCTION DES EAUX POTABLES****(8 semaines)**

- **Adoucissement par précipitation**
- **Adsorption et échange d'ions**
- **Élimination du fer et du manganèse**  
(Équilibre du fer et du manganèse; Procédés de déferrisation et de démanganisation)
- **Stabilisation de l'eau**
- **Fluoruration et défluoruration des eaux**
- **Dessalement des eaux de mer et saumâtres**  
(Méthodes de dessalement par: distillation, congélation, électrodialyse, osmose inverse, etc...)
- **Procédés d'oxydation avancés**  
(Fenton, Electrofenton, Photofenton, UV/Ozone, UV/ozone/eau oxygénée, sonochimie, photocatalyse, procédés plasmas, canon à électrons, etc...)
- **Traitement des eaux de piscines**  
(Finalité et Techniques du traitement)

TD:  
 Comme  
 mini projet  
 pour  
 étudier

Code: HY8/159

livre

**Mode d'évaluation:** Contrôle continu: 40%; Examen: 60%.

**Références bibliographiques:**

- B. Legube « Production d'eau potable », Edition Dunod, Paris  
 J.B. BEAUDRY « Traitement des eaux » Edition le Griffon d'argile, Sainte-Foy, (Canada)  
 DEGREMONT « Mémento technique de l'eau » T1 et T2, Edition Technique et Documentation, Paris  
 Processus unitaires de traitement de l'eau; W. J. Masschelein  
 Microbiologie des eaux d'alimentation; C. Hasley, H. Leclerc  
 Les traitements de l'eau pour l'ingénieur - Procédés physico-chimiques et biologiques - Cours et problèmes résolus; C. Cardot  
 Le traitement des eaux; R. Desjardins  
 Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique; G. Crini, P. M. Badot

## Chapitre La production d'eau potable et les filières de traitement.

### I. L'eau potable :-

Fin du 19<sup>ème</sup> siècle, début du 20<sup>ème</sup>, avec les découvertes en microbiologie, on assiste à une prise de conscience sur le risque sanitaire par l'eau suite à l'établissement de la relation entre les grandes épidémies (choléra et typhoïde) et la pollution des eaux d'épaves.

### I-1. Préambule :-

#### I-1-1. L'exigence de l'absence de germes pathogènes :-

La première élaboration d'une réglementation abstraitive en 1962 (exemple en France) à une exigence essentielle de l'absence de tout germe pathogène. C'est au milieu du 20<sup>ème</sup> siècle que le concept d'évaluation des risques prend naissance et qu'il devient

obligatoire pour les eaux destinées à la consommation humaine de respecter l'absence de certains germes tests (certains pathogènes comme Salmonelle et Shigella)

### I. 1. 2. - Les premières filières simples de traitement :

- L'effet bénéfique de la filtration de l'eau est mis en évidence dès la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, au moment des grandes épidémies.
- Dans le premier quart du 20<sup>ème</sup> siècle que se développent les procédés de filtration de désinfection (chloration, ozonation, iodation) puis de clarification utilisant la coagulation.
- Dans les années 1960-1970, le traitement de l'eau pour la production d'eau potable demeure toujours très simplifié.

Les eaux souterraines sont simplement pompées et chlorées et le traitement des eaux superficielles est conçu suivant le schéma classique « pré-chloration, floculation, coagulation, floculation, décantation, filtration sur sable, désinfection par chloration ».

### T. 1.3. Les évolutions récentes

Le développement de la chimie et de la microbiologie ainsi que celui de la toxicologie et de l'épidémiologie ont permis de détecter de nombreuses molécules chimiques et de nouveaux micro-organismes présents dans les eaux naturelles et d'évaluer leurs effets sur la santé.

Les nombreuses molécules dérivées de l'industrie chimique et les pesticides, ou encore les hormones de synthèse et les pesticides pharmaceutiques en sont de bons exemples révélateurs.

<sup>auti</sup>  
• Pour la plupart de ces Substances chimiques, le risque est surtout à long terme et les réglementations sont établies dans ce sens avec la notion de concentration maximale admissible (CMA) à respecter.

• Quand la <sup>prévention</sup> de la pollution n'est pas suffisante et quand le traitement est ~~un~~ insuffisamment efficace pour satisfaire ces exigences de CMA, les filières de traitement doivent être adaptées.

• C'est ainsi que de nombreux procédés <sup>auto</sup> définition, ont vu le jour ces dernières décennies. Ceux utilisant des membranes initiés dans les années 1980, constituent le haut technologique le plus important dans le domaine de la production d'eau potable.

<sup>Chlor</sup>  
**I-2 : Les besoins en eau potable**  
Exemple de consommation en Algérie et en France.

\* Chaque année, la France doit puiser environ 6 milliards de  $m^3$  en eau potable : un peu moins de 4 milliards en eau souterraine et un plus de 2 milliards en eau surface.

o En Algérie tout est à zéro

L'Algérie a mobilisé en eau de surface 4, 2 milliards de mètres cubes en 1999 à 7, 2 milliards de mètres cubes en 2010

1.2 - Les quantités d'eau potable à produire par habitant (en France)

\* on peut se baser sur une valeur de consommation moyenne en résidence et en milieu urbain de 150 litres par habitant par jour (55  $m^3$  annuels par habitant).

\* En Algérie

## Procédés spécifiques de production des eaux potables :

- Adoucissement par précipitation.
- Adsorption et échange d'ions.
- Élimination du fer et du manganèse.
- Stabilisation de l'eau.
- Fluoruration de défluoruration de l'eau.
- Dessalement des eaux de mer et Saubmatres
- Procédés d'oxydation avancés
- Traitement des eaux de piscine

## 1.2.2. Les qualités des ressources destinées à la production d'eau potable.

On peut classer les principales substances (naturelles et d'origine anthropique) présentes dans les eaux naturelles et ou dans les eaux distribuées par leur origine :

- Les impuretés biologique, comme les bactéries, les virus, les protozoaires, parasites etc...

• Les impuretés minérales sans effet appréciable sur la santé ou avec un effet indirect comme

تأثير غير مباشر

la turbidité, la couleur, la minéralisation,  
certains métaux de transition et certains gaz dissous.

\* Les impuretés minérales avec effet appréciable  
sur la santé, comme les métaux lourds, les métaux  
lourds, le baryum, bore, le fluor et le sélénium.

\* Les impuretés minérales organiques :

\* Les impuretés organiques mesurées par les  
paramètres globaux (COT, oxydabilité au  $KMnO_4$ )

\* Les micro polluants organiques avérés (pesticides,  
solvants chlorés, hydrocarbures, détergents)

\* Les micro polluants émergents (perturbateurs  
endocriniens, résidus pharmaceutiques, cosmétiques)

\* Les impuretés de nature radioactive.



## II - La réglementation

Il s'agit de décrets qui ont fixé, au-delà des critères microbiologiques, des concentrations maximales admissibles pour de nombreux paramètres chimiques. Ils ont également prescrit des méthodes analytiques associées à des fréquences de prélèvements tenant compte de la nature des eaux et de la population desservie par le réseau.

### 2-1 - Les fondations et les objectifs de la réglementation

Les bases sont généralement établies au niveau mondial par l'OMS sous forme de recommandation, puis reprises au niveau de pays sous forme de directives avant d'être traduites et par fois choisies au niveau national sous forme de décret et arrêtés.

Elles sont mises en application par les ministères direction des eaux, direction de la santé

\* Les objectifs sont bien évidemment une mortalité nulle le but avec le souci de délivrer une eau agréable à consommer.

\* Les champs d'application sont toutes les eaux destinées à la boisson, à la préparation d'aliments et autres usages domestiques, quelle qu'elle soit fournie par le réseau de distribution <sup>ou en</sup> camion ou citerne, en bouteilles et le eau de source.

### 2.2 - Les principes de la réglementation:

Le code de la santé publique fixe plusieurs types d'obligation :

\* Des règles techniques de protection et de prévention visant à assurer un fonctionnement de l'ensemble du système :  
du captage à la distribution en passant par le traitement.

\* Des exigences de qualité (arrêté)

\* Des modalités de suivi de qualité des eaux  
à fin de vérifier le respect de l'exigence de qualité de l'eau ~~au~~ au robinet.

Des dispositions en matière d'information entre les autorités sanitaires responsables et ~~entre~~ les consommateurs.

### 2-3 - Les exigences de qualité.

La réglementation définit une eau destinée à la consommation humaine de ne pas contenir un nombre ou une concentration de micro-organismes ou de parasites ou de toutes autres substances constituant un danger pour la santé des personnes et être conforme à un certain nombre de limites et de références de qualité définies par le décret.

Exigences de qualité aux robinets normalement utilisés pour la consommation humaine  
exemple : Arrêté du 11/01/2007 (France)

• Listes de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (quelques exemples)

Paramètres Valeurs paramétriques

Paramètres microbiologiques.

Echerichia coli	0 (absence dans 100ml.)
Entérocoques	0 (absence dans 100ml.)

Paramètres chimiques.

Antimoine	5 mg/l
Mercur.	1 mg/l
chrome	50 mg/l.
Pesticides	0,1 mg/l
Plomb	10 mg/l.

→ Référence de qualité des eaux destinées à la consommation (quelque exemple.)

## Paramètres microbiologiques.

Bactéries coliformes	0/100 mL
Bactéries sulfite-réductrices	0/100 mL

## Paramètres chimiques

Aluminium	0,2 mg/L
Chlorure (Cl <sup>-</sup> )	250 mg/L
pH	> 6,5 et < 9
Conductivité	150 à 1000 $\mu$ S/cm à 25°C
Sodium (Na)	200 mg/L

## 2-4 : Le contrôle des résultats :

On doit exercer un contrôle interne et complet afin de s'assurer du bon fonctionnement des installations de production et de distribution.

Les éléments à prendre en compte dans la définition d'un programme de contrôle sont :

- \* L'évolution de la qualité de l'eau brute.
- \* L'évolution de la qualité de l'eau traitée sortie

partie usine et distillée dans le réseau public,  
par suivi en continu de certains paramètres  
(le chlore, turbidité, bactériologie, matières  
organique)

- L'examen des installations, au niveau de l'usine  
et des réseaux d'eau.
- La mise en œuvre de mesures correctives.
- La réalisation d'enquêtes et d'études.
- L'information.

### 2-5- Informer les consommateurs

توعية المستهلكين

L'information des consommateurs est  
obligatoire. Elle prend plusieurs formes comme la  
possibilité d'obtenir les résultats d'analyse en  
ligne, des fiches d'informations via la facture  
d'eau, des affichages dans les mairies...

التهديد = alerte  
الخطار (التهديد)

## 2-6 La gestion de crise :

La gestion d'une crise comporte plusieurs phases principales :

- \* L'alerte a après constat du problème, par émission d'information.
- \* Après confirmation de l'alerte et si possible du lien eau / Santé, la prise de décisions (cellule de crise) sur la recherche de solutions avec l'obligation d'informer la population, sur la recherche de causes de contamination et sur la mise en place d'une alimentation en secours.

## III - Comment définir une filière ?

L'établissement d'une filière (ou chaîne) de traitement pour la production d'eau potable consiste à assembler un certain nombre de procédés (ou opérations, unitaires) de traitement des eaux, dans un ordre déterminé, destinés à produire une eau agréable, désinfectée et conforme aux exigences réglementaires, tout en minimisant la formation de sous-produits de traitement.

ليقعة - اختيار معالجة

### III-1- Les principaux critères de choix -

Le choix des procédés et de leur disposition dans la filière est évidemment guidés en priorité par le débit souterrain et par la nature de l'eau, à près avoir effectué les analyses nécessaires sur la qualité de la ressource.

\* dans les cas de l'eau superficielle, plusieurs compagnes analytiques seront réalisées.

\* L'eau souterraine sera préférée à l'eau <sup>superficielle</sup> car de bien meilleure qualité microbiologique et contenant moins de matières organiques et d'impuretés chimiques indésirables ou toxiques.

\* D'autres critères peuvent entrer en ligne de compte, comme le coût des procédés, leurs encombrement, leur contribution au déséquilibre durable.

La filière doit être choisie de façon à être évolutive. compte tenu de la dégradation possible de la qualité de la ressource, de l'augmentation de la demande en eau potable.



### III. 2 - Les difficultés techniques rencontrées.

- Les ressources en eau superficielles sont très rarement d'excellente qualité et les eaux souterraines sont de plus en plus souvent contaminées par les polluants d'origine anthropique.
- Les valeurs paramétriques réglementaires de eaux destinées à la consommation sont de plus difficiles à respecter alors que les moyens analytiques permettant de les contrôler sont de plus en plus perfectionnés.
- Les paramètres doivent être respectés au robinet du consommateur et non plus à la source.
- Le réseau de distribution représente un domaine où existent encore des grandes incertitudes relatives aux phénomènes physiques ou biologiques. La maîtrise technique de la qualité de l'eau lors de sa distribution constitue toujours une difficulté supplémentaire.

### III. 3 - les exigences du consommateur.

Une autre difficulté à surmonter est l'exigence du plus en plus grande des consommateurs sur le goût de l'eau, mais aussi sa méfiance envers la qualité de l'eau du robinet comparativement aux eaux

embouteillées  
qu'il  
consomme  
dans sa maison

### III. 4. Quelles étapes de traitement peut inclure une filière :

une filière de traitement des eaux destinées à la consommation humaine doit inclure en priorité une excellente désinfection précédée, au plus, de trois groupes d'étapes de traitement (prétraitements physiques et chimiques, clarification, traitements d'affinage) selon la qualité de l'eau à traiter.

#### III. 4. 1 : Première étape : prétraitements physiques et chimiques :

L'étape de prétraitements physiques et chimiques en traitement des eaux superficielles en traitement des eaux superficielles, à la prise d'eau et/ou sur l'usine (dégrillage au minimum, dessablage, déshuilage, microtamisage) débouillage facile.

Elle peut être suivie d'une pré-oxydation

03  
(par ozonation).

\* En eau souterraine, le traitement, comme il existe, et dépendant des caractéristiques particulières d'eau. Peut être par exemple une oxydation (élimination de Fer, de Manganèse, de l'azote ammoniacal) ou une simple aération.

### III.4.2. Deuxième étape = clarification

Dans le cas de l'eau de surface, il s'agit généralement d'une clarification complète avec coagulation, floculation, décantation (ou flottation) et filtration.

pour les eaux très turbides (MES > 5g/l) une pré-décantation (ou débouillage) doit être pratiquée avec coagulation. alors que, pour les eaux peu turbides, une simple ou double simple filtration avec coagulation ou filtrée ou ~~ou~~ encore une membrane peuvent suffire.

### III. 4. 3 = troisième étape : Finition

L'étape de finition ou (ou affinage) a long-temps consiste en une filtration sur charbon actif en grains (CAG) souvent précédée d'une ozonation. Bien qu'également utilisée en eau souterraine, lors d'une dénitrification ou de l'élimination de pesticides, cette étape est plutôt réservée au traitement d'eau de surface.

La maîtrise technique de la qualité de l'eau lors de sa distribution constitue toujours une difficulté supplémentaire

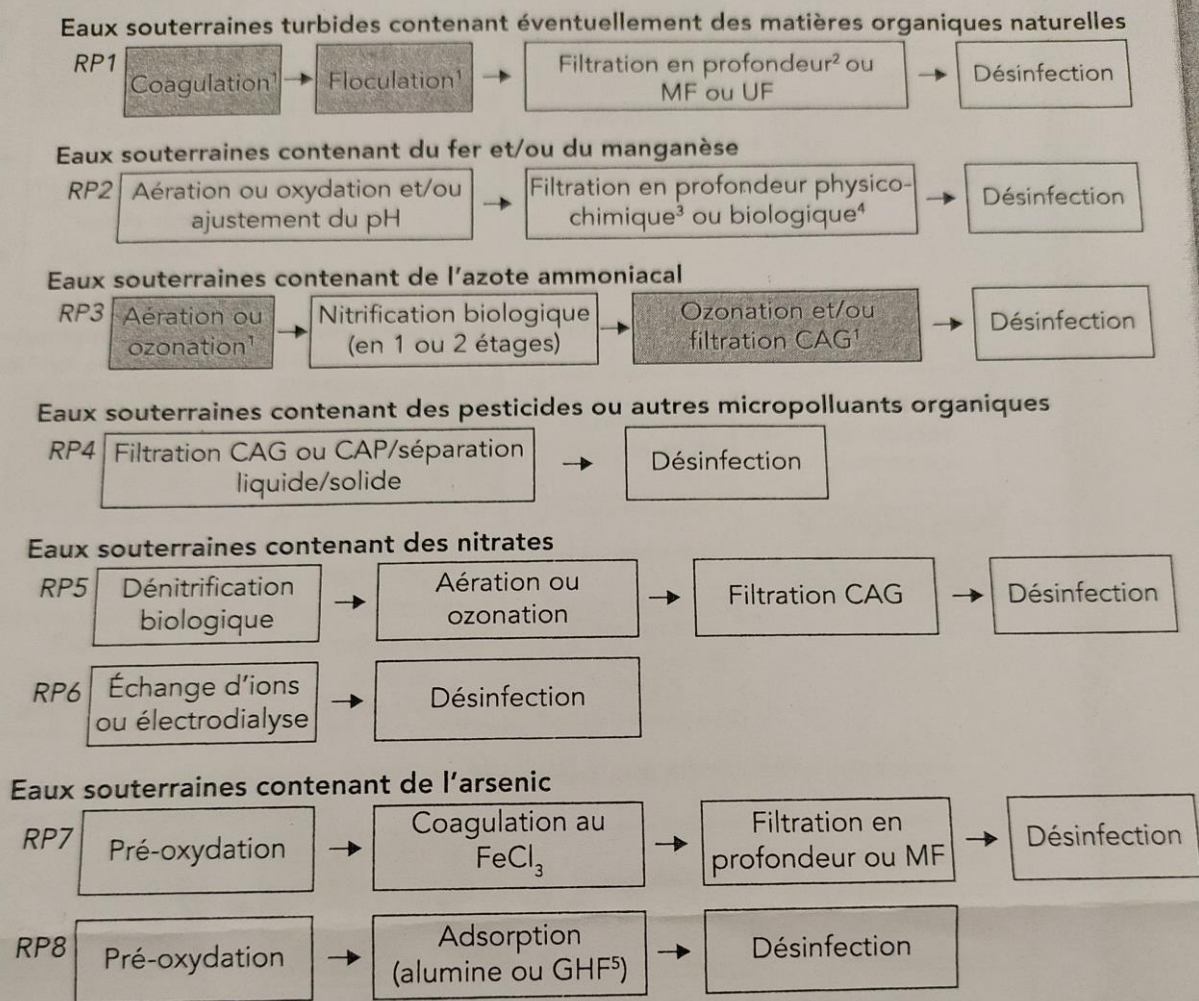
## VI - Les filières de traitement :

### VI-1 - Les filières pour eaux souterraines profondes.

Les principales filières de traitement pour eaux souterraines profondes sont présentées en figure 4.1.

### VI-2 - Les filières pour eaux de surface.

Les principales filières pour eaux superficielles sont présentées en figure 4.2.



(1) Étape éventuelle

(2) Filtration rapide (le plus souvent) ou filtration lente.

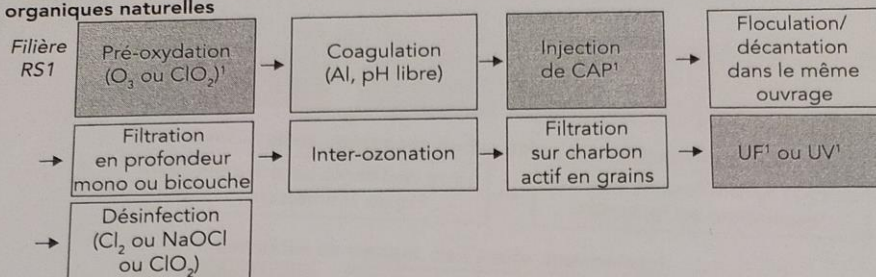
(3) Filtration physico-chimique pouvant être précédée d'une décantation (ou flottation).

(4) 2 étages de filtration (pour le fer, puis pour le manganèse) si présence simultanée de fer et de manganèse.

(5) GHF : Granulés d'hydroxyde de fer.

Figure 4.1 Schéma des principales filières pour eaux souterraines profondes.

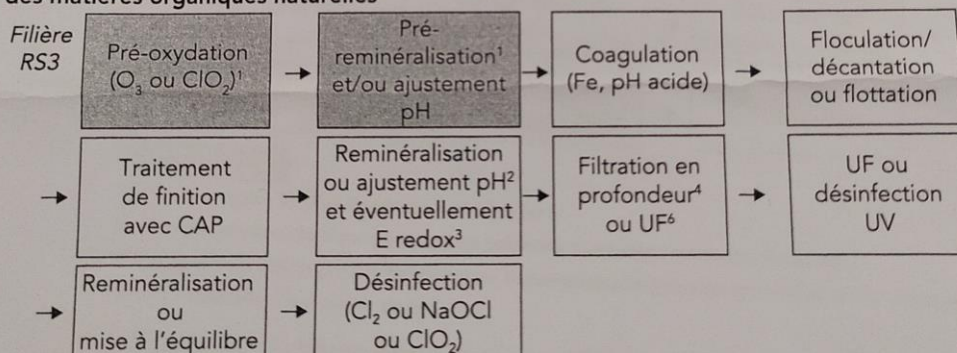
**Filière classique pour eaux minéralisées de cours d'eau contenant peu de matières organiques naturelles**



**Filière classique pour eaux de cours d'eau ou de retenue peu minéralisées contenant des matières organiques naturelles**



**Filière avancée pour eaux de cours d'eau ou de retenue peu minéralisées contenant des matières organiques naturelles**



(1) Étape éventuelle

(2) L'ajustement de pH est indispensable (l'eau est acide à ce niveau).

(3) L'ajustement de potentiel E est nécessaire pour éliminer le manganèse (par ajout de  $\text{ClO}_2$  ou  $\text{KMnO}_4$  ou  $\text{O}_3$ ).

(4) Pour l'élimination du manganèse, un sable enrobé sera préféré au matériau classique.

(5) La reminéralisation est plus souvent située en fin de filière, mais peut être placée avant la filtration CAG, voire avant la filtration en profondeur (démanganisation et/ou nitrification) mais avec le risque de former des bromates par ozonation dans ce dernier cas.

(6) Attention aux colmatages trop fréquents des membranes si l'UF est placée directement après l'ajustement de pH et de potentiel.

**Figure 4.2** Schéma des principales filières de traitement des eaux superficielles.

## Chapitre II: Procédés de production des eaux potables:

### I) Coagulation et floculation:

La coagulation et floculation sont deux opérations indissociables et particulièrement primordiales en traitement des eaux de surface.

L'objectif est de contribuer à l'élimination de la turbidité, des matières organiques dissoutes (COD), de certains micropolluants minéraux (métaux lourds, fluor, arsène) ainsi que des micro-organismes à l'aide des étapes de clarification placées en aval.

### 1) Réactifs:

On distingue 3 types de réactifs:

- Les sels de métal. **Principalement à base de  $Al^{3+}$  ou  $Fe^{3+}$  appelés coagulants.**

- Les polymères, appelés en pratique floculants.



$CO_2$  pH  $Ca(OH)_2$

Les acides ( $CO_2$  principalement) et la base ( $CaO$  ou  $Ca(OH)_2$  principalement), réactifs d'ajustement du pH.

## 2/ Réactifs:

La coagulation et la floculation sont mises en œuvre séparément et consécutivement au laboratoire comme en usine.

En usine de traitement, la coagulation consiste à introduire les réactifs dans l'eau à traiter, sous agitation rapide, et donc à former les pré-flocs. La floculation qui suit a pour but de faire grossir les flocs initiaux, par agitation lente.

## 3/ Conditions d'une bonne coagulation et floculation:

Dans le cas de traitement de l'eau de surface la coagulation et floculation sont pratiquement

et toujours utilisées, et ce sont des opérations déterminantes sur l'efficacité de la clarification, donc sur la qualité de l'eau prélevée traitée.

### 3-1. choix des réactifs, de leurs doses et le pH de coagulation

#### a) choix des coagulants

- le chlorure ferrique est utilisé pour les eaux <sup>peu</sup> minéralisées, riches en matière organique dissoute (eau douce de cours d'eau et eau de retenue)
- Le sulfate d'aluminium et les polychlorures d'aluminium sont utilisés pour les eaux minéralisées, peu chargées en matière organique (eau de cours d'eau)

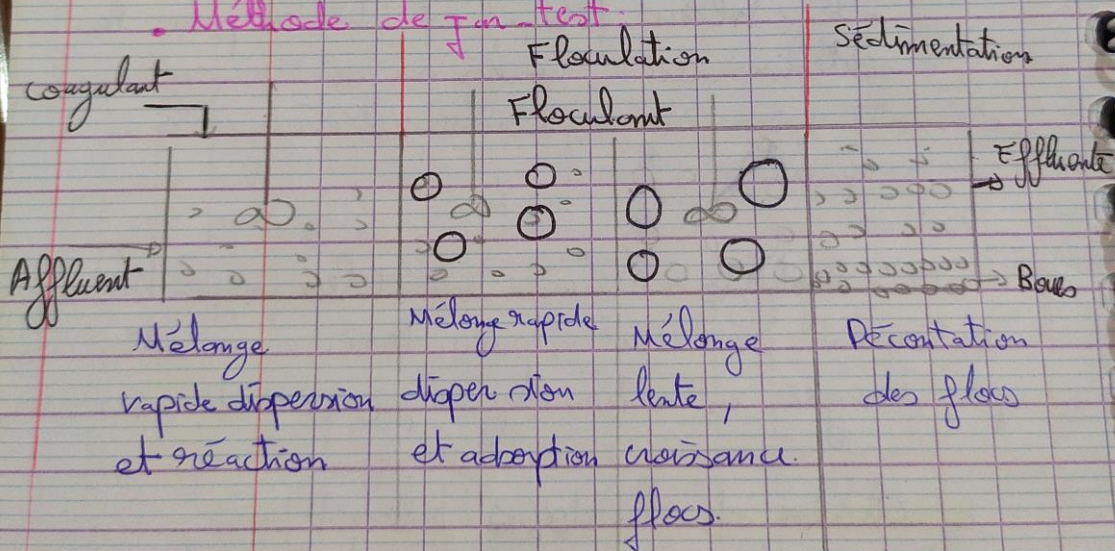
#### b) choix de la dose et le pH

- les variables permettant d'ajuster <sup>le</sup> processus de coagulation pour obtenir <sup>le</sup> meilleur résultat possible sont pour un coagulant

donc sa dose, le pH de coagulation, ainsi que l'agitation.

Suit la complexité de système et les bases théorique de la coagulation et floculation prises pour préciser les conditions optimal de traitement. Il faut aussi recourir à l'expérience dite floculateur à hélices ou jar-test.

**Méthode de jar-test:**



**Fig:** Schématisation de la séquence des opérations de l'expérience "jar-test".

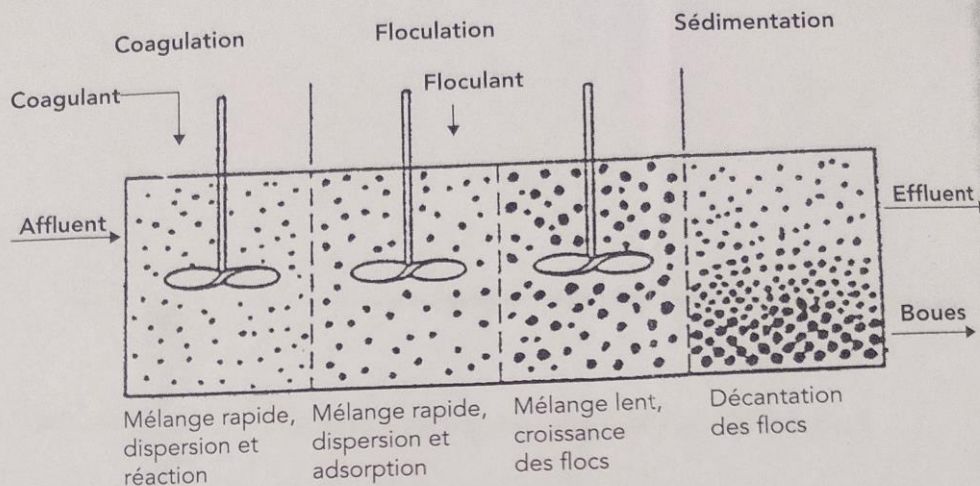


Figure 9.1 Schématisation de la séquence des opérations de l'expérience « Jar-test ».

Une appréciation notée doit être attribuée à chaque bécber en tenant compte de la taille des floccs et de leur vitesse de décantation. Une mesure de potentiel  $\zeta$  (ou du « streaming current ») peut être réalisée pendant l'étape de coagulation (cf. F-B2).

En fin d'expérience, les prélèvements d'eau décantée doivent être réalisés à la même profondeur dans chaque bécber, par exemple avec un tube en S dont l'extrémité dans l'eau est orientée vers la surface de façon à ne pas prélever les boues décantées. Plusieurs contrôles analytiques peuvent être alors effectués sur les prélèvements d'eau décantée et parfois d'eau filtrée (cf. § 8.1).

### Objectifs recherchés

Les objectifs principaux de l'expérience de « Jar-test » sont très fréquemment de deux ordres, et ce pour un paramètre donné de qualité (turbidité, MES, COD, métaux) :

- ▶ déterminer la dose optimale de coagulant (et de floculant) ;
- ▶ déterminer la zone optimale de pH de coagulation.

Il est souhaitable de commencer l'expérience du « Jar-test » par un essai à dose constante (par exemple à 1 mg de Al par mg COD ou 2 mg de Fe par mg de COD) et à différents pH. Dans une seconde expérience, à pH optimal, la dose plus précise de coagulant est ensuite déterminée.

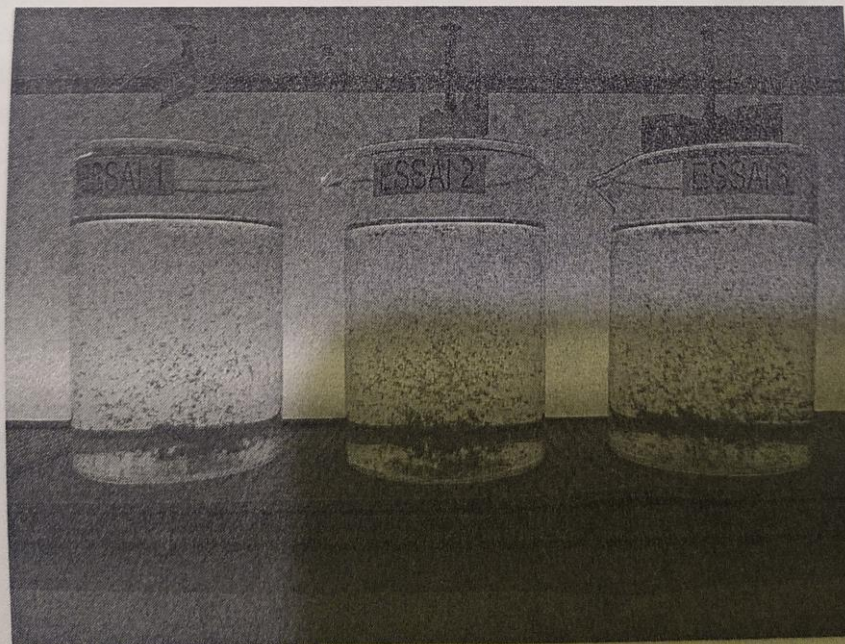
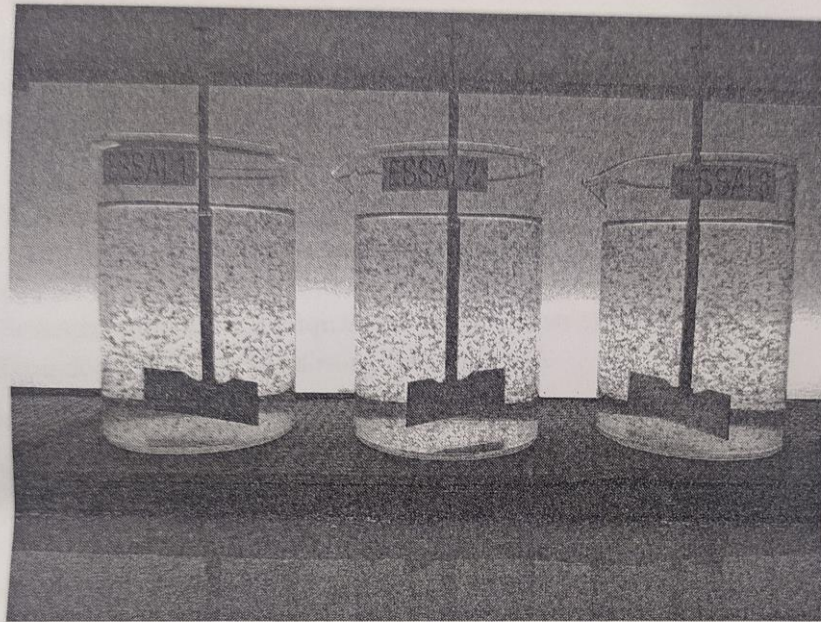


Figure 9.2 Expérience de Jar-test en cours de réalisation sur une eau de surface traitée au  $\text{FeCl}_3$  : pendant la floculation (haut) et pendant la décantation (bas).

(Illustrations fournies par IANESCO Poitiers)

س- اءر- كاس سكر، كاس ماء، كاس قهوة  
كاس اءودء + كاس ماء + كاس قهوة + كاس سكر + كاس ماء

## II) Decantation =

La decantation gravitaire tient une place primordiale dans les filieres de traitement d'eau de surface pour la production d'eau potable. Elle est toujours precedee de la double operation de coagulation / flocculation et toujours suivie d'une filtration. La decantation est parfois remplacee par la flottation.

### 1/ Les types de decanteurs :

#### 1-a) Decanteurs statiques :

- Decanteurs rectangulaires conventionnels.
- " " lamellaires stricts.
- " " rectangulaires equipes de lamelles.

#### 1-b) Decanteurs a contact de boues :

- les decanteurs a lit de boues fluidisees.
- " " a recirculation de boues.
- " " a flocs lents.

- 1-c) Décanteurs à grande vitesse :
- décanteurs de type **ACTIFLO<sup>TM</sup>**
  - " " " " " **DE-NSAEG**
  - " " " " " **DELREB**

### III) flottation :

La flottation à air dissous (FAD) ou aéroflottation est classiquement utilisée en traitement des eaux brutes superficielles peu chargées en turbidité mais riches en matières organiques coagulables et / ou contenant des algues planctoniques.

Les appareils de flottation par l'ozone peuvent également être classés dans les flotteurs à gaz dissous.

- Les types de flotteurs :
- flotteurs conventionnels.
- " " " " à grande vitesse.
- " " " " par l'ozone.

## II - Filtration :

### 1 - Filtration en profondeur

La filtration en profondeur est très fréquemment utilisée en traitement des eaux de surface, après les étapes successives de coagulation, floculation et décantation (ou flottation). Elle peut être appliquée directement sur l'eau brute (tamisée), sans ou avec injection de coagulant notamment pour le traitement des eaux souterraines.

### 2 - Filtration membranaire :

La clarification membranaire est très utilisée pour la production d'eau potable à partir d'eau souterraines pour lutter contre la turbidité des eaux origine karstique et / ou pour traiter les eaux souterraines contenant des matières organiques naturelles ou anthropiques (avec injection de coagulant et / ou de charbon actif en poudre).



## V. Désinfection :

- \* La désinfection est une étape primordiale en production d'eau potable.
- \* Elle est toujours utilisée quelle que soit les types de filière de traitement et de ressource.
- \* C'est la première priorité du traitement d'eau dont l'objectif est de produire et distribuer une eau exempte de germes pathogènes.

### 1) Désinfection en usine :

- \* La désinfection en usine peut être réalisée par voie physique (clarification conventionnelle, UV, membranes).
- \* Par voie chimique (Chlore gazeux, eau de javel, ozone, dioxyde de chlore).

- \* L'efficacité est variable, elle dépend du micro-organisme cible et des conditions physico-chimiques de l'eau (température et pH notamment).

#### a) Désinfection chimique :

- \* La désinfection chimique consiste à appliquer une certaine concentration de désinfectant pendant un temps de contact suffisamment important, tout en limitant la formation de sous-produits de désinfection.
- \* La désinfection chimique sera d'autant plus efficace que la qualité de l'eau sera grande.

#### 2°) Désinfection en réseau :

- \* Toute désinfection chimique ou physique en usine, même excellente, ne permet pas d'éviter une désinfection passive en réseau par voie chimique au chlore gazeux, aux

hypochlorites ou au dioxyde de chlore.

\* Cette désinfection de sécurité consistera à maintenir une concentration résiduelle de désinfectant chimique jusqu'au robinet du consommateur.

30) Physico-chimie de désinfectants :

Les désinfectants que sont le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone et les radiations UV possèdent une physico-chimie de base ainsi que des propriétés spécifiques autres que celle de désinfecter, notamment un pouvoir oxydant plus ou moins important.

a) Physico-chimie et propriétés du chlore libre :

En chimie de l'eau, l'habitude est de regrouper sous l'appellation « chlore libre », le dichlore ( $\text{Cl}_2$ ), l'acide hypochloreux ( $\text{HOCl}$ )

Tableau 14.2 Principales propriétés des désinfectants dans les conditions utilisées en France et places possibles dans les filières de production d'eau potable.

Principales propriétés recherchées	Chlore et hypochlorites	Dioxyde de chlore	Ozone	Radiations UV-C
Pouvoir bactéricide et virulicide	++	++	+++	+++
Pouvoir algicide	++	++	++	+
Pouvoir d'inactivation des protozoaires	0	0	+	+++
Pouvoir rémanent en réseau	++	+++	0	0
Oxydation de $\text{NH}_4^+$	+++	0	0	0
Oxydation de $\text{Mn}^{\text{II}}$	+	++	+++	0
Oxydation des micropolluants organiques <sup>(1)</sup>	+	+	+++	0/+
Diminution des goûts et d'odeurs et absence de génération	0	++	++	0

Principales propriétés recherchées	Chlore et hypochlorites	Dioxyde de chlore	Ozone	Radiations UV-C
Formation de THM et TOX	+++	+	0	0
Formation de bromates	+	0	+++	0
Formation de chlorites	0	+++	0	0
Élimination du COD	0	0	+	0
Formation de CODB	0		++	0
Abattement de l'absorbance UV et du SUVA <sup>(2)</sup>	0	+	+++	0
Formation de nitrites	0	0	0	+
Places possibles dans la filière	Uniquement en désinfection finale	En pré-oxydation, inter-oxydation et désinfection finale	En pré-oxydation et inter-oxydation	Uniquement en désinfection (pré) finale <sup>(3)</sup>

et l'ion hypochlorite ( $\text{ClO}^-$ ) ainsi que d'autres espèces très peu présentes.

### b) Spéciation du chlore libre :

\* Le dichlore gazeux ( $\text{Cl}_2$ ) est un gaz très soluble dans l'eau, une fois dissous, s'hydrate en acide hypochloreux ( $\text{HOCl}$ ) qui est un acide faible en équilibre avec sa base conjuguée l'ion hypochlorite ( $\text{ClO}^-$ ).

\* La somme ( $\text{HOCl} + \text{ClO}^-$ ) est appelée le chlore libre.

\*  $\text{HOCl}$  est le chlore libre actif et  $\text{ClO}^-$  le chlore libre disponible.

### c) Rôle du pH sur l'action désinfectante :

\* L'action du chlore libre est d'inactiver les micro-organismes, ce qui est plus efficace

avec l'acide hypochloreux (appelé chlore libre actif) qui avec l'ion hypochlorite (appelé chlore libre disponible).

- \* La valeur du pH va donc avoir un impact très important sur l'efficacité de la désinfection.
- \* On conseille généralement d'effectuer la désinfection à un pH inférieur à 8.
- \* L'utilisation de chlore gazeux par rapport à l'eau de javel n'aura aucun impact sur la désinfection puisque c'est la valeur du pH de l'eau à désinfecter qui détermine les espèces présentes.

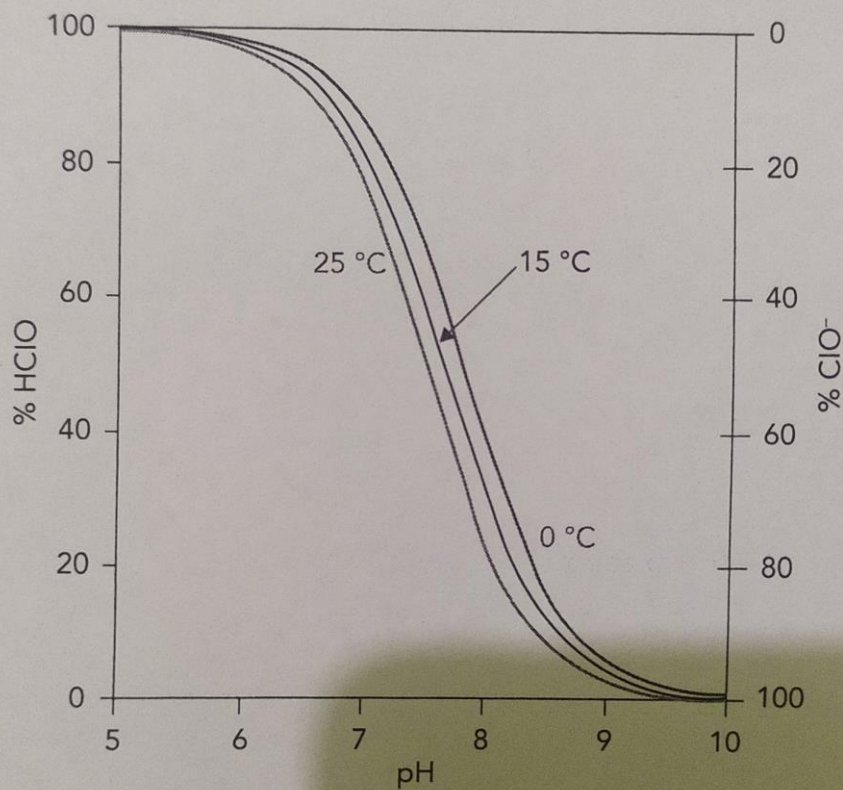


Figure 14.2 Spéciation du chlore libre entre pH 5 et 10.

Le dichlore ( $\text{Cl}_2$ ) ne commence à être significativement présent qu'au-dessous de pH 4, alors que les deux autres espèces ( $\text{HOCl}$  et  $\text{ClO}^-$ ) sont majoritaires entre pH 5 et 10, ensemble ou séparément. Les répartitions sont approximativement les suivantes (entre 25 et 0 °C), la proportion de  $\text{HOCl}$  augmentant quand la température diminue à pH identique :

- ▶ à pH 6,5 : entre 92 et 98 % de  $\text{HOCl}$  ;
- ▶ à pH 7,5 : entre 58 et 68 % de  $\text{HOCl}$  ;
- ▶ à pH 8,5 : entre 10 et 20 % de  $\text{HOCl}$ .