



EXTRAIT DU PROCES VERBAL DE LA REUNION EXTRAORDINAIRE DU CONSEIL  
SCIENTIFIQUE

DE L'INSTITUT DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

21 Mars 2023

L'an deux mille vingt trois, le vingt un mars à 13h 00 se sont réunis les membres du Conseil Scientifique de l'Institut des Sciences et de la Technologie dont les noms suivent:

- Mr. HOUARI Ahmed : *Président du Conseil Scientifique ST* ;
- Mr. HADJ DJELLOUL Mohamed : *Directeur adjoint de la poste graduation* ;
- Mme. BEKRI Yamina : *Responsable de domaine ST*
- Mr. ZEGNOUNI Aymen
- Mme CHACHOUA Mounira
- Mme AINSEBA Nabila
- Mme BENMANSOUR Khadidja
- Mr. GAOUR Imad

**Etaient absents :**

- Mr. BOUDGHENE STAMBOULI Yassine
- Mr. GUIZ Amine
- Mr. HAMRA Amine
- Mme SARI Aouatef
- Mme GHERISSI Radia (Excusée)
- Mr. KAZI-TANI Hychem (Excusé)





**Ordre du jour:**

L'ordre du jour de cette **réunion extraordinaire** est le suivant :

1. Confirmation des enseignants dans leur grade
2. Dépôt des polycopiés pédagogiques
3. Confirmation des rapports d'expertise des polycopiés pédagogiques

**3. Confirmation des rapports d'expertise des polycopiés pédagogiques :**

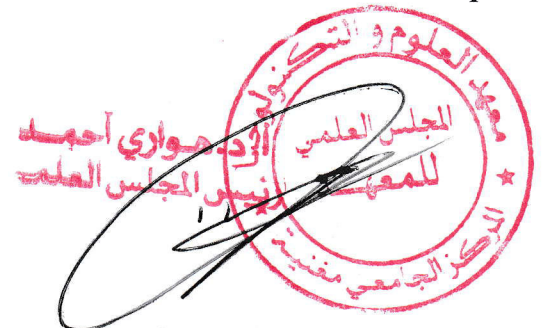
Deux polycopiés pédagogiques déposés auparavant auprès du Conseil Scientifique pour expertise ont reçu des **rapports favorables pour publication**. Après examen des rapports d'expertise par le Conseil Scientifique, ce dernier a **confirmé les avis favorables accordés par les experts à chaque polycopié**. La fiche signalétique des polycopiés en question est la suivante :

N°	Intitulé	Spécialité	Auteur (e)
1	TP Dessin Technique	Mécanique	Dr. Maachou Sofiane
2	Traitement et dessalement des eaux	Hydraulique Urbaine	Dr. Benhachem Fatima Zahra

*L'ensemble des membres présents ont été remerciés pour leur contribution. La séance fut levée à 14h.*

**Signé :**

**Président du Conseil Scientifique IST**



**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Centre Universitaire de Maghnia**

**Institut des Sciences et de la Technologie**  
**Département d'Hydraulique**

**Polycopié de travaux pratiques de**  
**TAITEMENT ET DESSALEMENT DES EAUX**

*Master 1 Hydraulique Urbaine*

*Présenté par :*

Dr. Benhachem Fatima Zahra



*Année universitaire 2022 – 2023*

## **Avant-propos**

Les travaux pratiques permettent de mettre en évidence les transferts et les techniques mis en œuvre dans les ateliers d'application et d'adapter les supports pédagogiques en fonction des techniques étudiées.

Ce polycopié est le fruit d'une recherche et d'une compilation minutieuse. Il s'adresse principalement aux étudiants de 1ère année Master hydraulique urbaine, sans oublier les étudiants du domaine chimie, traitement des eaux et environnement.

Ce manuel reprend les mesures de sécurité qu'il faut respecter dans un laboratoire de chimie, les différentes méthodes de caractérisation et de traitement des eaux en huit TPs (semestre 2) avec les comptes rendus et les corrigés types. Nous avons essayé dans la mesure du possible de nous limiter à des expériences faisant appel à du matériel simple retrouvé aisément dans les laboratoires pédagogiques d'hydraulique.

Nous espérons que ce manuel remplira les objectifs fixés.

## Initiation aux Travaux Pratiques

### 1. *Recommandations et conseils*

Pour le bon déroulement des travaux pratiques dans un laboratoire de chimie, il est conseillé de suivre les recommandations suivantes :

- 1-Le port de la blouse est obligatoire. La blouse doit être à manches longues, en coton et boutonnée.
- 2- L'étudiant doit connaître les mesures de sécurité et doit savoir que les produits chimiques sont dangereux.
- 3-Manger, boire ou fumer est interdit.
- 4- Ne pas allumer de flamme si quelqu'un travaille à côté des substances inflammables (ether, benzène,...).
- 5- Ne pas transvaser de tels solvants à proximité d'une flamme.
- 6-Eteindre toujours un bruleur (bec bunsen...) après son utilisation.
- 7-Toutes les manipulations avec les acides concentrés, doivent se faire sous la hotte.
- 8-Ne pas pipeter par la bouche les acides concentrés et les bases : utiliser les poires en caoutchouc ou des éprouvettes graduées.
- 9- Il faut arriver à l'heure avant le début de la manipulation.
- 10- Prendre ses notes dans un cahier et non sur des feuilles séparées.
- 11-Suivre à la lettre toutes les étapes de la partie expérimentale (en évitant tout gaspillage des produits chimiques).
- 12- pendant l'exécution du TP, l'étudiant notera toutes les remarques, observations et résultats obtenus.
- 13-N'utiliser que de la verrerie propre.
- 14-Dés qu'un liquide, une solution, un mélange ou un solide, est mis en récipient de garde, on doit immédiatement le boucher et l'étiqueter.
- 15-Il est interdit de jeter directement les produits chimiques dans l'évier.
- 16-Toutes les ordures (papier, allumettes, coton ...) à mettre dans une poubelle et non dans l'évier.
- 17-Travaux terminés : nettoyer soigneusement la paillasse, laver la verrerie, et ranger le matériel à sa place.
- 18-A l'issue du TP, l'étudiant devrait être capable de commenter tous les résultats et calculs obtenus (exacts ou inexacts) et comprendre la différence entre l'aspect théorique et l'aspect pratique.

### 2. *Lire une étiquette du produit*

L'étiquette apposée sur les récipients des produits commercialisés a pour rôle d'informer l'utilisateur sur les propriétés dangereuses. Elle doit comporter:

- le nom de la substance,
- un, deux ou trois symboles de danger (pictogrammes),
- une ou plusieurs phrases de risque (phrases R),
- un ou plusieurs conseils de prudence (phrases S).

Les phrases de risque et les conseils de prudence complètent les informations du pictogramme qui, le plus souvent, ne souligne que le danger principal.









L'étiquetage sera reproduit lors de tout reconditionnement. Il faudra également :

- veiller au marquage correct de tous les flacons, ballons et récipients contenant un réactif ou une préparation en cours (date pour les solutions),
- à remplacer systématiquement les étiquettes lorsqu'elles sont abîmées ou peu lisibles.





### 3. Symboles utilisés sur les étiquettes des produits chimiques ainsi que les risques liés




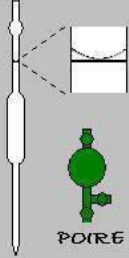




Pictogramme	Signification	Risques	Conseils de prudence
	Substance Comburente O	Peut provoquer ou aggraver un incendie	Eviter tout contact avec les matières combustibles
	Substance Facilement inflammable F  Extrêmement inflammable F+	auto-inflammable gaz facilement inflammable liquide inflammable	Eviter tout contact avec l'air Eviter la formation de mélanges vapeur-air inflammables et le contact avec toute source d'ignition Eviter le contact avec l'eau Tenir loin des flammes, des étincelles et de toute source de chaleur
	Substance Nocif Xn Irritant Xi	Son absorption peut produire des lésions légères ou ce produit peut irriter la peau, les yeux ou les voies respiratoires	Eviter le contact avec la peau et les yeux et l'inhalation des vapeurs
	Substance Toxique T Très Toxique T+	Provoque des lésions graves ou même la mort par inhalation, ingestion ou contact avec la peau	Eviter tout contact avec le corps
	Substance explosive E	Dans des conditions données, présente un danger d'explosion déterminé	Eviter les chocs, la friction, les étincelles et le feu
	Substance Corrosive C	Le contact conduit à la destruction des tissus vivants et des matériaux	Eviter l'inhalation des vapeurs et le contact avec la peau, les yeux et les vêtements
	Dangereux pour l'environnement N	Produits qui peuvent causer des dommages à la faune, à la flore ou de provoquer une pollution des eaux.	Ne pas jeter dans l'évier (utiliser les bidons poubelles)
	Danger pour la santé	- Produits cancérogènes - Produits mutagènes - Produits toxiques pour la reproduction - Provoque des allergies respiratoires graves effets sur les poumons le foie, le système nerveux...	Eviter tout contact avec le corps humain, y compris l'inhalation des vapeurs (manipuler sous hotte et avec des gants).

#### 4. Présentation du matériel et verrerie

L'équipement du laboratoire est en général utilisé, soit pour réaliser une manipulation, ou expérience, soit pour effectuer des mesures et rassembler des données. Il faut adapter le volume de la verrerie utilisée à la manipulation :

- Fiole ou pipette jaugée pour une mesure très précise;
- Eprouvette ou pipette graduée pour une mesure précise;
- Bêcher, erlenmeyer...pour une mesure peu précise.

	<b>LA PISSETTE D'EAU DISTILLEE</b> Elle permet de rincer la verrerie ou les sondes et de compléter précisément les fioles jaugées jusqu'au trait de jauge.
	<b>LE CRISTALLISOIR</b> C'est un grand récipient en verre épais qui permet de stocker une importante quantité d'eau ou d'autre chose.
	<b>LE BOY (ou SUPPORT ELEVATEUR)</b> C'est un support souvent utilisé dans les montages de chimie et dont on peut régler le hauteur.
	<b>L'AGITATEUR EN VERRE</b> L'agitateur en verre est une simple baguette de verre. Il est utilisé pour remuer un mélange réactionnel généralement placé dans un bêcher.
	<b>LA NOIX DE SERRAGE</b> La noix de serrage permet de fixer à une potence une pince métallique supportant de la verrerie dans un montage de chimie.
	<b>LA PINCE</b> Généralement en métal et parfois recouvertes d'une matière plastique pour protéger la verrerie, les pinces permettent de tenir les différentes parties d'un montage de chimie pour en assurer la stabilité.
	<b>LA POTENCE ou STATIF</b> Il s'agit de l'ossature principale d'un montage de chimie. Les différentes pièces de verrerie sont maintenues à l'aide de pinces, elles-mêmes fixées sur une ou plusieurs potences à l'aide de noix de serrage.
	<b>LA PROPIPETTE (POIRE)</b> La propipette s'adapte sur une pipette jaugée ou graduée et sert à y créer une dépression. Cette dépression permet au liquide pipeté de monter dans la pipette comme dans une paille.

	<p><b>LE TUBE A ESSAI</b> On utilise le tube à essai pour tester une réaction chimique en y introduisant une faible quantité de réactifs (quelques mL).</p>
	<p><b>L'ERLENMEYER (ou ERLLEN)</b> L'erenmeyer rempli à peu près les mêmes fonctions que le becher à la différence que sa forme évite les projections. Ainsi il est préféré au becher lorsqu'il s'agit de réceptionner un liquide qui tombe goutte par goutte (distillation par ex.)</p>
	<p><b>L'EPROUVETTE GRADUEE</b> L'éprouvette graduée permet de mesurer le volume d'un liquide avec une bonne précision (en général à 0,5 mL près)</p>
	<p><b>LA PIPETTE JAUGEE</b> Pour prélever un volume très précis on utilise une pipette jaugée. Les pipettes jaugées couramment utilisées sont celles de 5 mL, 10 mL et 20 mL. A l'aide d'une propipette ou d'une poire, on aspire le liquide qui monte dans la pipette. Il faut alors amener la surface du liquide au niveau du trait de jauge de telle façon que le bas du ménisque soit sur le trait de jauge.</p>
	<p><b>LA BURETTE GRADUEE</b> La burette sert à verser un volume précis de liquide. Elle est principalement utilisée lors des dosages. Après utilisation, la burette doit être rincée puis remplie d'eau distillée. Avant chaque utilisation elle doit être rincée une fois avec la solution que l'on veut y introduire.</p>
	<p><b>LA FIOLE JAUGEE</b> La fiole jaugée permet de préparer par DISSOLUTION un volume précis d'une solution aqueuse de concentration connue. Les fioles les plus couramment utilisées sont celles de 50 mL, 100 mL et 200 mL.</p>
	<p><b>LA SPATULE</b> La spatule permet de prélever un solide en poudre fine, en grumeaux, en copeaux etc... de manière à éviter le contact direct entre la peau et le solide.</p>
	<p><b>LE VERRE DE MONTRE</b> Le verre de montre sert généralement de support lorsque l'on désire peser sur une balance un solide en poudre. On peut aussi s'en servir pour couvrir momentanément un bécher</p>

### 5. Quelques rappels

- ✓ La présence est obligatoire à chaque journée de TP. Toute absence doit être justifiée.



- ✓ Chaque compte rendu est noté.
- ✓ Le compte rendu doit être rendu à la fin de chaque séance.

## **Sommaire**

<b>TP N°1 : Caractéristiques globales d'une eau</b> <i>(Température, pH, Conductivité et résidu sec)</i>	<b>1</b>
<b>TP N°2 : Détermination de l'alcalinité (TA) et (TAC)</b> <i>dans une eau</i>	
<i>Compte rendu TP N°1-2</i>	<b>4</b>
<i>Corrigé type Compte rendu TP N°1-2</i>	<b>9</b>
<b>TP N°3 : Détermination de la dureté de l'eau</b>	<b>12</b>
<i>Compte rendu TP N°3</i>	<b>16</b>
<i>Corrigé type Compte rendu TP N°3</i>	<b>18</b>
<b>TP N°4 : Dessalement d'eau de mer par distillation et dosage des ions chlorures</b>	<b>21</b>
<i>Compte rendu TP N°4</i>	<b>25</b>
<i>Corrigé type Compte rendu TP N°4</i>	<b>28</b>
<b>TP N°5 : Essai 1 de coagulation-floculation (Jar-test)</b>	<b>31</b>
<i>- Détermination de la dose optimale.</i>	
<i>- Détermination du temps de décantation optimal.</i>	
<i>Compte rendu TP N°5</i>	<b>36</b>
<i>Corrigé type Compte rendu TP N°5</i>	<b>38</b>
<b>TP N°6 : Essai 2 Effet d'adjuvants de floculation</b>	<b>41</b>
<i>Compte rendu TP N°6</i>	<b>43</b>
<i>Corrigé type Compte rendu TP N°6</i>	<b>45</b>
<b>TP N°7 : Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)</b>	<b>48</b>
<b>TP N°8 : Détermination de la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)</b>	<b>51</b>
<i>Compte rendu TP N°7-8</i>	<b>54</b>
<i>Corrigé type Compte rendu TP N°7-8</i>	<b>57</b>

## TP N°1 :

### CARACTERISTIQUES GLOBALES D'UNE EAU (TEMPERATURE, PH, CONDUCTIVITE ET RESIDU SEC)

Le but de ce TP est de déterminer les caractéristiques globales d'une eau par la mesure du pH, la mesure de la conductivité et la détermination du résidu sec d'une eau minérale.

#### I. Température

La température est un paramètre physique de l'eau jouant un grand rôle dans la solubilité des gaz dans l'eau et sur la vitesse des réactions chimiques et biochimiques.

La mesure de la température est effectuée par l'utilisation d'une sonde thermométrique qui est trempée soigneusement dans la prise d'essai. La lecture est faite après stabilisation du thermomètre.

#### II. pH

Le pH est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Il donne une indication de l'acidité d'une substance. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium ( $H^+$ ) ou d'ions hydroxyde ( $OH^-$ ) contenus dans la substance. La valeur du pH est à prendre en considération lors de la majorité des opérations d'épuration de l'eau, surtout lorsque celles-ci font appel à une réaction chimique et aussi quand certains procédés nécessitent d'être réalisés avec un pH.

Par définition, le pH est égal au cologarithme de l'activité des protons :  $pH = -\log(H_3O^+)$ .

Dans les eaux naturelles, le pH est principalement déterminé par la concentration en dioxyde de carbone dissous ( $CO_2$ ,  $H_2O$ ).

##### *-Principe*

La méthode est basée sur l'utilisation d'un pH-mètre. C'est un voltmètre un peu particulier qui se caractérise par une très grande impédance d'entrée en raison de la forte résistance présentée par l'électrode de mesure.

##### *-Mode opératoire*

- L'étalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche ;
- Vérifier les diverses connexions : secteur, électrodes, etc. ;

- Rincer abondamment l'extrémité de l'électrode avec l'eau distillée ;
- Essuyer l'extrémité de l'électrode ;
- Immerger l'électrode avec précaution et agiter ;
- Lire directement le pH lorsque la valeur s'est stabilisée.

### **III. Conductivité**

La conductivité électrique d'une eau traduit l'aptitude que possède celle-ci à laisser le courant électrique. Le transport des charges se faisant par l'intermédiaire des ions contenus dans l'eau, Il est logique d'admettre que la conductivité d'une eau sera d'autant plus importante que sa minéralisation sera élevée. Il existe donc une relation entre la conductivité d'une eau et sa minéralisation, d'où l'intérêt une présent-la mesure de la conductivité, mesure quasi instantanée, pour connaître la minéralisation d'une eau. L'unité de conductivité utilisée en chimie des eaux est micro siemens ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

#### ***-Principe***

La mesure de la conductivité se ramène à celle de la résistance d'une colonne d'eau. A cet effet on utilise un conductivimètre qui n'est en fait qu'un résistivimètre un peu particulier. La conductivité est fonction de la température. Toute mesure de conductivité doit donc se faire à température connue et stabilisée. En général les résultats sont mesurés à 20°C.

#### ***-Mode opératoire***

- Mettre l'appareil en marche, étalonner le avec une solution de KCl de concentration connue, et donc de conductivité connue ;
- L'analyse s'effectue sur un prélèvement d'eau dont le volume doit être suffisant pour prolonger la sonde de conductivité ;
- Rincer soigneusement la cellule de mesure à l'eau distillée et l'essuyer convenablement.
- Immerger la cellule dans l'eau ;
- Agiter la sonde légèrement ;
- Lire la conductivité relative à votre échantillon directement sur l'appareil en ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ou en ( $\text{mS}/\text{cm}$ ). Rincer l'électrode après chaque mesure à l'eau déminéralisation, les lectures se font à une température constante de 20°C ou à 25°C.

#### ***-Calcul de minéralisation à partir de la conductivité***

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'eau et sa conductivité :

**Tableau 1 : Relation entre la minéralisation et la conductivité**

<b>Conductivité (uS/cm)</b>	<b>Minéralisation (mg/l)</b>
Conductivité < 50 uS/cm	1.365079 x conductivité
Conductivité [50 à 166] uS/cm	0.947658 x conductivité
Conductivité [166-333] uS/cm	0.769574 x conductivité
Conductivité [333-833] uS/cm	0.715920 x conductivité
Conductivité [833-10000] uS/cm	0.758544 x conductivité
Conductivité > 10000 uS/cm	0.850432 x conductivité

- ✚ La table de calcul de la minéralisation nous permet de calculer la minéralisation à partir de la conductivité.

#### **IV. VI. Détermination du résidu sec**

Généralement, on détermine le résidu sec à 110 °C et le résidu fixe à 525 °C, la différence correspondant approximativement à la teneur en substances organiques, c'est à dire à ce que l'on appelle perte au feu. Le résidu fixe ou calciné correspond aux substances minérales.

##### ***-Mode opératoire***

Mesurer précisément **50 mL** d'eau à l'aide d'une pipette 2 traits puis évaporer progressivement cette eau, dans un bécher taré, au bain marie avec de l'eau déionisée.

Après évaporation totale de l'eau, porter le bécher taré à l'étuve à 110 °C pendant 20 minutes. Laisser refroidir dans un dessiccateur pendant un quart d'heure. Peser rapidement après sortie du dessiccateur pour éviter toute absorption d'humidité.

##### ***-Expression des résultats***

$$Rs \text{ à } 105^{\circ}C = \frac{M_1 - M_0}{V} * 1000$$

V : Le volume en millilitre de la prise d'essai.

M<sub>0</sub> : La masse en milligrammes de la capsule vide avant utilisation.

M<sub>1</sub> : La masse en milligrammes de la capsule et de son contenu après séchage à 105°C.

- ✚ Déterminer le poids du résidu sec d'un litre d'eau en mg/L.



## TP N°2 :

### DETERMINATION DE L'ALCALINITE (TA) ET (TAC) DANS UNE EAU

#### I. Principe

Les mesures sont réalisées en neutralisant un certain volume  $V_0$  d'eau par l'acide chlorhydrique de normalité  $N_a$ , en présence de phénolphtaléine pour le TA et en présence d'hélianthine pour le TAC. Soit  $V'$  le volume d'acide versé lors du virage de la phénolphtaléine, et soit  $V''$  le volume de ce même acide versé lors du virage de l'hélianthine. L'équivalence, pour une réaction acido-basique, est obtenue pour  $N_a.V_a = N_b.V_b$  soit ici :  $N_1.V_0 = N_a.V'$  et  $N_2.V_0 = N_a.V''$ , où  $N_1$  représente le TA et  $N_2$  le TAC en  $\text{eq.L}^{-1}$ .

#### II. L'alcalinité

Dans l'eau, l'alcalinité est due principalement à la présence d'ions carbonate  $\text{CO}_3^{2-}$  et d'ions hydrogencarbonate appelés très souvent ions bicarbonate, de formule  $\text{HCO}_3^-$ . L'alcalinité d'une eau est dosée par un acide fort.

L'eau contient des hydroxydes et des carbonates. Le titre alcalimétrique hydroxyde (TAOH) mesure les hydroxydes. Le titre alcalimétrique (TA), mesure la teneur de l'eau en alcalis libres en carbonates alcalins caustiques (les hydroxydes et la moitié des carbonates  $\text{CO}_3^{2-}$ ). Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogencarbonates : mesure la totalité des hydroxydes  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$ .

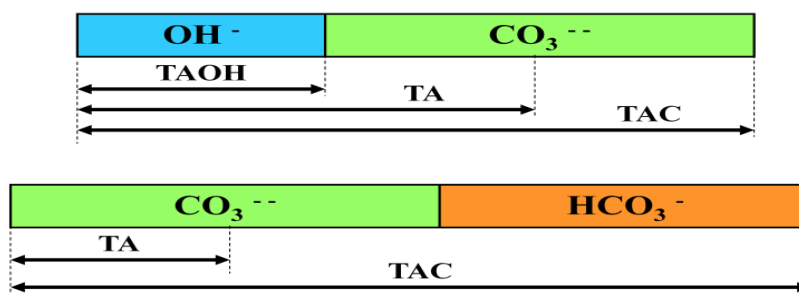


Figure 1 : Titres alcalimétriques TA, TAC, TAOH

- ✚ Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

➤ **TA : Titre Alcalimétrique**  $[\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$

Correspond à la concentration de l'eau en ions  $\text{OH}^-$  (alcalinité libre) et 1/2 de la concentration en ions carbonates.

- Se mesure par la quantité d'acide à verser dans l'eau pour ramener son pH à 8,3 (virage de phénolphtaléine du rouge à l'incolore).
- Si pH d'une eau < 8,3, alors TA = 0.

➤ **TAC : Titre Alcalimétrique Complet**  $[\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$

- Correspond à la concentration de l'eau en ions  $\text{OH}^-$ , en ions carbonates  $\text{CO}_3^{2-}$  et bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$ .

### III. Appareillage

-Burette ; Erlenmeyer ; Pipette ; Plaque d'agitation ; Barreau magnétique.

-Réactifs : Eau ; Phénolphtaléine ; Méthyle-orange ; Acide chlorhydrique HCl à 0,02 N ;

### IV. Mode opératoire

Mesurer tout d'abord le pH

Si le **pH < 4,5**, **T.A = 0** et le **T.A.C = 0**

Si **4,5 < pH < 8,3**, **T.A = 0** et **T.A.C** correspond aux bases fortes.

Si **pH > 8,3**, on titre un volume de **50 mL** d'eau à analyser (**eau de robinet, eau minérale**) et ajouter quelques gouttes de **phénolphtaléine** ;

-S'il n'y a pas de changement de couleur, la réaction est négative, donc le TA= 0 °F. Cependant, il faut conserver l'échantillon pour la détermination du T.A.C.

-S'il y a apparition d'une couleur rose, effectuer un dosage avec l'acide chlorhydrique **HCl 0,02 N** jusqu'à la disparition totale de la couleur et noter le volume d'acide HCL  $V_1$  ;

- Ajouter dans le même échantillon quelques gouttes de **méthyl-orange** ;
- On remarque l'apparition d'une couleur jaune ;
- Doser avec HCl (0,02N) jusqu'à la disparition de la couleur jaune et l'apparition de la couleur jaune orangé et noter le volume  $V_2$ . **Répéter l'expérience 3 fois.**

**-Expressions des résultats :**  $[\text{ion}]_{\text{meq/L}} = [\text{ion}]_{\text{mmol/L}} \times |\text{charge élémentaire de l'ion}|$

$$\text{Titre d'Alcalinité (TA)} = \frac{[\text{HCl}] * V_1 * 1000}{V_0} \text{ en mmol. L}^{-1}$$
$$\text{Titre d'Alcalinité Complet (TAC)} = \frac{[\text{HCl}] * V_2 * 1000}{V_0}$$

**enmmol. L<sup>-1</sup>**

✚ Déterminer le TA et le TAC en mol.L<sup>-1</sup>, puis en °f :

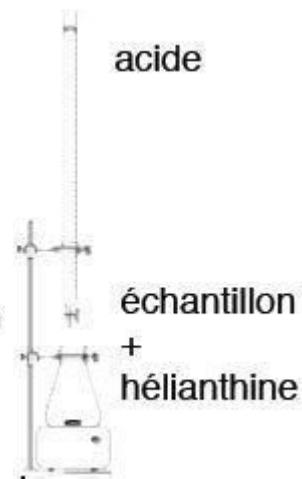
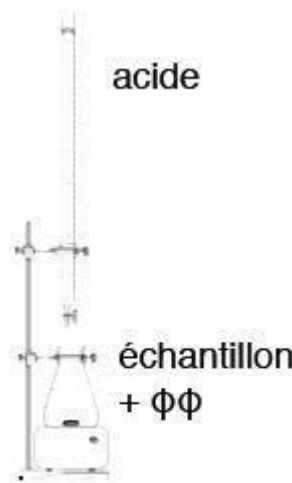
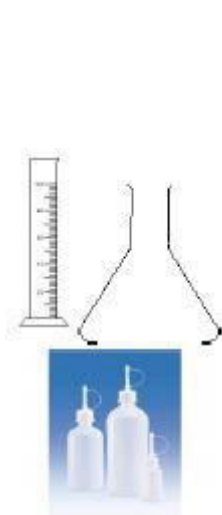
(1 °F = 0,2 mEq/L) ;

[ion] mEq/L = [ion] mmol/L X |charge élémentaire de l'ion|.

✚ A partir des valeurs des TA exprimés en °F de l'échantillon, on peut calculer les concentrations des espèces chimiques concernées par le dosage grâce au tableau suivant :

**Tableau 1** : Mesure de l'alcalinité.

Résultats Expérimentaux		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	OH <sup>-</sup>	Conclusion
pH	Alcalinité				
< 8,3	T.A = 0	T.A.C	0	0	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> seuls
> 8,3	T.A.C = 2 T.A	0	T.A.C	0	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> seuls
> 8,3	T.A.C > 2 T.A	T.A.C - 2 T.A	2 T.A	0	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
> 9,5	T.A.C < 2 T.A	0	2(T.A.C - T.A)	2 T.A - T.A.C	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> / OH <sup>-</sup>
> 9,5	T.A = T.A.C	0	0	T.A.C	OH <sup>-</sup>



Nom : .....Prénom : .....Groupe : .....	Date :
---	--------

**Compte rendu TP N°1-2**  
**CARACTERISTIQUES GLOBALES D'UNE EAU**  
**(TEMPERATURE, PH, CONDUCTIVITE ET RESIDU SEC),**  
**DETERMINATION DE L'ALCALINITE (TA) ET (TAC)**  
**DANS UNE EAU**

1. Déterminer de la conductivité et le poids du résidu sec d'un litre d'eau analysée. **2 pt**

T (°C)	Conductivité	Résidu sec total
23	( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	( $\text{mg.L}^{-1}$ )
Eau distillée		
Eau de robinet		
Eau minérale		

2. Est-ce que la température influe sur la conductivité. **1 pt**

.....

.....

.....

3. Déduire en mg/L la minéralisation d'eau minérale. **1.5 pt**

.....

.....

.....

.....

4. Compléter le tableau de valeurs de pH des solutions suivantes. **1.5 pt**

Echantillon	Eau distillée	Eau de robinet	Eau minérale
pH			
Nature de la solution			

5. Que signifie une solution à pH neutre ? **1 pt**

.....

.....





Nom : .....	Prénom : .....	Groupe : .....	Date :
-------------	----------------	----------------	--------

**Corrigé type Compte rendu TP N°1-2**  
**CARACTERISTIQUES GLOBALES D'UNE EAU**  
**(TEMPERATURE, pH, CONDUCTIVITE ET RESIDU SEC),**  
**DETERMINATION DE L'ALCALINITE (TA) ET (TAC)**  
**DANS UNE EAU**

1. Déterminer de la conductivité et le poids du résidu sec d'un litre d'eau analysée.

**2 pt**

T (°C) 23	Conductivité ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	Résidu sec total ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )
Eau distillée	50	30
Eau de robinet	900	600
Eau minérale	500	350

2. Est-ce que la température influe sur la conductivité. **1 pt**

La température influence grandement la conductivité de l'eau. Pour comparer les valeurs de conductivité d'une saison à l'autre et d'un plan d'eau à l'autre, il faut qu'elles soient calibrées en fonction d'une température de l'eau de 25 °C. Une fois ajustées, elles deviennent des données de conductivité spécifique. La conductivité dans les liquides augmente généralement avec l'augmentation des températures.

3. Déduire en mg/L la minéralisation d'eau minérale. **1.5 pt**

D'après les relations entre la conductivité d'une eau sa minéralisation on a :

Conductivité [833-10000] uS/cm implique que la Minéralisation (mg/L) = 0.758544 x conductivité.

Minéralisation (g/L) = 379,272 mg/L.

4. Compléter le tableau de valeurs de pH des solutions suivantes. **1.5 pt**

Echantillon	Eau distillée	Eau de robinet	Eau minérale
pH	5.75	7.45	7.25
Nature de la solution	Acide	Neutre	Neutre

**5. Que signifie une solution à pH neutre ? 1 pt**

Une solution neutre, dans le cas des solutions aqueuses, est une solution dont la concentration en ion hydroxyde  $\text{HO}^-$  est égale à la concentration en ion hydronium  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Elle est neutre car pour un milieu donné, le pH est fonction de la concentration en ions hydronium. Il est donné par la relation suivante :  $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$ . Un milieu neutre affiche un pH égal à 7.

**6. Quel titre allez-vous déterminer pour l'eau de consommation mise à disposition : TA ou TAC ? (Justifier). 1 pt**

D'après la mesure de pH de l'eau minérale. On a trouvé un pH inférieur à 8 donc on va déterminer le TAC car dans ce cas, l'eau contient uniquement des ions  $\text{HCO}_3^-$ .

**7. Mesure de l'alcalinité d'une eau (eau minérale et eau de robinet)**

- ✓ **Indiquer approximativement le volume d'équivalence .**

$$8 < V_e < 9$$

$$15 < V_e < 16$$

**0.25 pt**

- ✓ **Virage de la couleur : du jaune au jaune orangé 0.25 pt**

	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>ème</sup> essai	2 pt	
<b><math>V_e</math> (mL) eau minérale</b>	8.75	9.25	<b>Eau minérale</b>	<b>Eau de robinet</b>
<b><math>V_e</math> (mL) eau de robinet</b>	15.25	15.75		
<b>Couleur</b>				

- ✓ **Déterminer le TAC d'eau minérale dosée en mol/L et °f. 2 pt**

**A l'équivalence :**  $C \times V_{preleve} = C_A \times V_{eq}$

- **Détermination de la concentration en hydrogencarbonate de l'eau :**

Appl numérique :  $C = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ .

Concentration massique :

$$C_m = 7,2 \cdot 10^{-3} \times 61 = 0,439 \text{ g.L}^{-1}$$

Pour vérifier la potabilité, déterminons le degré français de cette eau :

$f \text{ } ^\circ = 439 / 12.2 = 36 \text{ } ^\circ f$  l'eau remplie les normes de potabilité.

**8. Le résultat de votre expérience est-il conforme à l'indication sur l'étiquette ! . 1.5 pt**

Le résultat de l'expérience n'est pas conforme à l'indication sur l'étiquette, en tenant compte des incertitudes la valeur est un peu différente aussi que d'une bouteille à l'autre la concentration peut varier.

$$\frac{\Delta c_m}{c_m} = \frac{\Delta c_A}{c_A} + \frac{\Delta V_{eq}}{V_{eq}} + \frac{\Delta V_P}{V_P}$$

**9. Conclure. 1 pt**

Dans les eaux minérales destinées à l'alimentation, l'alcalinité est principalement due à la présence d'ions carbonate  $\text{CO}_3^{2-}$  et hydrogénocarbonate  $\text{HCO}_3^-$  (anciennement appelés ions bicarbonates). L'alcalinité d'une eau est mesurée par un dosage avec un acide fort. Par convention, on exprime ce résultat par le Titre Alcalimétrique (TA) et par le Titre Alcalimétrique Complet (TAC).

## TP N°3 :

### DÉTERMINATION DE LA DURETÉ DE L'EAU

#### I. Introduction

La dureté ou titre hydrotimétrique  $TH$  d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, à l'exception des métaux alcalins. Les ions calcium et magnésium y sont

majoritairement responsables. Elle s'exprime généralement en degré hydrotimétrique français (symbole : °f).

- 1 °f est équivalent à une concentration molaire en ions  $Ca^{2+}$  et/ou  $Mg^{2+}$  égale à  $10^{-4}$  mol.L<sup>-1</sup> ou à 4 mg de calcium et/ou à 2,4 mg de magnésium par litre d'eau. On distingue :

- **La dureté totale  $TH$**  : correspond à la somme des concentrations en  $Ca^{2+}$  et  $Mg^{2+}$ .
- **La dureté calcique** : correspond à la teneur globale en sels de calcium.
- **La dureté magnésienne** : correspond à la teneur globale en sels de magnésium.
- **La dureté temporaire  $D_T$  (ou carbonatée)** : est la somme des concentrations de  $Ca(HCO_3)_2$  et  $Mg(HCO_3)_2$ .
- **La dureté permanente  $D_P$**  : représente en général la somme des chlorures et des sulfates de calcium et de magnésium. C'est la dureté qui persiste après l'ébullition de l'eau.

Elle est égale à  $D_P = TH - D_T$

Le degré hydrotimétrique n'est pas un critère de potabilité d'une eau. Cependant, idéalement, on estime que le  $TH$  d'une eau potable doit se situer entre 20 et 30 °f

**Tableau 1** : Classification des eaux en fonction de leur dureté.

Dureté °f	Qualité de l'eau
0 à 5	Eau très douce
5 à 12	Eau douce
12-25	Eau moyennement dure
25 à 32	Eau demi-dure
> à 32	Eau dure

La dureté calcique est liée à la concentration en ions calcium. La dureté magnésienne est liée à la concentration en ions magnésium.



### Remarques :

- Dans l'eau du robinet, la dureté doit obligatoirement être inférieure à 30°TH, mais il est souhaitable qu'elle soit de 12 à 15°TH.

-L'eau du robinet doit être adoucie lorsque sa dureté est supérieure à 25°f.

-Une eau trop douce n'est pas bonne pour les canalisations, en effet elle favorise leur oxydation.

Pour les eaux minérales la dureté peut varier entre 5°f et 150°f.

-1 °F = 10 mg CaCO<sub>3</sub>/L ;

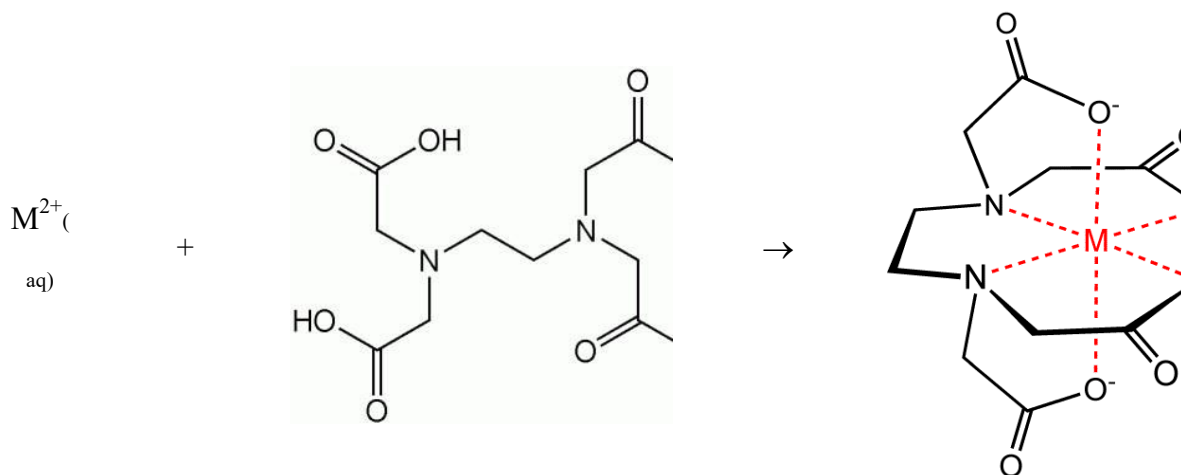
-1 degré hydrotimétrique (°TH) = 10<sup>-4</sup> mol/L [Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>].

## II. La détermination de la dureté totale

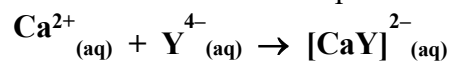
### Principe

Les ions Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> seront dosés par complexométrie par une solution d'EDTA.

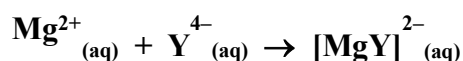
L'E.D.T.A. (ou acide **É**thylène **D**iamine **T**étra**A**cétique) est une espèce chimique qui peut se lier aux ions calcium et magnésium, notés M<sup>2+</sup>. L'édifice formé est appelé ion complexe, présenté dans l'équation de réaction ci-dessous :



Cette équation de réaction peut s'écrire de manière simplifiée :



ou

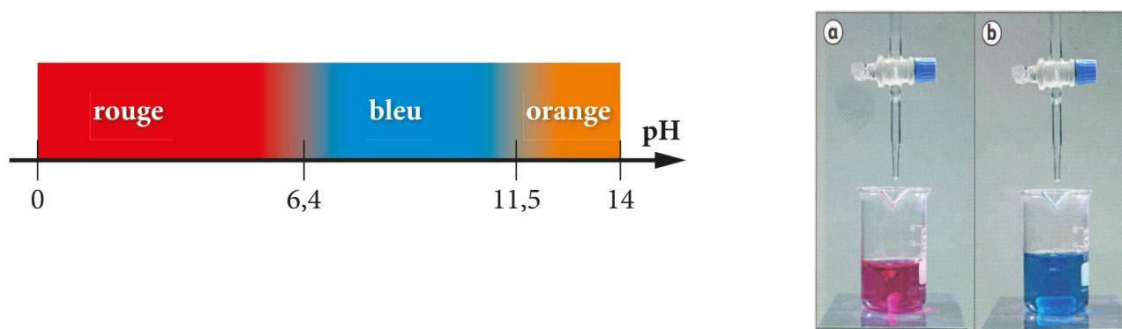


Les ions complexes  $[CaY]^{2-}$  et  $[MgY]^{2-}$  formés lors de la réaction sont incolores, tout comme les ions calcium  $Ca^{2+}$  et magnésium  $Mg^{2+}$ .

L'équivalence est repérée grâce à la présence d'un indicateur coloré le Noir d'Eriochrome T (NET) qui donne :

- Une coloration rose - violette en présence des ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ .
- Une coloration bleue en présence des complexes.

Le noir d'ériochrome T (N.E.T.) est un indicateur coloré qui forme avec les ions calcium et magnésium un complexe de couleur rose et qui, dans une solution tampon de  $\text{pH} = 10$ , lorsqu'il se trouve sous forme libre, donne une solution de couleur bleue.



La solution titrante d'EDTA ne permet de connaître que la quantité totale d'ions calcium et magnésium.

### Partie expérimentale

#### 1-Matériels et produits

Pipette, bécher, erlenmeyer, burette, fiole, éprouvette gradué, plaque chauffante, solution E.D.T.A à (0,01 M), solution tampon  $\text{pH} = 10$ , noir d'ériochrome (N.E.T.), l'eau à analyser (eau de robinet, eau minérale).

#### 2-Mode opératoire

- Remplir une burette graduée avec une solution d'E.D.T.A. de concentration  $C_1 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .
- Prélever, avec une pipette jaugée, un volume  $V_e = 10,0 \text{ mL}$  d'eau minérale et le verser dans un erlenmeyer. Chauffer vers  $60^\circ\text{C}$ .
- Ajouter **20 mL** de solution tampon de  $\text{pH} = 10$  mesuré avec une éprouvette graduée, puis quelques gouttes de solution de NET. Maintenir la température vers  $60^\circ\text{C}$  (pour des raisons de cinétique).
- Faire un erlenmeyer témoin avec les mêmes quantités que précédemment et y ajouter **20 mL** d'eau distillée.
- Mettez en place le dispositif de titrage et le témoin à côté de l'erlenmeyer de titrage.
- Titrer par la solution de **E.D.T.A (0,01 M)** jusqu'au virage du rouge de vin au bleu-vert.

#### 3-Expressions des résultats

$$\text{TH} = \frac{[\text{EDTA}] * V_E * 1000}{V_e} \text{ en mmol.L}^{-1}$$

- Calculer la dureté totale en degrés français °f.

### III. Détermination de la dureté calcique THCa

#### Principe

On dose  $\text{Ca}^{2+}$  avec l'EDTA en présence de murexide à pH compris entre 12 et 13. A ce pH très alcalin, le magnésium, comme la plupart des métaux, est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas.

#### Mode opératoire

- Introduire **10 mL** d'eau à analyser (eau de robinet, eau minérale) dans un erlenmeyer prélevé à la fiole jaugée ;
- Ajouter **5 mL** de solution d'hydroxyde de sodium (**1 mol/L**) (ou une solution tampon pH=12) à l'aide d'une autre éprouvette ;
- Ajouter une petite pointe de spatule de murexide ;

La solution se colore en rouge.

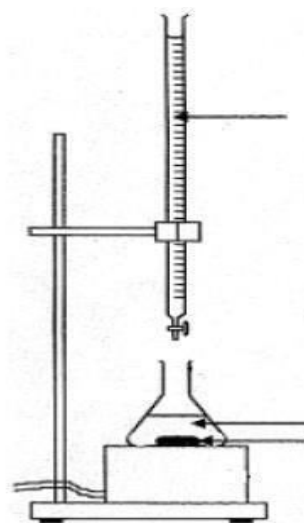
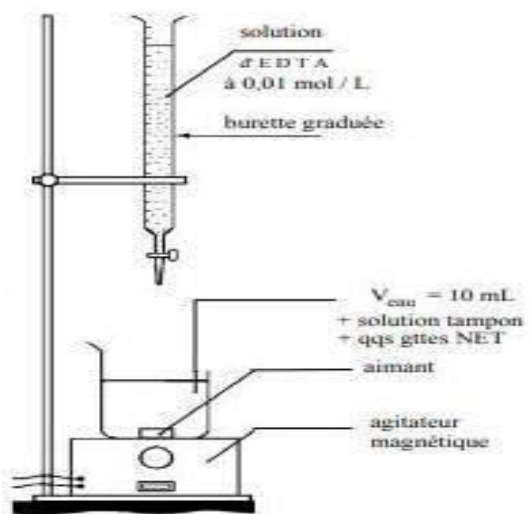
Avec la burette : en maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA (**0,01 mol/L**) :

- rapidement au début ;
- goutte à goutte lorsque la coloration commence à virer au bleu,
- vérifier que la coloration ne change pas par l'addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA.

Soit  $V'_E$  le volume d'EDTA ajouté pour atteindre l'équivalence.

**THCa = exprimé en mmol/L.**

- ✚ **Déterminer à l'aide des deux dosages précédents la concentration massique en magnésium.**



Solution titrante  
 EDTA 0,01 mol.L<sup>-1</sup>

Solution à titrer  
 Eau + pH=12  
 V = 10 mL  
 Agitateur magnétique

Nom : .....Prénom : .....Groupe : .....	Date :
---	--------

Compte rendu TP N°3  
DÉTERMINATION DE LA DURETÉ DE L'EAU

1. Quel(s) est(sont) le(s) groupe(s) caractéristique(s) présent(s) dans la molécule d'EDTA ? **1 pt**

.....  
.....  
.....

2. Donner la formule brute de l'EDTA : **1 pt**

.....  
.....

3. Quelle est la réaction support du titrage ? **1 pt**

.....  
.....

4. Quels sont les éléments responsables de la dureté d'une eau ? quelle est son unité **2 pt**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. Pourquoi le titrage est effectué à pH constant égal à 10 ? **1 pt**

.....  
.....

6. Déterminer le volume versé à l'équivalence pour l'eau minérale. **1 pt**

$$V_E =$$



7. Déterminer la dureté de l'eau minérale étudiée en °TH. **2.5 pt**

*Données :*

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

8. Calculer le T.H. calcaire de l'eau titrée :  $\text{THCa} = ?$  **2.5 pt**

*Résultats pour l'eau minérale :*

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

9. Déduire la teneur en magnésium de l'eau : **2 pt**

.....  
.....  
.....  
.....

10. Conclure. **1 pt**

.....  
.....  
.....

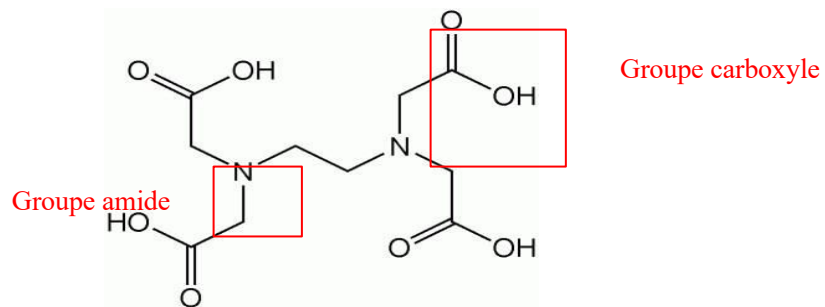
Nom : .....	Prénom : .....	Groupe : .....	Date :
-------------	----------------	----------------	--------

Corrigé type Compte rendu TP N°3  
DÉTERMINATION DE LA DURETÉ DE L'EAU

1. Quel(s) est(sont) le(s) groupe(s) caractéristique(s) présent(s) dans la molécule d'EDTA ?

1 pt

Groupes caractéristiques présents dans la molécule d'EDTA :

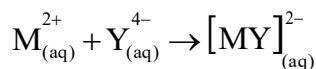


2. Donner la formule brute de l'EDTA : 1 pt

L'EDTA (Éthylènediaminetétraacétique), ou acide éthylènediaminetétraacétique, est un acide diaminotétracarboxylique de formule :  $C_{10}H_{16}N_2O_8$

3. Quelle est la réaction support du titrage ? 1 pt

La réaction support du titrage complexométrique :



4. Quels sont les éléments responsables de la dureté d'une eau ? quelle est son unité

2 pt

Dans l'eau douce, les principaux ions responsables de la dureté sont les ions calcium et magnésium ; les ions strontium, fer, baryum et manganèse y contribuent également. La dureté peut être mesurée par la réaction des ions métalliques polyvalents d'un échantillon d'eau avec un chélateur comme l'acide éthylène-diaminetétraacétique (EDTA) et est exprimée en concentration équivalente de carbonate de calcium.

La dureté s'exprime en ppm (ou mg/L) de  $CaCO_3$  ou en degrés français (symbole °f ou °fH).

**5. Pourquoi le titrage est effectué à pH constant égal à 10 ? 1 pt**

La solution tampon permet de pouvoir mieux repérer l'équivalence (violet → bleu). En milieu acide, le virage aurait été de rose vers rouge ou rose vers orange, changement plus difficile à repérer.

**6. Déterminer le volume versé à l'équivalence pour l'eau minérale. 1 pt**

$$V_E = 15,4 \text{ mL}$$

**7. Déterminer la dureté de l'eau minérale étudiée en °TH. 2.5 pt**

**Données :**

$$C_{\text{EDTA}} = 0,01 \text{ mol.L}^{-1} \quad V_1 = 10 \text{ mL} \quad V_{2E} = 10,4 \text{ mL}$$

Les réactifs ont été introduits dans des proportions stœchiométriques :

$$\begin{aligned} n(\text{M}^{2+})_0 &= n(\text{Y}^{4-})_{\text{Eq}} \\ \Leftrightarrow [\text{M}^{2+}] \times V_0 &= c_{\text{EDTA}} \times V_{\text{éq}} \\ \Leftrightarrow [\text{M}^{2+}] &= \frac{c_{\text{EDTA}} \times V_{\text{éq}}}{V_0} \end{aligned}$$

**A.N. :**  $C = 0,0104 \text{ mol/L}$

**Titre hydrotimétrique :**

D'après la définition, on peut écrire :  $\text{TH} = \frac{[\text{M}^{2+}]}{10^{-4}} = 1000 \times [\text{M}^{2+}] = 10 \times V_{\text{éq}}$

**A.N. :**  $\text{TH} = 104 \text{ °f}$

**8. Calculer le T.H. calcaire de l'eau titrée : THCa = ? 2.5 pt**

**Résultats pour l'eau minérale :**

- Dosage n°1 :  $V_{\text{éq}} = 2,8 \text{ mL}$
- Dosage n°2 :  $V_{\text{éq}} = 3,2 \text{ mL}$
- Dosage n°3 :  $V_{\text{éq}} = 3,6 \text{ mL}$

Nous retiendrons pour la valeur de  $V_{\text{éq}}$  la moyenne des trois valeurs précédemment indiquées.

D'où :  $V_{\text{éq}} = 3,2 \text{ mL}$

$$[\text{Ca}^{2+}] = V_e \cdot C_{\text{EDTA}} / V_{\text{prise d'essais}} = V_{\text{éq}} \cdot 1,00 \cdot 10^{-2} / 10,0 = 0,0032 \text{ mol/L}$$

Soit un taux de calcium =  $[\text{Ca}^{2+}] \cdot M \text{ Ca}^{2+}$  avec  $M \text{ Ca}^{2+} = 40,08 \text{ g/mol}$

D'où :  $\text{Cm}[\text{Ca}^{2+}] = 0,128 \text{ g/L}$ .

**9. Déduire la teneur en magnésium de l'eau : 2 pt**

Nous allons maintenant déterminer par le calcul et uniquement à l'aide des deux dosages précédents la concentration massique en magnésium.

On sait que :  $C = \{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]\} = 0.0104 \text{ mol.L}^{-1}$

Donc :  $[Mg^{2+}] = C - [Ca^{2+}] = 0.0104 - 0.0032 = 0.0072 \text{ mol.L}^{-1}$

D'où :  $Cm[Mg^{2+}] = [Mg^{2+}] \cdot M Mg^{2+}$  avec  $M Mg^{2+} = 24.3 \text{ g/mol}$

**$Cm[Mg^{2+}] = 0.175 \text{ g/L}$**

#### **10. Conclure. 1 pt**

La dureté d'une eau est proportionnelle à la somme des concentrations molaires des ions calcium et magnésium. Elle se mesure en différentes unités qui diffèrent selon les pays.

La concentration des ions calcium dans une solution peut être déterminée par titrage (dosage).

## TP N°4 :

# DESSALEMENT D'EAU DE MER PAR DISTILLATION ET DOSAGE DES IONS CHLORURES

### I. Introduction

Pour qu'une eau soit déclarée propre à la consommation, la concentration en ions chlorure  $\text{Cl}^-$  ne doit pas dépasser une certaine limite, fixée par une norme. Il est donc nécessaire de savoir titrer les ions chlorure dans une eau.

Une caractéristique de l'eau de mer est bien sûr d'être salée. Le sel de mer est un composé dont le nom complet en chimie est chlorure de sodium. Cette salinité est de l'ordre de 35 g/L pour la Manche, 37 g/L pour la Méditerranée et 300 g/L pour la Mer morte.

On peut obtenir de l'eau potable par dessalement de l'eau de mer.

### II. Les principales technologies de dessalement des eaux

#### Les procédés de distillation

Dans les procédés de distillation, il s'agit de chauffer l'eau de mer pour en vaporiser une partie. La vapeur ainsi produite ne contient pas de sels, il suffit alors de condenser cette vapeur pour obtenir de l'eau douce liquide.

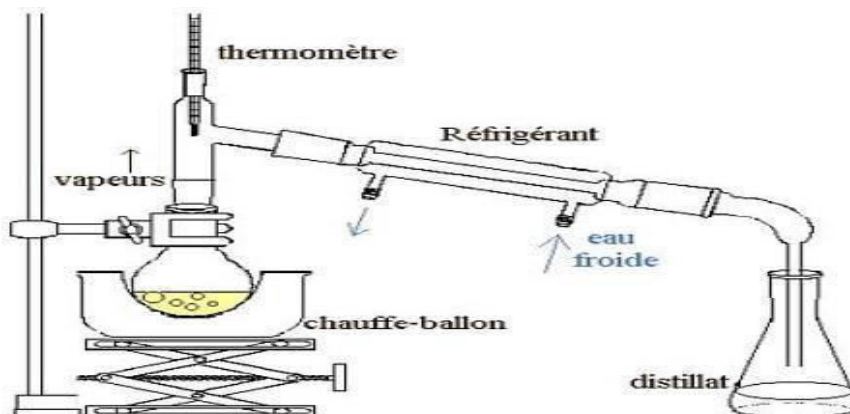


Figure 1 : montage de distillation.

#### Les Procédés membranaires

##### 1. Osmose inverse

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semiperméables sous l'action de pression (54 à 80 bars). Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. Les membranes polymères utilisées laissent passer exclusivement les molécules d'eau et ne laissent pas passer les particules, les sels dissous, les molécules organiques de taille supérieure à  $10^{-7}$  mm.

L'énergie requise par le procédé d'osmose inverse est uniquement de type électrique, consommée principalement par les pompes hautes pressions. La teneur en sels de l'eau osmosée est de l'ordre de  $0,5 \text{ g.l}^{-1}$ .

### 1.1 Principe de l'osmose inverse

On appelle osmose le transfert de solvant (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de concentration.

Soit un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes (figure 1). Le phénomène d'osmose va se traduire par un écoulement d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau s'annulera. Si, pour simplifier, nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique.

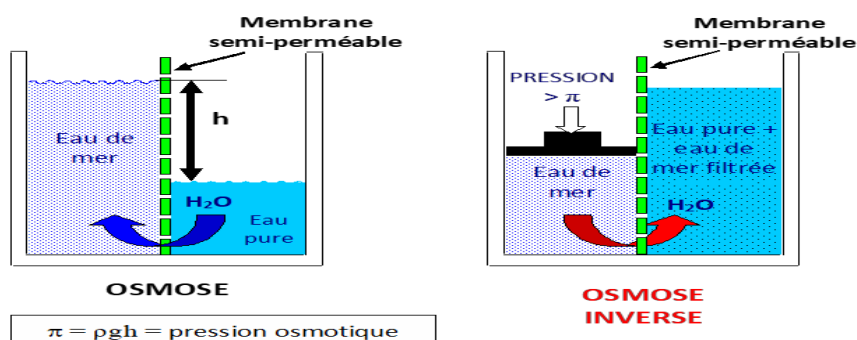


Figure 2 : Principe de fonctionnement d'un osmoseur.

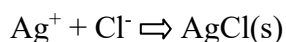
### III. Principe de la méthode de Mohr

On précipite les ions halogénures  $X$  à l'état d'halogénure d'argent  $\text{AgX}$ , par addition d'une solution de nitrate d'argent.

L'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Les ions chromate  $\text{CrO}_4^{2-}$  donnent avec le nitrate d'argent un précipité rouge brique de chromate d'argent  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ . L'apparition de ce précipité rouge permet ainsi de repérer l'équivalence.

La méthode de MOHR repose sur le principe de la précipitation préférentielle :

-On sait qu'une solution de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ ) réagit avec les ions chlorure  $\text{Cl}^-$  pour donner un précipité blanc (solide) de chlorure d'argent selon la réaction :



-On sait aussi qu'une telle solution réagit également avec les ions chromate  $\text{CrO}_4^{2-}$  pour donner un précipité rouge-brun de chromate d'argent.

-On dispose donc d'une solution d'ions chlorures de concentration inconnue. On dose cette solution avec une solution de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ ).

A chaque quantité d'ion argent ajouté, se forme un précipité blanc de chlorure d'argent ( $\text{AgCl(s)}$ ).

La solution transparente au départ se trouble d'un voile blanc pour devenir ensuite opaque. Ceci se produit jusqu'à ce que tous les ions chlorures aient précipités : c'est alors l'équivalence. Mais rien ne permet de visualiser cette équivalence. Le trouble blanc est présent depuis le début et rien ne change plus. C'est pourquoi il faut ajouter avant d'effectuer le titrage quelques gouttes d'une solution de chromate de potassium à la solution initiale contenant les ions chlorures.

Lors du dosage, le précipité qui se forme dans un premier temps est celui de chlorure d'argent, mais lorsque tous les ions chlorures ont été consommés, il se forme alors le précipité rouge de chromate d'argent, c'est pourquoi on peut parler de précipitation préférentielle.

- En milieu basique ( $\text{pH} > 7,5$ ) une partie des ions  $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$  est consommée par une réaction parasite de précipitation qui forme  $\text{AgOH(s)}$ . Cette méthode ne peut donc pas être utilisée en milieu basique avec  $\text{pH} > 7,5$ .
- En milieu acide ( $\text{pH} < 6,5$ ), le précipité de chromate d'argent  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s})$  qui est un indicateur de fin de réaction est soluble : on ne peut donc plus repérer l'équivalence du dosage par apparition du précipité rouge brique. Cette méthode ne peut donc pas être utilisée en milieu acide avec  $\text{pH} < 6,5$ .
- Le domaine de pH pour lequel on peut utiliser la méthode de Mohr est restreint au domaine :  $6,5 < \text{pH} < 7,5$ .

#### IV. Mode opératoire

##### 1-Matériels et produits

Pipette, bécher, erlenmeyer, burette, plaque chauffante, éprouvette graduée, dispositif de distillation, solution de  $\text{AgNO}_3$  à (0,02 M), chromate de potassium à  $100 \text{ g.L}^{-1}$ , l'eau de mer à analyser (avant et après distillation), eau minérale.

##### 2-Tests préliminaires

1. Dans deux tubes à essais, introduire **3 mL** de solution de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ ). Ajouter, dans le premier tube, quelques gouttes de la solution de chlorure de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ ) et, dans le second, quelques gouttes de la solution de chromate de potassium ( $2\text{K}^+ + \text{CrO}_4^{2-}$ ).  
Qu'observe-t-on ?

- Dans un tube à essais, introduire **2 mL** de solution de chlorure de sodium et **2 mL** de solution de chromate de potassium. Puis, ajouter goutte à goutte avec une pipette, la solution de nitrate d'argent. Comment les deux précipités apparaissent-ils ?

### 3-Dosage des ions chlorures d'une eau

- Remplir la burette à l'aide de la solution ( $\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ ) de concentration :  $C_2 = 0,02 \text{ mol/L}$  ;
- Prélever un volume  $V_1 = (100 \text{ mL})$  d'échantillon (ou à un  $V$  d'échantillon dilué à 100 mL (cas de l'eau de mer)) ;
- Vérifier que le pH de l'échantillon est compris entre 7 et 8. Sinon, l'ajuster en ajoutant  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ou  $\text{NaOH}$  dilués ;
- Ajouter environ **1 mL** de chromate de potassium (à  $100 \text{ g.L}^{-1}$ ) à l'aide d'une pipette compte-goutte ;
- Lancez l'agitation magnétique puis ajoutez progressivement le nitrate d'argent dans l'erlenmeyer. L'équivalence est atteinte lorsque la coloration rouge brique persiste. Notez alors le volume d'ions argent ajouté à l'équivalence :  $V_{\text{éq}}$  ;
- Réaliser un second dosage plus lent. Verser rapidement jusqu'à la zone de virage établie.

#### Détermination de la correction

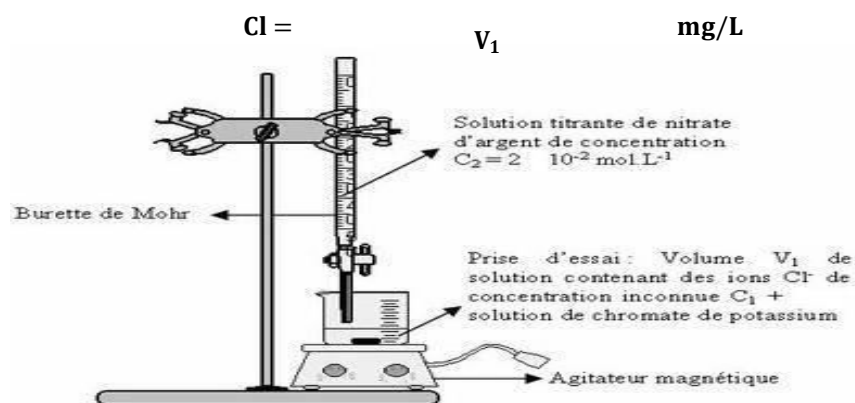
- Recommencer le dosage précédent sur **100 mL** d'eau distillée ;
- Noter la chute de burette correspondant au témoin,  $V_e$  (généralement de l'ordre de **0,5 mL**).

**Remarque :** Pour chaque type d'eau étudié (minérale ou distillée), faire ce dosage en double.

### 4- Expressions des résultats

- Ecrire l'équation de la réaction de dosage ainsi que la réaction de fin de dosage.
- Calculer la concentration molaire volumique  $[\text{Cl}^-(\text{aq})]$  en ions chlorure.

$$\frac{(V_{\text{éq}} - V_e) * [\text{AgNO}_3] * 35,45}{V_1}$$





Nom : .....	Prénom : .....	Groupe : .....	Date :
-------------	----------------	----------------	--------

**Compte rendu TP N°4  
DESSALEMENT D'EAU DE MER PAR DISTILLATION  
ET DOSAGE DES IONS CHLORURES**

1. Compléter le tableau : **1 pt**

Echantillon	Chute de burette (mL)
Eau distillée	
Eau minérale	
Eau de mer diluée	
Eau distillée	

2. Dans deux tubes à essais, introduire 3 mL de solution de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ ). Ajouter, dans le premier tube, quelques gouttes de la solution de chlorure de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ ) et, dans le second, quelques gouttes de la solution de chromate de potassium ( $2\text{K}^+ + \text{CrO}_4^{2-}$ ). Qu'observe-t-on ? **2 pt**

.....  
.....  
.....  
.....

3. Dans un tube à essais, introduire 2 mL de solution de chlorure de sodium et 2 mL de solution de chromate de potassium. Puis, ajouter goutte à goutte avec une pipette, la solution de nitrate d'argent. Comment les deux précipités apparaissent-ils ? **2 pt**

.....  
.....  
.....  
.....

4. Verser, à l'aide la pipette jaugée, un volume  $V_1$  d'eau dans le bécher et ajouter 2 mL de solution de chromate de potassium dans le bécher (la solution à titrer doit devenir jaune). Remplir la burette avec la solution titrante de nitrate d'argent de concentration  $C_2$  et ajuster le zéro (ôter toute bulle d'air). Faire couler la solution titrante dans le bécher mL par mL pour repérer grossièrement l'équivalence  $V_{eq}$ .

4.1 Quelle est la réaction de titrage ? **1.5 pt**

.....  
.....

4.2 Lorsque la quantité d'ions argent versée est égale à la quantité d'ion chlorure présents dans la prise d'essai, on a atteint l'équivalence du dosage. Quelle est le réactif en excès avant l'équivalence ? **1.5 pt**

.....  
.....  
.....

4.3 Quel est le réactif en excès après l'équivalence ? **1 pt**

.....  
.....

4.4 Avec quels ions, le réactif en excès réagit-il ? **1 pt**

.....  
.....

4.5 Quel est l'indicateur de fin de dosage ? **1 pt**

.....  
.....

5. Calculer la concentration massique [Cl-(aq)] en ions chlorure de l'eau minérale.

**2 pt**

*Données :*

$$C_{\text{AgNO}_3} = 0,025 \text{ mol.L}^{-1} \quad V_1 = 20 \text{ mL} \quad V_{2E} = 7,3 \text{ mL}$$

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

.....  
.....

**6. Quelle est la différence entre l'osmose inverse et la nanofiltration ? 1 pt**

.....  
.....  
.....

**7. Conclusion. 1 pt**

.....  
.....  
.....

Nom : .....	Prénom : .....	Groupe : .....	Date :
-------------	----------------	----------------	--------

**Corrigé type Compte rendu TP N°4  
DESSALEMENT D'EAU DE MER PAR DISTILLATION  
ET DOSAGE DES IONS CHLORURES**

**1. Compléter le tableau : 1 pt**

Echantillon	Chute de burette (mL)
Eau distillée	0,5
Eau minérale	7,3
Eau de mer diluée	13
Eau distillée	5

**2. Dans deux tubes à essais, introduire 3 mL de solution de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ ). Ajouter, dans le premier tube, quelques gouttes de la solution de chlorure de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ ) et, dans le second, quelques gouttes de la solution de chromate de potassium ( $2\text{K}^+ + \text{CrO}_4^{2-}$ ). Qu'observe-t-on ? 2 pt**

Dans le tube 1, il se forme un précipité blanc photosensible de chlorure d'argent :  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) -> \text{AgCl}(\text{s})$  (1)

Dans le tube 2, il se forme un précipité rouge brique de chromate d'argent :  $2\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) -> \text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s})$  (2)

**3. Dans un tube à essais, introduire 2 mL de solution de chlorure de sodium et 2 mL de solution de chromate de potassium. Puis, ajouter goutte à goutte avec une pipette, la solution de nitrate d'argent. Comment les deux précipités apparaissent-ils ? 2 pt**

Les deux précipitations ne sont pas simultanées mais successives. On observe d'abord la précipitation du chlorure d'argent puis lorsque cette transformation est achevée et que les ions chlorure ont disparus, celle du chromate d'argent.

**4. Verser, à l'aide la pipette jaugée, un volume  $V_1$  d'eau dans le bécher et ajouter 2 mL de solution de chromate de potassium dans le bécher (la solution à titrer doit devenir jaune). Remplir la burette avec la solution titrante de nitrate d'argent de concentration  $C_2$  et ajuster le zéro (ôter toute bulle d'air). Faire couler la solution titrante dans le bécher mL par mL pour repérer grossièrement l'équivalence  $V_{\text{eq}}$ .**

**4.1 Quelle est la réaction de titrage ? 1.5 pt**

C'est la réaction de précipitation  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s})$  (3).

**4.2 Lorsque la quantité d'ions argent versée est égale à la quantité d'ion chlorure présents dans la prise d'essai, on a atteint l'équivalence du dosage. Quelle est le réactif en excès avant l'équivalence ? 1.5 pt**

Avant l'équivalence, il reste des ions  $\text{Cl}^-$  en solution. Les ions  $\text{Ag}^+$  versés sont consommés (en priorité) par la réaction (1) avec les ions  $\text{Cl}^-$ .

**4.3 Quel est le réactif en excès après l'équivalence ? 1 pt**

Après l'équivalence, il ne reste plus d'ions  $\text{Cl}^-$  en solution. Les ions argent  $\text{Ag}^+$  constituent le réactif en excès.

**4.4 Avec quels ions, le réactif en excès réagit-il ? 1 pt**

Les ions argent  $\text{Ag}^+$  versés en excès réagissent avec les ions chromate  $\text{CrO}_4^{2-}$  pour produire le précipité rouge de chromate d'argent  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  (réaction (2)).

**4.5 Quel est l'indicateur de fin de dosage ? 1 pt**

L'apparition de la couleur rouge brique marque la fin du dosage des ions  $\text{Cl}^-$  par les ions  $\text{Ag}^+$  : c'est l'indicateur de la fin de la réaction de titrage.

**5. Calculer la concentration massique  $[\text{Cl}^-(\text{aq})]$  en ions chlorure de l'eau minérale.**

**2 pt**

**Données :**  $c_{\text{AgNO}_3} = 0,025 \text{ mol.L}^{-1}$   $V_1 = 20 \text{ mL}$   $V_{2E} = 7,3 \text{ mL}$

Dosage d'une eau minérale :

$c_2 = 0,025 \text{ mol.L}^{-1}$   $V_1 = 20 \text{ mL}$   $V_{2E} = 7,3 \text{ mL}$

$c_1 = 0,025 \times 7,3 \cdot 10^{-3} / 20 \cdot 10^{-3} = 9,1 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$   
Or :  $M(\text{Cl}^-) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

Donc la concentration massique :  $9,1 \cdot 10^{-3} \times 35,5 = 3,2 \cdot 10^{-1} \text{ g.L}^{-1}$

**6. Quelle est la différence entre l'osmose inverse et la nanofiltration ? 1 pt**

En règle générale, les systèmes de nanofiltration peuvent rejeter des particules aussi petites que 0,001  $\mu\text{m}$  tandis que les systèmes d'osmose inverse peuvent rejeter des particules de taille allant jusqu'à 0,0001  $\mu\text{m}$ .

## 7. Conclusion **1 pt**

La qualité des eaux potables est réglementée à l'échelle européenne et française. Ces réglementations fixent des valeurs à ne pas dépasser pour la teneur en ions, en microorganismes , en pesticides, pour la température, le pH, etc.....

Parmi elles figure le taux des ions chlorure. La norme française NF T90-14 (AFNOR) fixe la méthode de dosage des ions chlorure qui doit être utilisée pour analyser une eau : c'est **la méthode de Mohr**.

## TP N°5 :

### ESSAI 1 DE COAGULATION-FLOCCULATION (Jar-test) :

- Détermination de la dose optimale.
- Détermination du temps de décantation optimal.

#### 1. Introduction

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales (argiles, limons, grains de silice, matières organiques..etc). En général, la turbidité est causée par des particules de matière inorganique, alors que la couleur est imputable aux particules de matière organique et aux hydroxydes de métaux. Les colloïdes (particules chargées et de faibles dimensions), dotées d'une grande stabilité, n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres et peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, et même traverser un filtre très fin. Leur élimination est du ressort de la coagulation/floculation.

La turbidité se mesure par la réflexion d'un rayon lumineux dans l'eau. Un liquide trouble s'éclaire vivement lorsqu'il est traversé par un faisceau lumineux, c'est le phénomène dit Tyndall, dû aux particules insolubles en suspension diffusant latéralement une partie des rayons lumineux.

La valeur de la turbidité est obtenue par un test optique, qui détermine la capacité de réflexion de la lumière (l'unité de mesure est le « NTU » (Nephelometric Turbidity Unit). La mesure s'effectue sur la lumière diffusée à 90°, mais à une longueur d'onde de lumière visible (entre 350 et 750 nm)).

Elle est déterminée à l'aide d'un turbidimètre. L'appareil de référence comprend un faisceau lumineux qui traverse la cuve de mesure. La lumière diffusée latéralement par les particules en suspension est reçue par une cellule de mesure décalée de 90°. La lumière transmise est reçue par voie directe.

**Tableau 1** : Les différentes classes de turbidité en fonction de la qualité visuelle de l'eau.

Turbidité NTU	Qualité de l'eau
NTU < 5	Eau incolore
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

#### Les causes de la turbidité

Dans une eau au repos, les particules en suspension devraient se décanter à une vitesse décrite par la loi de Stokes. Cependant, la taille réduite de ces particules rend leur vitesse de décantation

particulièrement lente. Par exemple, pour les vases et minéraux argileux, la vitesse de décantation est de l'ordre de 0,0075 m/sec., et il s'agit là d'éléments relativement grossiers dans la gamme des particules en suspension, les particules plus fines ont des vitesses tellement faibles que leur décantation prendrait des années au moins. De plus, ces particules sont chargées électriquement (négativement), ce qui les repousse les unes des autres et les maintient en suspension. Les acides fulviques et humiques (responsables de la couleur brune des eaux de lacs), peuvent rester ainsi en suspension quasi infiniment.

Pour éliminer la turbidité, il faut réduire ces charges répulsives et créer des liaisons chimiques, ioniques ou électrostatiques entre particules qui formeront des floccs qui décanteront rapidement et seront plus facilement filtrables. C'est le rôle des coagulants. Attention, l'injection d'une trop grande quantité de coagulant pourrait charger les particules positivement et recréer des forces répulsives empêchant alors la création des floccs et donc la décantation complète des particules.

## 2. Principe

**La coagulation** est la déstabilisation des particules colloïdales par addition d'un réactif chimique (le coagulant) essentiellement un sel de fer ou d'aluminium.

**La floculation** est l'agglomération des particules «déchargées» en micro-floccs, puis en floccs volumineux, ces floccs peuvent être éliminés par décantation, flottation ou filtration. Cette étape peut être améliorée par l'ajout d'un floculant ou adjuvant de floculation (polymères, silice activée, amidon, alginates).

Généralement, le processus de coagulation est appliqué à l'eau brute pré-traitée. De ce fait, il constitue l'un des procédés les plus importants dans les filières de traitement des eaux naturelles et industrielles.

Le processus de coagulation/floculation est habituellement constitué de :

- L'injection et le mélange de coagulant neutralisant la charge électrique (potentiel zêta) des colloïdes. Un mélange efficace est rapide (120 t/min.) du coagulant et des eaux est indispensable pour assurer une bonne dispersion et une meilleure utilisation du réactif. Le temps habituellement utilisé est d'une à deux minutes.
- L'agglomération des particules coagulées en grands floccs décantables. Ceci est accompli en agitant lentement l'eau pour permettre aux solides formés d'augmenter de taille pour pouvoir les retirer par décantation. On utilise généralement une agitation lente (30 t/min.) pendant 15 à 30 minutes.
- La décantation des matières flocculées par séparation gravimétrique (20 à 30 min).
- Le choix et le dosage du coagulant à utiliser, pour une bonne élimination des matières



colloïdales des eaux, sont décidés à partir des résultats des évaluations en laboratoire obtenus à partir d'un **test de floculation (appelé jar test)**.

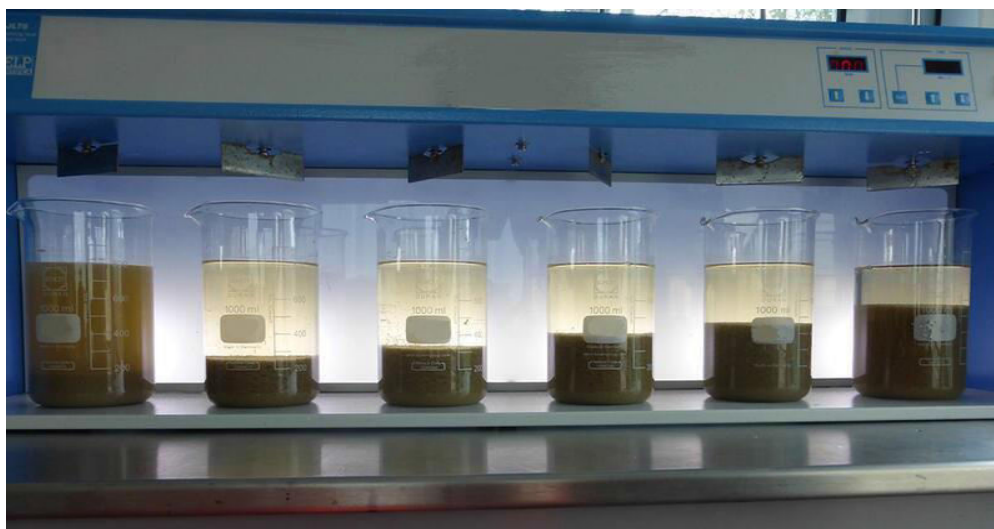
Le Jar-test est une manipulation visant à déterminer, sur un échantillon donné, l'efficacité comparée d'un coagulant en fonction des doses injectées. Nous en déduisons la dose optimale nécessaire au traitement.

### **Description du Jar-test**

L'utilisation de Jar test remonte à plusieurs décennies, Les avantages du Jar-test sont importants ; en voici quelques-uns :

- Déterminer les doses optimales de produits chimiques (coagulants et aides-coagulants), prédire la qualité de l'eau décantée ;
- Déterminer le pH optimal de coagulation ;
- Déterminer la solidité des floccs formés ;
- Déterminer les intensités de mélange optimal.

Cet appareil permet d'agiter simultanément le liquide contenu dans une série de béchers remplis chacun de 1 litre d'eau et leur vitesse de rotation peut varier de (0 à 300 tr/min).



**Figure 1 : Jar test**

### **3. Mode Opérateur en Jar-test**

Réaliser un essai de coagulation/floculation, en comparant deux coagulants, dont le but est de déterminer les conditions optimales permettant d'éliminer les particules colloïdales contenues dans une eau.

**Réactifs** : Eau à traiter, Sulfate d'aluminium  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ , Chlorure ferrique  $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ .

**Appareillage** : Jar test, Turbidimètre.

### 3.1 Mode Opérateur de l'influence de concentration de coagulant

Sur une série d'échantillons du même produit (l'eau à analyser), nous injectons une dose variable de coagulant : (Le sulfate d'aluminium :  $Al_2(SO_4)_3$  / Le chlorure ferrique  $FeCl_3$ ).

- Remplir les béchers avec l'échantillon, ces béchers doivent contenir des volumes identiques de 1 litre ;
  - Placer les béchers sur le flocculateur et abaisser les hélices dans l'eau (exactement au milieu de la solution), mettre en route le moteur et régler à la vitesse d'agitation environ de 200 tr/min pour homogénéiser les solutions ;
  - Mettre en route les agitateurs avec une vitesse rapide de 200 tr/min ;
  - Au temps 0 min, ajouter le coagulant le plus rapidement possible de façon identique dans chaque bécher. Les doses soumissionnent de façon croissante (40-60-80-100 mg/L).
  - Laisser l'agitation rapide pendant 2 min ;
  - Réduire la vitesse d'agitation jusqu'à 30 tr/min et laisser l'agitation lente pendant 20 min ;
  - On éteint l'appareil de jar-test et on relève lentement les hélices, et on laisse décanter pendant 15 minutes ;
  - Pour évaluer la performance du traitement, un échantillon de 20 mL de surnageant est prélevé avec une pipette dans chaque bécher, sans perturbation de liquide, pour l'analyse.
- ✚ **A l'aide d'essai en Jar-Test, trouver la dose optimale par la mesure de la turbidité.**
- ✚ **L'efficacité du rendement de réduction de la turbidité est définie sous la forme suivante :**

$$R(\%) = \left( \frac{T_i - T_f}{T_i} \right) * 100$$

- Avec : R : rendement d'élimination de la turbidité en %.
- $T_i$  : Turbidité initiale (avant traitement) en (NTU).
- $T_f$  : Turbidité finale (après traitement) en (NTU).

### 3.2 Mode opératoire de l'influence de temps de décantation

- Remplir les béchers avec l'échantillon d'eau, ces béchers doivent contenir des volumes identiques de 1 litre ;
- Placer les béchers sur le flocculateur et abaisser les hélices dans l'eau (exactement au milieu de la solution), mettre en route le moteur et régler à la vitesse d'agitation optimale.
- Au temps 0 min, ajouter la dose optimale de coagulant le plus rapidement possible de façon identique dans chaque bécher. Le temps et la vitesse d'agitation rapide sont fixés 200 tr/min pendant 2 min ;

- Réduire la vitesse d'agitation jusqu'à 30 tr/min et laisser l'agitation lente pendant 20 min ;
- On éteint l'appareil de jar-test et on relève lentement les hélices, et on laisse décanter pendant 10 ; 15 ; 20 et 25 minutes ;
- Pour évaluer la performance du traitement, un échantillon de 20 mL de surnageant est prélevé avec une pipette dans chaque bécher, sans perturbation de liquide, pour l'analyse.

#### **4. Mode opératoire pour la mesure de la turbidité**

- L'appareillage sera régulièrement étalonné au laboratoire ; Ce dernier devra pouvoir fournir la preuve de ces étalonnages et de la maîtrise des dérives éventuelles dans les mesures.
  - Remplissez la cuvette propre et sèche avec 10 mL de l'échantillon, veillez à manipuler la cuvette en la tenant par le haut. Revissez le bouchon. Nettoyer soigneusement la cuvette avec un tissu non pelucheux ;
  - Placer la cuvette dans le logement de l'instrument en respectant l'ergot d'alignement ;
  - Appliquer cette mesure pour les différents échantillons. Mentionner les valeurs de turbidité pour chaque échantillon ; Les mesures sont exprimées en NTU.
- ✚ Expliquer brièvement la différence entre ces valeurs ainsi les matières en suspension pour chaque échantillon.**

Nom : .....	Prénom : .....	Groupe : .....	Date :
-------------	----------------	----------------	--------

**Compte rendu TP N°5**  
**ESSAI 1 DE COAGULATION-FLOCCULATION (Jar-test) :**  
*- Détermination de la dose optimale.*  
*- Détermination du temps de décantation optimal.*

1. But **1 pt**

.....  
.....

2. Quel est le principe de la coagulation/floculation ? **1 pt**

.....  
.....  
.....  
.....

3. Quels sont les facteurs influençant dans la coagulation ? **2 pt**

.....  
.....  
.....  
.....

4. Quelle est la différence entre la coagulation et la floculation ? **1 pt**

.....  
.....  
.....

5. Quel est le rôle de l'agitation lente ? **1 pt**

.....  
.....

6. Compléter le tableau : 2 pt

Dose de coagulant (mg/L)	Turbidité initiale (NTU)	Turbidité finale (NTU)	R (%)
$C_1 = 10$			
$C_2 = 20$			
$C_3 = 40$			
$C_4 = 50$			

7. Expliquer la différence entre les valeurs de la turbidité. 1.5 pt

.....

.....

.....

.....

8. Déterminer la dose optimale de coagulant. 0.5 pt

.....

9. Compléter le tableau : 2 pt

Temps de décantation (min)	Turbidité initiale (NTU)	Turbidité finale (NTU)	R (%)
$t = 10$			
$t = 15$			
$t = 20$			
$t = 25$			

10. Justifier votre choix de coagulant ! 2 pt

.....

.....

.....

.....

.....

11. Conclusion 1 pt

.....

.....

.....

Nom : .....	Prénom : .....	Groupe : .....	Date :
-------------	----------------	----------------	--------

**Corrigé type Compte rendu TP N°5**  
**ESSAI 1 DE COAGULATION-FLOCCULATION (Jar-test) :**  
*- Détermination de la dose optimale.*  
*- Détermination du temps de décantation optimal.*

**1. But 1 pt**

Détermination de la concentration optimale de coagulant.

**2. Quel est le principe de la coagulation/floculation ? 1 pt**

Les particules colloïdales sont caractérisées par deux points essentiels : d'une part, elles ont un diamètre très faible (de 1 nm à 1 µm), d'autre part, elles ont la particularité d'être chargées électronégativement, engendrant des forces de répulsions inter-colloïdales. Ces deux points confèrent aux colloïdes une vitesse de sédimentation extrêmement faible (que l'on peut même considérer comme nulle dans le cadre du traitement de l'eau).

**3. Quels sont les facteurs influençant dans la coagulation ? 2 pt**

Nombreux sont les paramètres qui influent sur la floculation comme sur la coagulation : Température, pH, coagulant, dose, turbidité initiale, types de colloïdes etc. Le temps de floculation ou encore la vitesse de floculation voire celle de décantation sont spécifiques à cette étape.

**4. Quelle est la différence entre la coagulation et la floculation ? 1 pt**

La coagulation est la déstabilisation de particules colloïdales par addition d'un réactif chimique appelé coagulant. La Floculation est l'agglomération de particules destabilisées en microfloc et ensuite en flocons plus volumineux que l'on appelle floccs.

**5. Quel est le rôle de l'agitation lente ? 1 pt**

L'agitation lente a pour but de provoquer les contacts entre les particules pour former des floccs décantables.

6. Compléter le tableau : 2 pt

Dose de coagulant (mg/L)	Turbidité initiale (NTU)	Turbidité finale (NTU)	R (%)
C <sub>1</sub> = 15	17,9	16,4	8,38
C <sub>2</sub> = 25	17,9	14,7	17,88
C <sub>3</sub> = 45	17,9	12,6	29,61
C <sub>4</sub> = 55	17,9	9,3	48,04

7. Expliquer la différence entre les valeurs de la turbidité. 1.5 pt

On remarque bien que l'addition du coagulant a provoqué la diminution de la valeur de la turbidité. Avec l'augmentation de la concentration de coagulant ces valeurs continuent à diminuer ; cela est dû à ce que les particules du coagulant déstabilisent les colloïdes négativement chargés présents dans l'eau à traiter, en neutralisant les charges qui génèrent les forces de répulsion entre colloïdes.

8. Déterminer la dose optimale de coagulant. 0.5 pt

La dose optimale de coagulant est de 55 mg/L.

9. Compléter le tableau : 2 pt

Temps de décantation (min)	Turbidité initiale (NTU)	Turbidité finale (NTU)	R (%)
t = 10	17,9	16.3	8.94
t = 15	17,9	11.02	38,43
t = 20	17,9	9.3	48.04
t = 25	17,9	10.02	44.02

10. Justifier votre choix de coagulant ! 2 pt

Le choix du coagulant dépend de la qualité des eaux brutes utilisées et des objectifs que l'on veut atteindre car il influence les caractéristiques de la coagulation, autrement dit, les finalités de traitement, même si l'alun est le coagulant le plus utilisé, il peut être avantageux de le remplacer par un autre coagulant ou de mettre de l'adjuvant selon les caractéristiques de l'eau à traiter, Ainsi, même si le sulfate d'aluminium est le coagulant le plus fréquemment utilisé, il peut être avantageux de le remplacer par du sulfate ferrique. Ce dernier procure en effet à plusieurs eaux une plage de pH optimal plus large que celle due à l'alumine. De plus pour un même pH élevé, le sulfate ferrique est moins soluble que l'alun.

## **11. Conclusion 1 pt**

La décantation naturelle ne peut jamais atteindre à un état de clarification complète des eaux brutes prétraitées. Elle n'élimine que des composés minéraux et organiques décantables qui ont une densité supérieure à celle de l'eau. Il reste des particules stables non décantables qui sont responsables de la couleur et la turbidité de l'eau, dites particules colloïdales. Pour arriver à la transparence de ces eaux pendant une courte durée, on a recours aux procédés de coagulation floculation et décantation.



## TP N°6 :

### ESSAI 2 : EFFET D'ADJUVANTS DE FLOCCULATION

#### 1. Principe

La floculation est l'agglomération des particules "déchargées" en microfloc, puis en flocons volumineux et décantables. Cette floculation peut être améliorée par l'ajout d'un autre réactif : le floculant ou adjuvant de floculation.

Des polymères minéraux (silice activée) et des polymères naturels (amidon, alginate) sont utilisés. Des polymères de synthèse très diversifiés a fait évoluer considérablement les performances de la floculation.

Le taux de traitement à mettre en œuvre est donné, comme pour le coagulant, par un essai de floculation .

#### 2. Réactifs

-Eau à traiter

-Sulfate d'aluminium  $Al_2(SO_4)_3, 18 H_2O$  ou Chlorure ferrique  $FeCl_3, 6 H_2O$ .

-Polyélectrolyte (adjuvant de floculation) : (Substance commerciale utilisé au niveau des stations de traitement des eaux).

#### 3. Appareillage

-Jar test

-Turbidimètre

-Verrerie courante de laboratoire

#### 4. Mode Opérateur

- Dans une série de béchers (jar test) :
- Introduire 500 mL de la même eau pour laquelle, la dose optimale du coagulant utilisé a été déterminée (Essai 1).
- Ajouter la même dose optimale en coagulant déterminée par le premier essai à chaque bécher.

- Ajouter, au début de l'étape de floculation, des doses croissantes (entre 0 et 8 mg/L) du flocculant (Polyélectrolyte (polyamide)/ Kaolin) et suivre les mêmes étapes que précédemment (Essai 1). Dans cet essai, les informations qualitatives sont très importantes.
- Observer, de temps en temps, pour détecter la formation et la qualité des floccs.

**Tableau 1** : Essai de floculation avec Adjuvants

N° de Bêcher	1	2	3	4	5	6
Dose du flocculant (Polyélectrolyte) (mg/L)	2	3	4	5	6	8
Turbidité (NTU)						
$(T_0 - T_i) \times 100 / T_0$						

Nom : .....Prénom : .....Groupe : .....	Date :
---	--------

**Compte rendu TP N°6**  
**ESSAI 2 : EFFET D'ADJUVANTS DE FLOCCULATION**

A partir de la concentration optimale de coagulant déterminée précédemment (essai 1), une série d'essais avec différents flocculants ont été réalisés. Cette série d'essais est effectuée pour approcher la concentration optimale de flocculant avec une concentration en coagulant de 55 mg/l.

**1. Compléter les tableaux suivants :**

**Tableau 1 : Réduction de la turbidité pour différentes concentrations de 1<sup>ère</sup> flocculant : le Kaolin. 3 pt**

$C_f$ (mg/L)	Turbidité (NTU)		Température (°C)		R(%)
	Avant	Après	Avant	Après	
2					
3					
4					
5					
6					
8					

**Tableau 2 : Réduction de la turbidité pour différentes concentrations de 2<sup>ème</sup> flocculant : le polyamide. 3 pt**

$C_f$ (mg/L)	Turbidité (NTU)		Température (°C)		R(%)
	Avant	Après	Avant	Après	
2					
3					
4					
5					
6					
8					

2. Tracer le pourcentage de réduction de la turbidité en fonction de deux concentrations du floculant (le Kaolin et le polyamide). **3 pt**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Déterminer le taux de traitement optimal. **2 pt**

.....

.....

<i>La dose optimale du coagulant (mg/L)</i>	<i>La concentration optimale du Kaolin (mg/L)</i>	<i>La concentration optimale du Polyamide (mg/L)</i>

4. Discuter le rôle des floculants ! **2 pt**

.....

.....

.....

.....

.....

5. Conclusion **2 pt**

.....

.....

.....

Nom : .....Prénom : .....Groupe : .....	Date :
---	--------

**Corrigé type Compte rendu TP N°6**  
**ESSAI 2 : EFFET D'ADJUVANTS DE FLOCCULATION**

A partir de la concentration optimale de coagulant déterminée précédemment (essai 1), une série d'essais avec différents flocculants ont été réalisés. Cette série d'essais est effectuée pour approcher la concentration optimale de flocculant avec une concentration en coagulant de 55 mg/L.

**1. Compléter les tableaux suivants :**

**Tableau 1 : Réduction de la turbidité pour différentes concentrations de 1<sup>ère</sup> flocculant : le Kaolin. 3 pt**

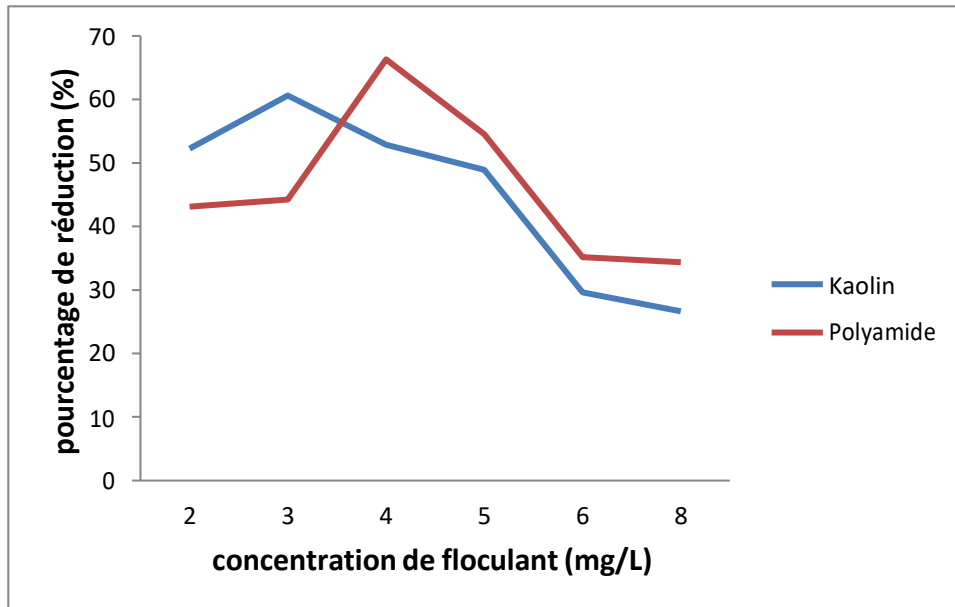
Cf(mg/L)	Turbidité (NTU)		Température (°C)		R(%)
	Avant	Après	Avant	Après	
2	17,9	8,55	23	23	52,23
<b>3</b>	<b>17,9</b>	<b>7,05</b>	<b>23</b>	23	<b>60,61</b>
4	17,9	8,44	23	23	52,85
5	17,9	9,14	23	23,6	48,94
6	17,9	12,6	23	23,6	29,61
8	17,9	13,13	23	23,6	26,65

**Tableau 2 : Réduction de la turbidité pour différentes concentrations de 2<sup>ème</sup> flocculant : le polyamide. 3 pt**

Cf(mg/L)	Turbidité (NTU)		Température (°C)		R(%)
	Avant	Après	Avant	Après	
2	17,9	10,18	23	23	43,13
3	17,9	9,98	23	23	44,24
<b>4</b>	<b>17,9</b>	<b>6,03</b>	<b>23</b>	23	<b>66,31</b>
5	17,9	8,14	23	23,6	54,52
6	17,9	11,6	23	23,6	35,19
8	17,9	11,75	23	23,6	34,36

**2. Tracer le pourcentage de réduction de la turbidité en fonction de deux concentrations du floculant (le kaolin et le polyamide). 3 pt**

Le tracé de pourcentage de réduction de la turbidité en fonction de deux concentrations du floculant (le kaolin et le polyamide) a permis d'obtenir des courbes représentées dans la figure 1 :



**Figure 1 : Le pourcentage de réduction de la turbidité en fonction de la concentration du floculant.**

**3. Déterminer le taux de traitement optimal. 2 pt**

Pour une concentration de 3 mg/L du kaolin nous avons remarqué que la valeur de la turbidité a atteint 7,05 NTU (un rendement de 60,61 %).

Et pour une concentration de 4 mg/L du polyamide nous avons remarqué que la valeur de la turbidité a atteint 6,03 (un rendement de 66,31 %).

<i>La dose optimale du coagulant (mg/L)</i>	<i>La concentration optimale du Kaolin (mg/L)</i>	<i>La concentration optimale du Polyamide (mg/L)</i>
55	3	4

#### **4. Discuter le rôle des flocculants ! 2 pt**

On remarque que le kaolin donne des floccs moins rigides ce qui nécessite un temps suffisant de décantation par contre le polyamide donne des floccs rigides et se décantent facilement dès qu'on arrête l'agitation.

Le polyamide donne de meilleurs résultats que le kaolin.

Dans cette étape dite flocculation, ces micro-floccs s'agrègent formant des floccs qui tiennent donc plus de particules en suspension et deviennent par suite plus volumineux ce qui facilite leur décantation.

#### **5. Conclusion 2 pt**

L'impact du flocculant peut être influencé par un paramètre important à savoir «la vitesse d'agitation », où un gradient de vitesse élevé peut produire le cisaillement des floccs et risque de les détruire, et par suite on aura une augmentation à nouveau de la turbidité ; dans notre expérience on a utilisé une agitation rapide 200 tours /min pendant 2 minutes en suite 20 minutes d'agitation à 30 tours/min, justement pour ne pas dissocier les floccs formés.

## TP N°7 :

# DETERMINATION DE LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (DCO)

### I. But du TP

La DCO décrit les besoins en oxygène des matières oxydables présentes dans l'eau d'un effluent. Il s'agit en grande partie de matières organiques qui seront oxydées lors de réactions enzymatiques, ou d'ions oxydables (fer ferreux, chlorures, sulfures, nitrites...).

Appliquées aux effluents traités par une station d'épuration, la mesure de la DCO permet d'apprécier l'efficacité du traitement appliqué et d'évaluer l'impact des rejets sur l'environnement quant au risque d'asphyxie par une trop grande consommation d'oxygène lors des réactions de dégradation et d'oxydation.

### II. Le principe de la mesure de la DCO

Pour estimer la quantité d'oxygène nécessaire à un échantillon donné pour être oxydé, la méthode normalisée prévoit l'adjonction de dichromate de potassium pour permettre l'oxydation de toutes les matières organiques ou minérales susceptibles de l'être. Cette réaction s'effectue en milieu acide et le mélange est porté à ébullition en présence d'un catalyseur ( $\text{AgSO}_4$ ). A l'issue de cette réaction, il suffit de titrer le dichromate restant en solution et d'estimer, par différence, la quantité d'oxygène demandée par la réaction.

Ce titrage est réalisé en réduisant le dichromate restant par une solution de sel de Mohr [ $\text{FeSO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $6\text{H}_2\text{O}$ ]. La ferroïne, indicateur coloré, vire du bleu au rouge lorsque cette réaction est complète.

Remarque : Tous les composés ne sont pas oxydés lors de cette réaction, certaines molécules complexes restent inaltérées. Dans le cas d'un effluent urbain classique, cela affecte peu la mesure.

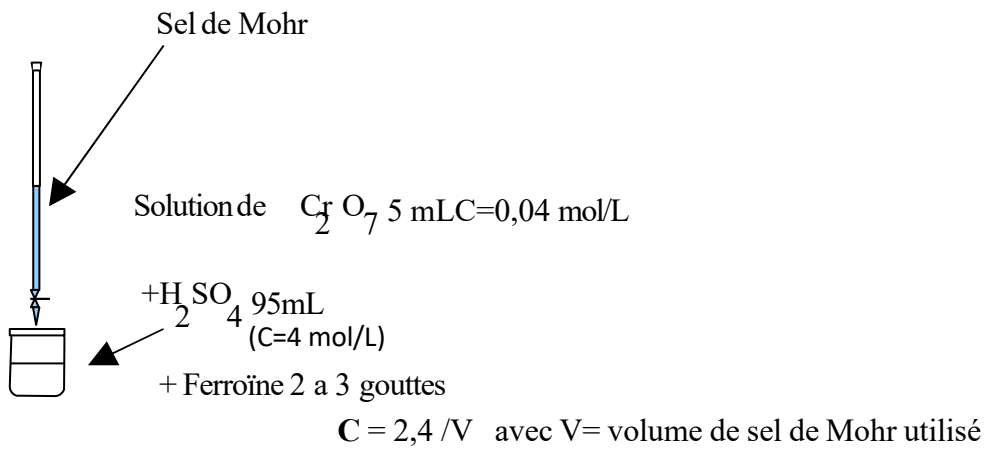
### III. Protocole opératoire

#### Le sel de Mohr

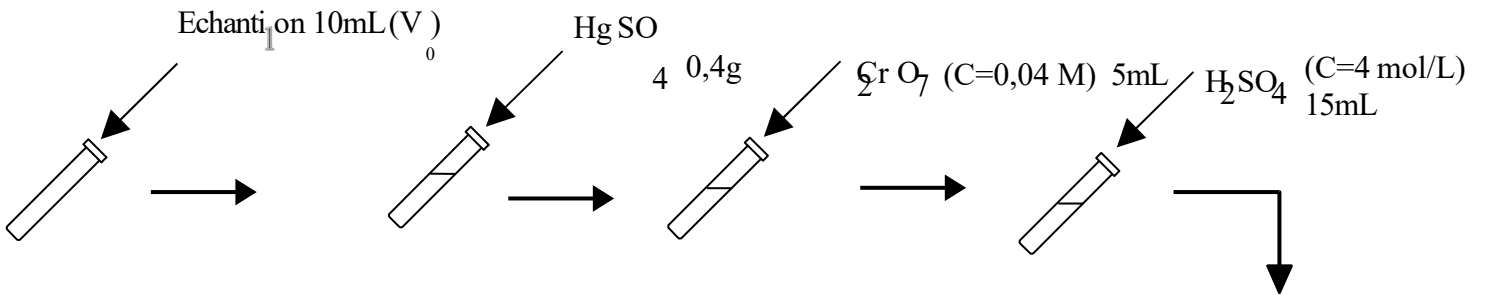
Le sel de Mohr est une substance très évolutive qui doit être protégée de la lumière et dont le titre doit être vérifié à chaque manipulation.



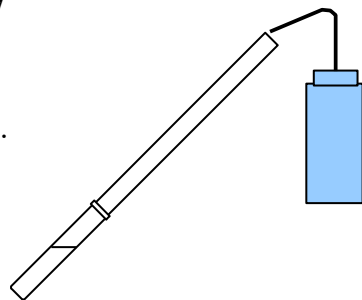
Nous avons titré le sel de Mohr  $[(NH)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6(H_2O)]$  :



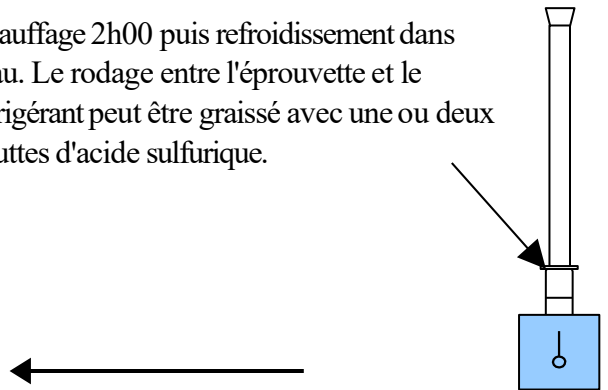
**Manipulation**

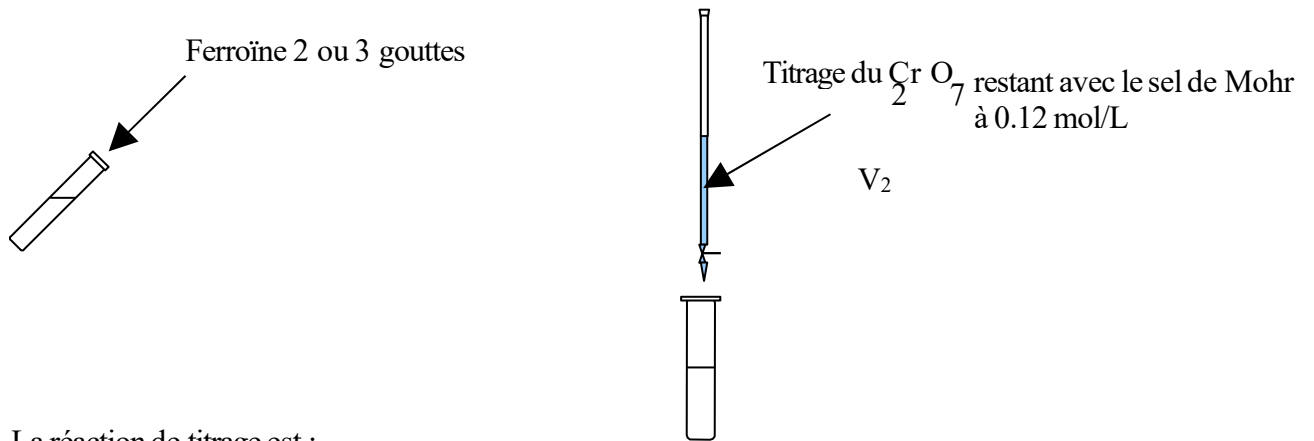


Laver l'intérieur du réfrigérant pour récupérer toutes les traces de  $Cr_2O_7$  qui pourrait y avoir migré avec 75 mL d'eau distillée.

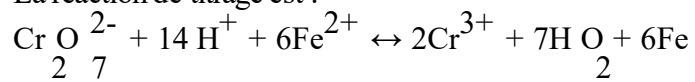


Chauffage 2h00 puis refroidissement dans l'eau. Le rodage entre l'éprouvette et le réfrigérant peut être graissé avec une ou deux gouttes d'acide sulfurique.





La réaction de titrage est :



***-Répéter les étapes précédentes pour l'échantillon à blanc.***

### ***Analyse des résultats***

La DCO pourra être directement calculée à partir du volume de sel de Mohr utilisé et de son titre précédemment vérifié :

$$\text{DCO} = 8000 * C (V1-V2)/V0$$

(V1 étant le volume de sel de Mohr utilisé pour titrer le blanc).

## TP N°8 :

# DETERMINATION DE LA DEMANDE BIOLOGIQUE EN OXYGENE (DBO<sub>5</sub>)

### I. But de TP

La DBO<sub>5</sub> décrit également une demande en oxygène d'un effluent, mais il ne s'agit que des besoins des micro-organismes présents dans l'effluent, qui vont consommer l'oxygène pour leurs réactions métaboliques. Par définition, la DBO<sub>5</sub> est incluse dans la DCO (et son taux devrait nécessairement lui être inférieur). Elle est représentative de la capacité d'un milieu à s'auto-épurer.

Ces deux chiffres sont des indicateurs du taux de pollution d'un milieu.

### II. Le principe de mesure de la DBO<sub>5</sub>

La mesure de la DBO<sub>5</sub> dépendra de l'activité des micro-organismes présents dans l'eau à analyser.

La méthode normalisée utilise un oxymètre : appareil électrique équipé d'une sonde qui donnera une mesure instantanée du taux d'oxygène présent dans l'eau. En mesurant le taux d'oxygène dans une éprouvette exempte d'air au jour de la préparation et après 5 jours de culture, il est possible de connaître la part d'oxygène consommée par les micro-organismes pour leurs besoins métaboliques sur cette durée.

Pour la méthode OXYTOP, les éprouvettes seront remplies avec un volume d'échantillon prédéterminé. La présence d'une pastille de soude dans l'éprouvette permettra d'absorber le CO<sub>2</sub> produit pendant la réaction d'oxydation des matières organiques par les bactéries. L'éprouvette étant fermée hermétiquement avec un bouchon spécial équipé d'un manomètre digital à mémoire, il sera possible de mesurer la dépression qui se créera graduellement au fur et à mesure de l'absorption du CO<sub>2</sub>. Par corrélation avec une échelle de facteur, il sera possible d'en déduire la DBO<sub>5</sub> de l'échantillon.

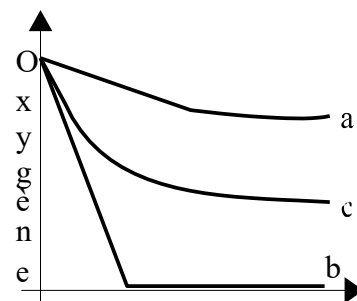
### III. Protocole opératoire

La mise en culture doit permettre le bon développement des bactéries. C'est pourquoi, les facteurs limitants seront corrigés : les échantillons seront additionnés de substrat, ils seront mis en cultures dans une enceinte à 20°C. Seule quantité de matières oxydables disponible doit influencer sur le développement des bactéries et donc leur consommation d'oxygène.

, il convient d'éviter un trop fort développement. Si tout l'oxygène disponible est consommé trop vite, il est impossible de conclure sur la demande biologique au bout de 5 jours (b).

Au contraire si le développement est trop ralenti par une trop faible présence de bactérie dans l'échantillon, la mesure risque d'être trop incertaine au regard des erreurs induites par les manipulations (a). Une bonne dilution c permettrait d'avoir une consommation de 40 à 60% de l'oxygène mesurée dans le flacon au départ (c).

On peut avoir une idée de la DBO<sub>5</sub>, sachant que pour un effluent domestique, le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est d'environ 2.



Au moment de la préparation des échantillons pour la détermination de la DBO<sub>5</sub>, nous n'avions pas encore la valeur de la DCO. Pour cette manipulation nous avons donc préparé plusieurs échantillons dilués avec de l'eau de dilution préalablement préparé, dans des proportions variables.

De même le pH devra être préalablement mesuré pour vérifier qu'il se situe bien entre 6 et 8.

Pour la méthode utilisant l'OXYTOP, la présence d'air dans l'éprouvette n'est pas gênante mais le volume d'échantillon introduit doit être mesuré avec précision. Pour cela des fioles jaugées permettent une mesure précise du volume prévu. Ce volume sera choisi en fonction de la plage de mesure prévue pour la DBO<sub>5</sub>. A chaque plage est associé un facteur de correction de la lecture pour traduire la mesure (Pa) en DBO<sub>5</sub> (mg/L).

**Tableau 1 : Plage de mesure et volume d'échantillon en mL**

Plage de mesure DBO (mg/L)	Volume d'échantillon en mL	Facteur
0-40	428	1
0-80	360	2
0-200	244	5
0-400	157	10
0-800	94	20
0-2000	56	50
0-4000	21.7	100

#### IV. Manipulation

On introduit le volume de l'échantillon en suivant le tableau 1, et on met un barreau magnétique

dans chacun des flacons pour homogénéisation. On rajoute un absorbant dans les bouchons hermétiques pour absorber l'humidité et les gaz, le plus utilisé est l'hydroxyde de lithium. Les échantillons sont placés dans une chambre thermostatée et sombre durant leur mesure de DBO<sub>5</sub>. On règle l'appareil à zéro et on met l'incubateur en marche pendant 5 jours à 20 °C. Le résultat est obtenu directement sur l'afficheur.



**Figure 1** : DBO-mètre.

***Analyse des résultats :***

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg/L)} = \text{Lecture} \times \text{Facteur}$$

Nom : .....Prénom : .....Groupe : ..... Date :

**Compte rendu TP N°7-8**  
**DETERMINATION DE LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (DCO)**  
**DETERMINATION DE LA DEMANDE BIOLOGIQUE EN OXYGENE (DBO<sub>5</sub>)**

1. Quel est le but de chauffage ? **1 pt**

.....  
.....  
.....

2. Quel est le rôle du réfrigérant ? **1 pt**

.....  
.....  
.....

3. Dans quelle situation peut-on considérer les composés organiques comme des polluants ? **1 pt**

.....  
.....  
.....

4. Compléter le tableau suivant : **1.5 pt**

Les conditions expérimentales de la mesure de la DBO	
La quantité d'O <sub>2</sub> dissous en	.....
Période d'incubation	.....
Température	.....
Présence ou absence de lumière	.....
Agitation ou mode statique	.....

5. A l'aide des informations du tableau, proposer une définition pour la DBO<sub>5</sub>? **1 pt**

.....

.....

.....

6. La mesure de la DBO peut être effectuée pour quels types d'eaux et pour quelles raisons elle doit se faire à l'obscurité et sous agitation ? **1 pt**

.....

.....

.....

7. Que signifie la DCO et quelle est sa relation avec la DBO ? **2 pt**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. Calculer la concentration de sel de Mohr utilisés pour titrer le blanc. **1 pt**

	Volume de sel de Mohr mL	Titre C mol/L
Echantillon 1		
Echantillon 2		
moyenne		

9. Compléter les tableaux suivants : **2 pt**

Volume d'échantillon mL	Volume de sel de Mohr mL	Volume KCr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> mL	Titre de sel de Mohr mol/L	DCO mesurée mg/L

**2 pt**

<b>DCO mg O<sub>2</sub> /L</b>	<b>DBO mg O<sub>2</sub> /L</b>	<b>Facteur de dilution</b>	<b>Plage de mesure</b>

**10. Quelle relation y-a-t-il entre la pollution organique de l'eau et la mesure de la DBO ?1 pt**

.....  
.....  
.....

**11. Conclusion 0.5 pt**

.....  
.....



Nom : .....	Prénom : .....	Groupe : .....	Date :
-------------	----------------	----------------	--------

**Corrigé type Compte rendu TP N°7-8**  
**DETERMINATION DE LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (DCO)**  
**DETERMINATION DE LA DEMANDE BIOLOGIQUE EN OXYGENE (DBO<sub>5</sub>)**

**Quel est le but de chauffage ? 1 pt**

Le but du chauffage est d'augmenter la vitesse de la réaction (aspect cinétique) et éventuellement de rendre la ou les réactions quantitatives (aspect thermodynamique, par déplacement d'équilibre).

**1. Quel est le rôle du réfrigérant ? 1 pt**

Le rôle du réfrigérant est de condenser les vapeurs des divers constituants susceptibles de s'évaporer lors du chauffage (réactifs et/ou produits de la réaction) en les faisant passer de l'état gazeux à l'état liquide et en les récupérant dans le ballon de façon à éviter des pertes.

**2. Dans quelle situation peut-on considérer les composés organiques comme des polluants ? 1 pt**

En général, les composés organiques sont complètement biodégradables dans des conditions favorables. Cependant, il faut les considérer comme polluants lorsque leur concentration est anormalement élevée, et engendre un stress important dans la biocénose des milieux aquatiques, ce qui peut conduire à l'inactivation des mécanismes de la biodégradation.

**3. Compléter le tableau suivant : 1.5 pt**

Les conditions expérimentales de la mesure de la DBO	
La quantité d'O <sub>2</sub> dissous en	mg/L
Période d'incubation	5 jours
Température	20 °C
Présence ou absence de lumière	A l'obscurité
Agitation ou mode statique	Sous agitation

**5. A l'aide des informations du tableau, proposer une définition pour la DBO<sub>5</sub>? 1 pt**

C'est la quantité d'O<sub>2</sub> dissous (en mg/l) consommé pendant 5 jours à 20 °C, à l'obscurité et sous agitation, pour la dégradation microbienne de la matière organique dans un échantillon d'eau.

**6. La mesure de la DBO peut être effectuée pour quels types d'eaux et pour quelles raisons elle doit se faire à l'obscurité et sous agitation ? 1 pt**

- Types d'eaux : Eau naturelle (Ex : rivière) + Eau usée (Effluents domestiques et industriels).
- A l'obscurité ; à fin d'éviter l'activité photosynthétique.
- Sous agitation ; à fin de mettre les bactéries en contact avec l'O<sub>2</sub> et la matière organique biodégradable.

**7. Que signifie la DCO et quelle est sa relation avec la DBO ? 2 pt**

La DCO c'est la quantité d'oxygène (en mg/l) nécessaire à l'oxydation de l'ensemble des matières minérales et organique présentes dans une eau. Soit donc à la fois les matières oxydables par les processus purement chimiques et celles oxydables par les processus biochimiques (Activité microbienne) = La DCO représente la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables chimiquement contenues dans l'eau. Elle est représentative de la majeure partie des composés organiques mais également des sels minéraux oxydables (sulfures, chlorures.etc).

La DBO est incluse dans la DCO. Donc, la valeur de la DBO est toujours plus inférieure que celle de la DCO, car de nombreuses substances organiques peuvent être oxydées chimiquement mais ne peuvent pas s'oxyder biologiquement.

**8. Calculer la concentration de sel de Mohr utilisés pour titrer le blanc. 1 pt**

	Volume de sel de Mohr mL	Titre C mol/L
Echantillon 1	10,35	
Echantillon 2	10,4	
moyenne	10,4	<b>0,115</b>

9. Compléter les tableaux suivants : 2 pt

Volume d'échantillon mL	Volume de sel de Mohr mL	Volume $KCr_2O_7$ mL	Titre de sel de Mohr mol/L	DCO mesurée mg/L
10	9.6	5	0.115	74

2 pt

DCO mg $O_2$ /L	DBO mg $O_2$ /L	Facteur de dilution	Plage de mesure
74	8.3	2	0-80

10. Quelle relation y-a-t-il entre la pollution organique de l'eau et la mesure de la DBO ? 1 pt

La DBO constitue un bon indicateur de la pollution de l'eau. La DBO est une mesure indirecte de la matière organique biodégradable dans l'eau. Donc ce paramètre physico-chimique permet la détection de cette matière polluante.

11. Conclusion 0.5 pt

Malgré quelques problèmes de précisions, les résultats semblent cohérents et restent dans des plages de valeurs habituelles.

## *Références bibliographiques*

Barilero T., Deleuze A., Edmond M., 2009. Travaux pratiques de chimie tout prêts. Editions Rue d'Ulm.

Benayad B, 2009. Expériences de chimie analytique, OPU.

Boursali I., Baba-Hamed K., Bouanani A., 2019. Etude expérimentale de la coagulation-floculation. Éditions universitaires européennes.

Elidrissi B, 2015. Traitement des eaux. Éditions universitaires européennes.

Mini Manuel de Chimie générale - Chimie des Solutions. Elisabeth Bardez. Dunod. 2008.

Rouessac F, 2004. Analyse chimique, méthode techniques instrumentales modernes, 6 ème édition Dunod.

Souil F, 2000. Travaux pratiques de chimie générale minérale et organique. 25 thèmes, Edition revue et corrigée.

Techniques instrumentales d'analyse chimique. Francis Rouessac , Annick Rouessac. Dunod. 2011.

Travaux pratiques de chimie : De l'expérience à l'interprétation de Thomas Barilero, Aurélie Deleuze, Matthieu Emond et Hélène Monin-Soyer. 2013.

Wagener T., Moutin.T & Lagadec V, 2012. Travaux pratiques de chimie des eaux.

## Annexe

**Tableau : Paramètres avec valeurs limites de qualité de l'eau de consommation humaine  
(JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13, 9 mars 2014)**

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres Organoleptiques	couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 25 °C	Taux dilution	4
	Saveur à 25 °C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l CaCO <sub>3</sub>	65 pour les eaux déssalées ou déminéralisées (valeur minimale)
	Calcium	mg/l	200
	Chlorure	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20 °C	μS/cm	2800
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	500
	Fer total	mg/l	0,3
	Manganèse	μg/l	50
	Phosphore	mg/l	5
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température	°C	25