

## Les éléments chimiques liés à la potabilité de l'eau

### Plan :

#### Introduction

#### I. Les Chlorures

#### II. La Matière Organique

#### III. Les Sulfates

#### IV. Les dérivés du phosphate

#### V. Dérivés de l'Azote

## **Introduction :**

Une eau de bonne qualité est essentielle à la santé humaine. Les organismes nationaux responsables de la qualité de l'eau établissent des normes de concentration pour les différents éléments pouvant être présents dans l'eau. Des limites étant fixées, il devient relativement facile de définir une eau de qualité. Elle devrait présenter un goût agréable, ne pas dégager d'odeur déplaisante, avoir un aspect esthétique acceptable et être dépourvue d'argents physiques, chimiques ou biologiques nocifs. Les résultats de l'analyse permettent de prendre les mesures nécessaires pour régler des problèmes particuliers.

## **I. Les Chlorures :**

### **1- Origine :**

- Dissolution des dépôts de sel dans les régions sédimentaires.
- Intrusion de l'eau de mer dans les zones côtières.
- Infiltration des eaux usées vannes.
- Rejets industriels, exemple : HCl.
- Entretien des routes par le sel gemme.

### **2- Dosage :**

#### **A- Méthode de MOHR :**

- **Principe :**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent, en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

- **Mode Opérateur :**

Dans une fiole conique de 250 ml, Introduire :

- 100 ml d'eau à analyser.
- II à III gouttes d'acide nitrique pur
- Une pincée de carbonate de chaux
- III gouttes de solution de chromate de potassium à 10%

Verser alors au moyen d'une beurette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes.

Soit n le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1 N utilisés.

- **Résultats :**

#### **B- Méthode de charpentier-Volhard :**

$$\begin{aligned}[\text{Cl}^-] &= n \cdot 35.5 \text{ mg Cl}^-/\text{L} \\[\text{Cl}^-] &= n \cdot 58.5 \text{ mg NaCl}/\text{L} \\[\text{Cl}^-] &= n \text{ mEq}/\text{L}\end{aligned}$$

- **Principe :**

Les chlorures d'un volume connu d'eau sont précipités en présence d'acide nitrique par un excès de nitrate d'argent titré. L'excès de sel argentique est déterminé par une solution titrée de thiocyanate d'ammonium en présence d'alun de fer.

- **Mode Opérateur :**

Dans erlenmeyer, introduire :

- 100 ml d'eau à analyser.
- 10 ml de solution d'AgNO<sub>3</sub>.
- 5 ml d'acide nitrique concentré.
- 2ml d'alun ferrique.

Titre l'excès de nitrate d'argent par le thiocyanate 0,1 N jusqu'à coloration rougeâtre persistante, en agitant après chaque addition de réactif.

Soit n le nombre de millilitres de thiocyanate versés.

- **Résultat :**

$[\text{Cl}^-] = (10-n) \cdot 35.5 \text{ mg Cl}^-/\text{L}$ $[\text{Cl}^-] = (10-n) \cdot 58.5 \text{ mg NaCl}/\text{L}$ $[\text{Cl}^-] = (10-n) \text{ mEq}/\text{L}$
---

## 2- Norme :

La concentration maximale admissible est fixée à 500 mg de Cl<sup>-</sup>/L d'eau

## II. La Matière Organique :

### 1- Origine :

- Décomposition des matières animales ou végétales.
- Rejets industriels et domestiques.

### 2- Oxydabilité au permanganate de potassium :

- **Principe :**

L'opération consiste à mesurer, en milieu **alcalin**, la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction permanganate de potassium par les matières organiques d'origine animale ou végétale contenues dans une eau.

En effet, en milieu **alcalin** et à chaud, les matières organiques sont oxydées par une solution de permanganate de potassium N/80 en excès. L'excès de KMnO<sub>4</sub> est titré en retour par une solution de sel de MOHR (Sulfate ferreux ammoniacal) de même titre (N/80), l'excès de sel de MOHR non Oxydé est titré en double retour par une solution de KMnO<sub>4</sub> N/80.

- **Mode Opérateur :**

Test blanc :

Dans un ballon décapé, ajouter :

- 200 ml d'eau distillée
- 20 ml de  $\text{KMnO}_4$  à N/80
- 5 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  N/2

La solution prend une coloration rose violacée.

- Ajouter 20 ml de sel de MOHR à N/80, la solution se décolore.

Titrer l'excès de sel de MOHR par la solution de permanganate à N/80 jusqu'à apparition de la coloration rose.

Soit  $n_0$  le volume de  $\text{KMnO}_4$  qui a servi au dosage de l'excès de sel de MOHR.

Dosage de l'échantillon :

Dans un ballon en pyrex mettre :

- 200 ml d'eau à analyser.
- 2 ml de solution saturée de  $\text{NaHCO}_3$ .
- 20 ml de  $\text{KMnO}_4$  N/80.

Porter la solution à l'ébullition qui maintenue 10 mn exacte

Refroidir sous un courant d'eau froide.

- Acidifier par 5 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diluée au demi.
- Ajouter 20 ml de sel de MOHR à N/80, se décolore.

Titrer par du  $\text{KMnO}_4$  à N/80 jusqu'à apparition de la coloration rose pale.

Soit  $n_1$  le volume de  $\text{KMnO}_4$  versé ayant oxydé les matières organiques contenues dans l'échantillon.

Cependant  $(n_1 - n_0)$  correspond au volume réel de  $\text{KMnO}_4$  ayant servi à ce dosage.

- **Résultat :**

$\text{IP} = (n_1 - n_0) 0,5 \text{ mg d'O / L}$ $\text{IP} = (n_1 - n_0) / 16 \text{ meq / L}$
---

**3- Normes :**

L'oxydabilité manganique ne doit pas dépasser 05 mg d'oxygène par litre d'eau.

### III- Les sulfates :

#### 1- Origine :

- Infiltration de l'eau de mer.
- Lessivage des terrains gypseux et pyriteux.
- Origine agricole.
- Origine atmosphérique.

#### 2- Dosage :

##### A- Méthode gravimétrique :

- **Principe :**

Les ions sulfates sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évalués gravimétriquement.

- **Expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 100 ml :

**M .10 . 0,41** donne la teneur en sulfates exprimée en mg de  $\text{SO}_4^{2-}$  /l d'eau.

##### B- Méthode néphélométrique :

- **Principe :**

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stable à l'aide d'une solution de tween 20 ou de polyvinyl- pyrrolidone.

Les suspensions homogènes sont mesurées au spectrophotomètres.

- **Expression des résultats :**

La courbe donne directement la teneur en sulfates exprimée en mg de  $\text{SO}_4^{2-}$ /l d'eau.

#### 3- Normes :

La valeur limite est de l'ordre de 400 mg de sulfates par litre d'eau.

### IV- Les dérivés du phosphate :

#### 1- Origine :

- Rejets industriels (industrie agroalimentaire)
- Rejets domestiques (adjuvants actifs ajoutés aux détergents)
- Origine agricole (engrais phosphatés et pesticides)

#### 2- Dérivés phosphorés :

##### a- Phosphates inorganiques :

- **Les orthophosphates :** sont les sels de l'acide phosphorique  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Le radical orthophosphate,  $\text{PO}_4^{3-}$  est tétraédrique.

Les orthophosphates acides, comme  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  ou  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , sont solubles. Par contre, les orthophosphates alcalino-terreux sont peu solubles : c'est le cas de  $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$  ou de  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ .

- **Les polyphosphates :** sont obtenus par condensation, c'est-à-dire élimination d'une molécule d'eau, entre deux molécules d'acide phosphorique. Ils peuvent être cyclique ou linéaires.

#### **b- Phosphates organiques :**

Le phosphore intervient dans la matière vivante : dans les os ainsi que dans les cellules de nombreux organes et du système nerveux.

### **3- Dosage :**

#### **3-1 Dosage des orthophosphates :**

- **Principe :**

En solution acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique à une longueur d'onde 690 nm par rapport à une gamme étalon traitée de la même manière et préparée à partir d'une solution mère de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ayant une concentration de 5 mg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

- **Expression des résultats :**

Exprimé en mg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  par litre d'eau.

#### **3-2 Dosage des phosphates hydrolysables :**

- **Principe :**

Les polyphosphates tel que le pyro-, méta-, ou tripolyphosphate, sont transformés par hydrolyse, en milieu acide minéral concentré, en orthophosphates et dosés sous cette forme.

Cette méthode détermine la somme des polyphosphates et de l'orthophosphate contenus dans l'échantillon. La différence entre l'orthophosphate dosé avant et après hydrolyse donne la quantité de polyphosphates en équivalents de phosphates.

#### **3-3 Dosage du phosphore total :**

- **Principe :**

Le phosphore total est dosé, après minéralisation de l'échantillon par la méthode décrite pour le dosage des ortho phosphates.

La digestion oxydative se fait en milieu acide et à chaud en présence d'acide nitrique  $\text{HNO}_3$  et d'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1v/5v) et en porte à l'ébullition puis on laisse refroidir et on neutralise par une addition d'une base.

#### 4- Norme :

La concentration maximale admissible est fixée à 5 mg de phosphore par litre d'eau.

#### V- Dérivés de l'azote :

##### ➤ Diverses formes :

L'azote peut se présenter sous diverses formes et à des degrés d'oxydation variables.

Forme de l'azote	Formule chimique	Degré d'oxydation	Exemples
Azote organique	N	-III	
Azote ammoniacal	NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-III	NH <sub>4</sub> Cl
Azote moléculaire	N <sub>2</sub>	0	
Azote des nitrites	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	+III	NaNO <sub>2</sub>
Azote des nitrates	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	+V	KNO <sub>3</sub>

#### IV-1 L'azote ammoniacal :

##### 1- Origine :

- ✓ Eaux de surface :
  - Matières végétales des cours d'eau.
  - Matière organique animale ou humaine.
  - Rejets industriels.
  - Engrais azotés.
- ✓ Eaux profondes :
  - Réduction des nitrates.

##### 2- Dosage (méthode de Nessler) :

- Principe :

L'ammoniaque et les composés ammoniacaux réagissent avec le réactif de Nessler (iodomercurate de potassium en milieu alcalin) en donnant un complexe stable colloïdal jaune brunâtre ou rougeâtre.

La coloration obtenue est comparée à celle d'une gamme étalon. On apprécie l'intensité de la coloration à l'aide d'un spectrophotomètre à 400-425 nm.

- **Réactions mises en jeu :**



- **Expression des résultats :**

La teneur en ammoniacque exprimée en mg de  $\text{NH}_4^+$ /l d'eau.

## IV-2 L'azote nitreux (nitrites) :

### 1- Origine :

- Oxydation partielle de l'azote ammoniacal sous l'action des bactéries nitreuses du type Nitrosomonas.
- Réduction des nitrates par les bactéries dénitrifiantes.

### 2- Dosage :

#### 2-1 Méthode de Zambelli :

- **Principe :**

L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence d'ion ammonium et de phénol (=réactif de Zambelli), forme avec les ions nitrites un complexe coloré jaune dont l'intensité est proportionnel à la concentration en nitrites. Le complexe coloré jaune adsorbe à la longueur d'onde 435 nm, alors l'intensité qui est proportionnel à la concentration des nitrites peut être évaluée par une méthode spectrophotométrique.

- **Expression des résultats :**

La teneur en nitrites exprimée en  $\text{NO}_2^-$ /l d'eau.

#### 2-2 Méthode de Griess :

- **Principe :**

La méthode de Griess est une réaction de diazotation par les nitrites de l'acide sulfanilique. Il se forme un sel de diazonium qui est ensuite couplé avec une amine (réaction avec le  $\alpha$ -Naphtylamine) ce qui donne un colorant azoïque qui absorbe à 540 nm.

- **Expression des résultats :**

La courbe donne la teneur en nitrites exprimée en mg d'azote nitreux/l d'eau.

#### **IV- L'azote nitrique (nitrates) :**

##### **1- Origine :**

- Origine agricole (développement d'élevage et fertilisation par les engrais).
- Rejets des collectivités.
- Eaux météoriques.

##### **2- Dosage (méthode de grandval et lajoux) :**

- **Principe :**

Les nitrates sont dosés par colorimétrie, après réaction avec le réactif sulfophénolique de grandval et Lajoux : il y a nitration du phénol par les nitrates de l'eau en présence d'acide sulfurique. Après addition de l'hydroxyde d'ammonium, il se forme un dérivé nitrophénol-sulfonique de couleur jaune. On opère simultanément et dans les mêmes conditions avec une solution de nitrate de concentration connue.

On compare la teinte de l'essai (qui est jaune s'il y a présence de nitrates) à celle de la solution étalon.

- **Expression des résultats :**

Le résultat est exprimé en mg d'azote nitrique/l d'eau.

➤ **Normes :**

<b>Forme d'azote</b>	<b>Concentration maximale admissible</b>
Ammoniaque	CMA = 0,5 mg de $\text{NH}_4^+$ /L
Nitrites	0,2 mg de $\text{NO}_2^-$ /L
Nitrates	50mg de $\text{NO}_3^-$ /L