

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة ابي بكر بلقايد - تلمسان -  
Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen -



كلية التكنولوجيا  
Faculté de Technologie  
Département d'hydraulique

Mémoire de projet de fin d'Etudes  
pour l'obtention du Diplôme de  
Mastère en hydraulique  
Option : *Eau, Sol et Aménagement*

THEME

**L'influence de la filtration sur sable sur le  
traitement des eaux saumâtres**

Soutenu-le : 09-10-2012

Présenté Par :

*M<sup>elle</sup> : FECIH Abla*

Devant les membres du jury :

<b>Président</b>	: Mr.A.SEDDINI,	(Pr)	Dép.d'hydraulique
<b>Encadreur</b>	: Mr.A.CHIBOUB FELLAH,	(Pr)	Dép.d'hydraulique
<b>Encadreur</b>	: Md.Fatéma Zohra CHIBOUB FELLAH,	(M.C.A)	Dép.de chimie
<b>Examineur:</b>	Mr.A.BOUANANI,	(Pr)	Dép.d'hydraulique
<b>Examineur:</b>	Mr.M.BOUMEDIENE,	(M.A.A)	Dép.d'hydraulique

Année: 2011-2012

# Remerciement

*Toute mon gratitude et remerciement vont à Allah, le clément et le miséricordieux qui nous a donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborer ce travail que je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes ayant contribuées de près ou de loin à l'élaborer.*

*C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que je remercie mes encadreur Mr. A.CHIBOUB FELLAH « professeur au département d'hydraulique » et M<sup>lle</sup>. Fatéma Zohra CHIBOUB FELLAH « Maître de Conférence (A) au département de chimie » pour la sollicitude avec laquelle ils ont suivi et guidé ce travail.*

*Je tiens à remercier Mr. A.SEDDINI « professeur au département d'hydraulique » d'avoir accepté de présider le jury de ce modeste travail.*

*Je remercie aussi Mr. A. BOUANANI « Professeur au département d'hydraulique » et Mr. M.BOUMEDIENE « Maître Assistant (A) » au département d'hydraulique pour leurs aides et leurs encouragements et l'honneur qui nous feront d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

*Je remercie également les responsables de laboratoire qui m'ont beaucoup aidé aux cours des expériences.*

*Toute notre gratitude va aussi à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.*





# Dédicace

*Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on aime et qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence.*



*Je dédie ce modeste travail :*

*A ma très, très chère mère*

*A mes chères sœurs qui m'ont beaucoup soutenue tous le long de ma formation*

*A mes frères et belles sœurs*

*A tous mes proches*

*A tous mes neveux et nièces*

*A mes amies et à tous mes camarades de promotion*

*A mes encadrateurs et tous mes enseignants*



## *Résumé*

La filtration sur sable consiste à faire passer l'eau chargé en matières en suspensions et colloïdales à travers un matériau filtrant afin de le clarifier. Dans ce modeste travail nous avons utilisé le sable comme lit filtrant. Comme travail préliminaire, deux échantillons de sable de taille et forme de grains différents ont été pris comme lit filtrant. Le but est de voir l'influence du type de sable sur ce procédé.

Notre étude a été focalisée sur l'étude des pertes de charges dans un filtre à sable mais surtout de l'influence de la filtration sur sable sur le traitement des eaux saumâtres. Des échantillons ont été préparés au laboratoire avec des variations des concentrations du sel et de la chaux. L'analyse a mis en évidence une diminution remarquable de la turbidité, une faible réduction de la salinité, une très faible influence sur le pH et en fin une augmentation de la température en fonction du temps et cela pour les deux types de sables. Mais avec un taux d'élimination de la turbidité plus important avec le deuxième sable.

Et concernant les pertes de charges, elles dépendent des différentes caractéristiques du matériau filtrant, de l'épaisseur, de la couche filtrante et la vitesse ou débit de la filtration.

**Mots clés :** ressources en eau ; traitement ; filtration; pertes de charges; turbidité ; salinité; pH ; température.

## *Summary*

The filtration on sand consists in making spend the water charged in suspension materials and colloidal through a leaking out material to clarify it. In this modest work we used the sand as filtering bed. As preliminary work, two samples of sand of size and shape of different grains were taken as filtering bed. The purpose is to see the influence of the type of sand on this process.

Our study was focused on the study of the losses of loads in a filter with sand but especially the influence of the filtration on sand on the treatment of brackish waters. Samples were prepared for the laboratory with variations of the concentrations of the salt and the lime. The analysis highlighted a remarkable decrease of the turbidity with a more important rate of reduction of the turbidity with the second sand and the increase of the temperature according to time. However, the filtration haven't influence on salinity of waters and there pH and it for both types of sands.

And concerning the losses of loads, they depend on various characteristics of the filtering materials, the thickness, the filtering coat and the speed or the debit of the filtration.

**Keywords:** water resources; treatment; filtration; losses of loads; turbidity; salinity; pH; temperature.



## تلخيص

عملية الترشيح تنص على تمرير المياه التي تحتوي على مختلف المواد الصلبة العالقة و المواد الغروية عبر مواد ترشيح بهدف التصفية .

في هذا العمل المتواضع استخدمنا الرمل كمادة ترشيح. كيداية تم اخذ عينتان من الرمل يكمن الاختلاف بينهما في الحجم و الشكل بهدف رؤية تأثير نوع الرمل على هذه الدراسة.

يركز هذا العمل على دراسة انخفاض الضغط خلال عملية الترشيح وبالخصوص على دراسة تأثير هذه الاخيره على خصائص المياه المالحة العكرة.

حضرت في المختبر عينات تختلف تراكيزها من حيث الملوحة و كمية الكلس المضافة و بعد عملية الترشيح. اظهرت التحاليل انخفاض ملحوظ في عكارة المياه مع نسبة انخفاض محسوسة أكثر عند استعمال النوع الثاني من الرمل. كما تم تسجيل ارتفاع في درجة الحرارة مع مرور الوقت. وفيما يخص معدل ملوحة وحموضة المياه المعالجة لم نلاحظ اي تأثير لهذه العملية على هذين العاملين.

اما بالنسبة لانخفاض الضغط فهو يتأثر بمختلف خصائص الرمل: حجم الحبيبات , سمك الطبقة المستعملة , سرعة الترشيح أو معدل تدفق المياه... الخ

مفاتيح : الموارد المائية, معالجة المياه, انخفاض الضغط, الترشيح, حموضة المياه, ملوحة المياه, درجة حرارة المياه, عكورة المياه.

# Liste des tableaux

## A. Partie théorique

### *Chapitre I : différents ressources en eau*

<b>Tableau N° 01</b> : principales différences entre eaux superficielles et eaux profondes .....	<b>(05).</b>
<b>Tableau N° 02</b> : Les bactéries pathogènes et leurs effets pathogènes.....	<b>(08).</b>
<b>Tableau N° 03</b> : Les parasites pathogènes et leurs effets pathogènes.....	<b>(08).</b>
<b>Tableau N° 04</b> : Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 .....	<b>(11).</b>

## B. Partie pratique

### *Chapitre V : Résultats et interprétations*

#### I. Etude granulométrique des sables

<b>Tableau N°I.3(1)</b> : L'analyse granulométrique du 1er sable .....	<b>(72).</b>
<b>Tableau N°I.3(2)</b> : L'analyse granulométrique du 2ème sable.....	<b>(72).</b>

#### II. Etude des pertes de charges

<b>Tableau N°II.1.(1)</b> : les pertes de charges selon l'épaisseur du 1er sable (filtre à vide) .....	<b>(75).</b>
<b>Tableau N°II.1.(2)</b> : les pertes de charges selon l'épaisseur du 2ème sable (filtre à vide)..	<b>(76).</b>
<b>Tableau N°II.1.(3)</b> : pertes de charges selon l'épaisseur des deux granulométries du sable pour un débit de 50 l/h.....	<b>(77).</b>
<b>Tableau N° II.1.(4)</b> : pertes de charges selon l'épaisseur des deux granulométries du sable pour un débit de 90 l/h.....	<b>(77).</b>
<b>Tableau N° II.2.(1)</b> : pertes de charges selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=30l/h) au niveau de la colonne de filtration .....	<b>(79).</b>
<b>Tableau N° II.2.(2)</b> :donne les pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=50l/h) au niveau de la colonne de filtration.....	<b>(80).</b>
<b>Tableau N° II.2.(3)</b> :donne les pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=70l/h) au niveau de la colonne de filtration.....	<b>(81).</b>
<b>Tableau N° II.2.(4)</b> :pertes de charge selon le temps (1g de sel+1.5g de la chaux et Q=30l/h) au niveau de la colonne de filtration .....	<b>(82).</b>
<b>Tableau N° II.2.(5)</b> :pertes de charge selon le temps (1g de sel+1.5g de la chaux et Q=50l/h) au niveau de la colonne de filtration .....	<b>(83).</b>
<b>Tableau N° II.2.(6)</b> :pertes de charge selon le temps (1g de sel+1.5g de la chaux et Q=70l/h) au niveau de la colonne de filtration .....	<b>(85).</b>
<b>Tableau N° II.2.(7)</b> :pertes de charge selon le temps (1g de sel+2g de la chaux et Q=30l/h) au niveau de la colonne de filtration .....	<b>(86).</b>

- Tableau N° II.2.(8):** pertes de charge selon le temps (1g de sel+2g de la chaux et Q=50l/h) au niveau de la colonne de filtration ..... (87).
- Tableau N° II.2.(9):** pertes de charge selon le temps (1g de sel+2g de la chaux et Q=70l/h) au niveau de la colonne de filtration ..... (88).
- Tableau N° II.2.(10(a)):** pertes de charges selon le temps pour deux concentrations de sel Cs=1 et 5 g/l avec Cc = 1 g/l, Q=30 l/h et L=5 cm ..... (93).
- Tableau N° II.2.(10(b)):** pertes de charge selon le temps pour deux concentrations de sel Cs=1 et 5 g/l avec Cc = 1 g/l, Q=30 l/h et L=25 cm ..... (94).
- Tableau N° II.2.(10(c)):** pertes de charge selon le temps pour deux concentrations de sel Cs=1 et 5 g/l avec Cc = 1 g/l, Q=30 l/h et L=63 cm..... (94).
- Tableau N° II.2.(11(a)):** pertes de charge selon le temps pour les deux types de sable avec une concentration de sel Cs= 5 g/l, Cc = 1 g/l, Q=30 l/h et L=5 cm..... (95).
- Tableau N° II.2.(11(b)):** pertes de charge selon le temps pour les deux types de sable avec une concentration de sel Cs= 5 g/l, Cc = 1 g/l, Q=30 l/h et L=25 cm..... (95).
- Tableau N° II.2.(11(c)):** pertes de charge selon le temps pour les deux types de sable avec une concentration de sel Cs= 5 g/l, Cc = 1 g/l, Q=30 l/h et L= 63cm ..... (96).
- Tableau N° II. 3.(1) :** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1g de la chaux et Q=30l/h) à plusieurs instants de la manipulation ..... (97).
- Tableau N° II. 3.(2) :** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1g de la chaux et Q=50l/h) à plusieurs instants de la manipulation ..... (98).
- Tableau N° II. 3.(3) :** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1g de la chaux et Q=70l/h) à plusieurs instants de la manipulation ..... (98).
- Tableau N° II.3.(4) :** pertes de charges selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1.5g de la chaux et Q=30l/h) à plusieurs instants de la manipulation ..... (100).
- Tableau N° II. 3.(5) :** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1.5 g de la chaux et Q=50l/h) à plusieurs instants de la manipulation ..... (100).
- Tableau N° II. 3.(6) :** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1.5 g de la chaux et Q=70l/h) à plusieurs instants de la manipulation ..... (101).
- Tableau N° II. 3.(7) :** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+2g de la chaux et Q=30l/h) à plusieurs instants de la manipulation ..... (102).
- Tableau N° II. 3.(8) :** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+2g de la chaux et Q=50l/h) à plusieurs instants de la manipulation ..... (103).
- Tableau N° II. 3.(9) :** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+2g de la chaux et Q=70l/h) à plusieurs instants de la manipulation ..... (103).

### III. Analyse physico-chimique

- Tableau N° III.1.(1(A)):** l'évolution de la turbidité en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour Q=30 l/h ..... (107).
- Tableau N° III.1.(1(B)):** taux d'élimination de la turbidité en fonction du temps et la concentration de la chaux pour Q=30 l/h ..... (108).
- Tableau N° III.1.(2(A)):** l'évolution de la turbidité en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour Q=50 l/h ..... (109)



<b>Tableau N° III.1.(2(B)):</b> taux d'élimination de la turbidité en fonction du temps et la concentration de la chaux pour Q=50 l/h .....	(110)
<b>Tableau N° III.1.(3(A)):</b> l'évolution de la turbidité en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour Q=70 l/h .....	(111).
<b>Tableau N° III.1.(3(B)) :</b> taux d'élimination de la turbidité en fonction du temps et la concentration de la chaux pour Q=70 l/h .....	(112).
<b>Tableau N° III.1.(4) :</b> l'évolution de la salinité en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour Q=30 l/h.....	(113).
<b>Tableau N° III.1.(5) :</b> l'évolution de la salinité en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour Q=50 l/h.....	(114).
<b>Tableau N° III.1.(6) :</b> l'évolution de la salinité en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour Q=70 l/h.....	(115).
<b>Tableau N° III.1.(7) :</b> l'évolution du pH en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour Q=30 l/h.....	(116).
<b>Tableau N° III.1.(8) :</b> l'évolution du pH en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour 1g/l de sel et Q=50 l/h .....	(117).
<b>Tableau N° III.1.(9) :</b> l'évolution du pH en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour 1g/l de sel et Q=70 l/h .....	(118).
<b>Tableau N° III.1.(10):</b> l'évolution de la température en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour 1g/l de sel et Q=30 l/h.....	(119).
<b>Tableau N° III.1.(11):</b> l'évolution de la température en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour 1g/l de sel et Q=50 l/h.....	(120).
<b>Tableau N° III.1.(12):</b> l'évolution de la température en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour 1g/l de sel et Q=70 l/h.....	(121).
<b>Tableau N° III.1.(13):</b> résultats de l'analyse après filtration pour les différentes hauteurs de sable.....	(125).
<b>Tableau N° III.1.(14):</b> résultats de l'analyse après chaque type de traitement.....	(129).
<b>Tableau N° III.2.(1) :</b> l'évolution de la turbidité en fonction du temps et de la concentration de sel pour Cc = 1 g/l .....	(131).
<b>Tableau N° III.2.(2) :</b> l'évolution de la turbidité en fonction du temps et de la concentration de sel pour Cc = 1.5 g/l .....	(132).
<b>Tableau N° III.2.(3) :</b> l'évolution de la turbidité en fonction du temps et de la concentration de sel pour Cc = 2 g/l .....	(132).
<b>Tableau N° III.2.(4) :</b> l'évolution de la salinité en fonction du temps et de la concentration de sel pour Cc = 1 g/l .....	(134).
<b>Tableau N° III.2.(5) :</b> l'évolution de la salinité en fonction du temps et de la concentration de sel pour Cc = 1.5 g/l .....	(135).
<b>Tableau N° III.2.(6) :</b> l'évolution de la salinité en fonction du temps et de la concentration de sel pour Cc = 2 g/l .....	(135).
<b>Tableau N° III.2.(7) :</b> l'évolution du pH en fonction du temps et de la concentration de sel pour Cc = 1 g/l.....	(136).
<b>Tableau N° III.2.(8) :</b> l'évolution du pH en fonction du temps et de la concentration de sel pour Cc = 1.5 g/l.....	(137).

<b>Tableau N° III.2.(9) :</b> l'évolution du pH en fonction du temps et de la concentration de sel pour $C_c = 2$ g/l.....	<b>(138).</b>
<b>Tableau N° III.2.(10):</b> l'évolution de la température en fonction du temps et de la concentration de sel pour $C_c = 1$ g/l.....	<b>(139).</b>
<b>Tableau N° III.2.(11):</b> l'évolution de la température en fonction du temps et de la concentration de sel pour $C_c = 1.5$ g/l.....	<b>(140).</b>
<b>Tableau N° III.2.(12):</b> l'évolution de la température en fonction du temps et de la concentration de sel pour $C_c = 2$ g/l.....	<b>(141).</b>
<b>Tableau N° III.3.(1) :</b> l'évolution de la turbidité en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+1g de la chaux) .....	<b>(143).</b>
<b>Tableau N° III.3.(2) :</b> l'évolution de la turbidité en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+1.5 g de la chaux) .....	<b>(144).</b>
<b>Tableau N° III.3.(3) :</b> l'évolution de la turbidité en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+2g de la chaux) .....	<b>(145).</b>
<b>Tableau N° III.3.(4) :</b> l'évolution de la salinité en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+1g de la chaux).....	<b>(146).</b>
<b>Tableau N° III.3.(5) :</b> l'évolution de la salinité en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+1.5 g de la chaux).....	<b>(147).</b>
<b>Tableau N° III.3.(6) :</b> l'évolution de la salinité en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+2 g de la chaux).....	<b>(148).</b>
<b>Tableau N° III.3.(7) :</b> l'évolution du pH en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+1g de la chaux).....	<b>(149).</b>
<b>Tableau N° III.3.(8) :</b> l'évolution du pH en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+1.5 g de la chaux).....	<b>(150).</b>
<b>Tableau N° III.3.(9) :</b> l'évolution du pH en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+2 g de la chaux).....	<b>(151).</b>
<b>Tableau N° III.3.(10):</b> l'évolution de la température en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+1g de la chaux) .....	<b>(152).</b>
<b>Tableau N° III.3.(11):</b> l'évolution de la température en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+1.5 g de la chaux) .....	<b>(153).</b>
<b>Tableau N° III.3.(12):</b> l'évolution de la température en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+2 g de la chaux) .....	<b>(154).</b>
<b>Tableau N° III.4.(1) :</b> l'évolution de la turbidité selon le temps pour les deux types de sable .....	<b>(155).</b>

# Liste des figures

## A.Partie théorique

### *Chapitre II : vue théorique sur le traitement des eaux*

<b>Figure N°01</b> : Exemple d'une série de procédés de traitement des eaux de surface.....	(15).
<b>Figure N°02</b> : Dégriilleur courbé .....	(20).
<b>Figure N°03</b> : Un tamisage rotatif .....	(21).
<b>Figure N°04</b> : Bassin de dessablage .....	(22).
<b>Figure N°05</b> : Déshuileur circulaire .....	(22).
<b>Figure N°06</b> : Schéma de principe d'un distillateur à multi effets .....	(23).
<b>Figure N°07</b> : Schéma de l'étape coagulation- floculation .....	(26).
<b>Figure N°08</b> : Représente des exemples des deux grands types de décanteur .....	(27).
<b>Figure N°09</b> : Principe de dessalement d'une eau saline par électrodialyse.....	(28).

### *Chapitre III : Les procédés de filtration*

<b>Figure N°01</b> : Schéma d'une filtration conventionnelle .....	(40)
<b>Figure N°02</b> : Schéma d'une filtration direct.....	(41)
<b>Figure N°03</b> : L'évolution de la pression dans d'un filtre de sable .....	(50)
<b>Figure N°04</b> : Embolie gazeuse.....	(54)
<b>Figure N°05</b> : Principe du lavage d'un filtre .....	(56)
<b>Figure N°06</b> : Buselure.....	(56)
<b>Figure N°07</b> : Filtre à double flux .....	(59)

## B.Partie pratique

### *Chapitre IV : Etude expérimentale*

<b>Figure N°I.1</b> : pilote TE 400 de la filtration sur sable .....	(61).
<b>Figure N°I.2</b> : structure du pilote de la filtration sur sable TE 400 .....	(63).
<b>Figure N°I.3</b> : le turbidimètre.....	(68).
<b>Figure N°I.4</b> : Le conductimètre HI 8033 .....	(69).
<b>Figure N°I.5</b> : Les pH mètres .....	(70).

### *Chapitre V : Résultats et interprétations*

#### **II.Etude des pertes de charges :**

<b>Figure N° II.1.(1)</b> : pertes de charges selon le débit et l'épaisseur du filtre pour le 1er sable .....	(76).
---	-------

<b>Figure N° II.1.(2):</b> pertes de charges selon le débit et l'épaisseur du filtre pour le 2ème sable .....	(76).
<b>Figure N° II.1.(3):</b> pertes de charges selon l'épaisseur et la granulométrie du sable pour un débit de 50 l/h.....	(77).
<b>Figure N° II.1.(4):</b> pertes de charges selon l'épaisseur et la granulométrie du sable pour un débit de 90 l/h.....	(77).
<b>Figure N° II.2.(1):</b> pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=30l/h) au niveau de la colonne de filtration .....	(80).
<b>Figure N° II.2.(2):</b> pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=50l/h) au niveau de la colonne de filtration .....	(81).
<b>Figure N° II.2.(3):</b> pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=70l/h) au niveau de la colonne de filtration .....	(82).
<b>Figure N° II.2.(4):</b> pertes de charge selon le temps (1g de sel+1.5g de la chaux et Q=30l/h) au niveau de la colonne de filtration .....	(83).
<b>Figure N° II.2.(5):</b> pertes de charge selon le temps (1g de sel+1.5g de la chaux et Q=50l/h) au niveau de la colonne de filtration .....	(84).
<b>Figure N° II.2.(6):</b> pertes de charge selon le temps (1g de sel+1.5g de la chaux et Q=70l/h) au niveau de la colonne de filtration .....	(85).
<b>Figure N° II.2.(7):</b> pertes de charge selon le temps (1g de sel+2g de la chaux et Q=30l/h) au niveau de la colonne de filtration .....	(87).
<b>Figure N° II.2.(8):</b> pertes de charge selon le temps (1g de sel+2g de la chaux et Q=50l/h) au niveau de la colonne de filtration .....	(88).
<b>Figure N° II.2.(9):</b> pertes de charge selon le temps (1g de sel+2g de la chaux et Q=70l/h) au niveau de la colonne de filtration .....	(89).
<b>Figure N° II.2.(A1):</b> pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=30l/h) pour deux épaisseur au début du filtre L=5cm et L=10cm .....	(90).
<b>Figure N° II.2.(A2):</b> pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=30l/h) pour deux épaisseur au centre du filtre L=20cm et L=25cm.....	(90).
<b>Figure N° II.2.(B1):</b> pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=50l/h) pour deux épaisseur au début du filtre L=5cm et L=10cm .....	(91).
<b>Figure N° II.2.(B2):</b> pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=50l/h) pour deux épaisseur au centre du filtre L=20cm et L=25cm.....	(91).
<b>Figure N° II.2.(C1):</b> pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=70l/h) pour deux épaisseur au début du filtre L=5cm et L=10cm .....	(91).
<b>Figure N° II.2.(C2):</b> pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=50l/h) pour deux épaisseur au centre du filtre L=20cm et L=25cm.....	(91).
<b>Figure N° II.2.(D1):</b> l'influence de la variation de la concentration de la chaux sur les pertes de charge en fonction du temps pour L=25cm et Q=30l/h.....	(92).
<b>Figure N° II.2.(D2):</b> l'influence de la variation de la concentration de la chaux sur les pertes de charge en fonction du temps pour L=25cm et Q=50l/h.....	(92).
<b>Figure N° II.2.(D3):</b> l'influence de la variation de la concentration de la chaux sur les pertes de charge en fonction du temps pour L=25cm et Q=70l/h.....	(93).
<b>Figure N° II.2.( 10(a)):</b> l'influence de la variation de la concentration de sel sur les pertes de charge en fonction du temps pour Cc = 1 g/l, Q=30 l/h et L=5 cm.....	(94).

- Figure N° II.2.( 10(b)):** l'influence de la variation de la concentration de sel sur les pertes de charge en fonction du temps pour  $C_c = 1 \text{ g/l}$ ,  $Q=30 \text{ l/h}$  et  $L=25 \text{ cm}$ ..... (94).
- Figure N° II.2.( 10(c)):** l'influence de la variation de la concentration de sel sur les pertes de charge en fonction du temps pour  $C_c = 1 \text{ g/l}$ ,  $Q=30 \text{ l/h}$  et  $L=63 \text{ cm}$ ..... (95).
- Figure N° II.2.( 11(a)):** l'influence de la granulométrie du sable sur les pertes de charge en fonction du temps pour  $C_s = 5 \text{ g/l}$ ,  $C_c = 1 \text{ g/l}$ ,  $Q=30 \text{ l/h}$  et  $L= 5 \text{ cm}$  ..... (96).
- Figure N° II.2.( 11(b)):** l'influence de la granulométrie du sable sur les pertes de charge en fonction du temps pour  $C_s = 5 \text{ g/l}$ ,  $C_c = 1 \text{ g/l}$ ,  $Q=30 \text{ l/h}$  et  $L= 25 \text{ cm}$  ..... (96).
- Figure N° II.2.( 11(c)):** l'influence de la granulométrie du sable sur les pertes de charge en fonction du temps pour  $C_s = 5 \text{ g/l}$ ,  $C_c = 1 \text{ g/l}$ ,  $Q=30 \text{ l/h}$  et  $L= 63 \text{ cm}$  ..... (96).
- Figure N° II.3.(1):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1g de la chaux et  $Q=30 \text{ l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation ..... (99).
- Figure N° II.3.(2):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1g de la chaux et  $Q=50 \text{ l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation ..... (99).
- Figure N° II.3.(3):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1g de la chaux et  $Q=70 \text{ l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation ..... (99).
- Figure N° II.3.(4):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1.5g de la chaux et  $Q=30 \text{ l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation ..... (101).
- Figure N° II.3.(5):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1.5g de la chaux et  $Q=50 \text{ l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation ..... (101).
- Figure N° II.3.(6):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1.5 g de la chaux et  $Q=70 \text{ l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation ..... (102).
- Figure N° II.3.(7):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+2 g de la chaux et  $Q=30 \text{ l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation ..... (104).
- Figure N° II.3.(8):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+2 g de la chaux et  $Q=50 \text{ l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation ..... (104).
- Figure N° II.3.(9):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+2 g de la chaux et  $Q=70 \text{ l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation ..... (104).

### III.Analyse physico-chimique :

- Figure N° III.1.(1(a)) :** l'évolution de la turbidité en fonction du temps pour  $Q=30 \text{ l/h}$ .. (107).
- Figure N° III.1.(1(b)) :** l'évolution de la turbidité en fonction de la concentration de la chaux pour  $Q=30 \text{ l/h}$  ..... (107).
- Figure N° III.1.(1(c)) :** taux d'élimination de la turbidité en fonction du temps pour  $Q=30 \text{ l/h}$  ..... (108).
- Figure N° III.1.(1(d)) :** taux d'élimination de la turbidité en fonction la concentration de la chaux pour  $Q=30 \text{ l/h}$ ..... (108).
- Figure N° III.1.(2(a)) :** l'évolution de la turbidité en fonction du temps pour  $Q=50 \text{ l/h}$ .. (109).
- Figure N° III.1.(2(b)) :** l'évolution de la turbidité en fonction de la concentration de la chaux pour  $Q=50 \text{ l/h}$  ..... (109).
- Figure N° III.1.(2(c)) :** taux d'élimination de la turbidité en fonction du temps pour  $Q=50 \text{ l/h}$  ..... (110).

<b>Figure N° III.1.(2(d)) :</b> taux d'élimination de la turbidité en fonction de la concentration de la chaux pour Q=50 l/h.....	(110).
<b>Figure N° III.1.(3(a)) :</b> l'évolution de la turbidité en fonction du temps pour Q=70 l/h..	(111).
<b>Figure N° III.1.(3(b)) :</b> l'évolution de la turbidité en fonction de la concentration de la chaux pour Q=70 l/h .....	(111).
<b>Figure N° III.1.(3(c)) :</b> taux d'élimination de la turbidité en fonction du temps pour Q=70 l/h .....	(112).
<b>Figure N° III.1.(3(d)) :</b> taux d'élimination de la turbidité en fonction de la concentration de la chaux pour Q=70 l/h.....	(112).
<b>Figure N° III.1.(4(a)) :</b> l'évolution de la salinité en fonction du temps pour Q=30 l/h....	(113).
<b>Figure N° III.1.(4(b)):</b> l'évolution de la salinité en fonction de la concentration de la chaux pour Q=30 l/h .....	(113).
<b>Figure N° III.1.(5(a)):</b> l'évolution de la salinité en fonction du temps pour Q=50 l/h....	(115).
<b>Figure N° III.1.(5(b)):</b> l'évolution de la salinité en fonction de la concentration de la chaux pour Q=50 l/h .....	(115).
<b>Figure N° III.1.(6(a)):</b> l'évolution de la salinité en fonction du temps pour Q=70 l/h....	(116).
<b>Figure N° III.1.(6(b)):</b> l'évolution de la salinité en fonction de la concentration de la chaux pour Q=70 l/h .....	(116).
<b>Figure N° III.1.(7(a)):</b> l'évolution du pH en fonction du temps pour Q=30 l/h.....	(117).
<b>Figure N° III.1.(7(b)):</b> l'évolution du pH en fonction de la concentration de la chaux pour Q=30 l/h.....	(117).
<b>Figure N° III.1.(8(a)) :</b> l'évolution du pH en fonction du temps pour Q=50 l/h.....	(118).
<b>Figure N° III.1.(8(b)):</b> l'évolution du pH en fonction de la concentration de la chaux pour Q=50 l/h.....	(118).
<b>Figure N° III.1.(9(a)):</b> l'évolution du pH en fonction du temps pour Q=70 l/h.....	(119).
<b>Figure N° III.1.(9(b)):</b> l'évolution du pH en fonction de la concentration de la chaux pour Q=70 l/h.....	(119).
<b>Figure N° III.1.(10(a)):</b> l'évolution de la température en fonction du temps pour Q=30 l/h .....	(120).
<b>Figure N° III.1.(10(b)):</b> l'évolution de la température en fonction de la concentration de la chaux pour Q=30 l/h.....	(120).
<b>Figure N° III.1.(11(a)) :</b> l'évolution de la température en fonction du temps pour Q=50 l/h .....	(121).
<b>Figure N° III.1.(11(b)):</b> l'évolution de la température en fonction de la concentration de la chaux pour Q=50 l/h.....	(121).
<b>Figure N° III.1.(12(a)) :</b> l'évolution de la température en fonction du temps pour Q=70 l/h .....	(122).
<b>Figure N° III.1.(12(b)) :</b> l'évolution de la température en fonction de la concentration de la chaux pour Q=70 l/h.....	(122).
<b>Figure N° III.1.(13):</b> représentation schématique de la filtration sur un lit constitué avec le 2ème sable avec variation de l'épaisseur .....	(124).
<b>Figure N° III.1.(13(a)):</b> l'évolution de la turbidité en fonction du temps .....	(126).
<b>Figure N° III.1.(13 (b)):</b> l'évolution de la turbidité en fonction de la hauteur du sable....	(126).
<b>Figure N° III.1.(13(c)) :</b> l'évolution de la salinité en fonction du temps.....	(127).

<b>Figure N° III.1.(13(d)) :</b>	l'évolution de la salinité en fonction de la hauteur de sable .....	(127).
<b>Figure N° III.1.(13(e)):</b>	l'évolution du pH en fonction du temps.....	(127).
<b>Figure N° III.1.(13(f)):</b>	l'évolution pH en fonction de la hauteur de sable .....	(127).
<b>Figure N° III.1.(13(g)):</b>	l'évolution de la température en fonction du temps.....	(128).
<b>Figure N° III.1.(13(h)):</b>	l'évolution de la température en fonction de la hauteur de sable	(128).
<b>Figure N° III.1.(14(a)):</b>	la turbidité après chaque type de traitement.....	(129).
<b>Figure N° III.1.(14(b)):</b>	la salinité après chaque type de traitement .....	(129).
<b>Figure N° III.1.(14(c)):</b>	le pH après chaque type de traitement.....	(130).
<b>Figure N° III.1.(14(d)):</b>	la température après chaque type de traitement.....	(130).
<b>Figure N° III.2.(1 (a)):</b>	l'évolution de la turbidité en fonction du temps pour $C_c = 1\text{g/l}$ .	(131).
<b>Figure N° III.2.(1(b)):</b>	l'évolution de la turbidité en fonction de la concentration de sel pour $C_c = 1\text{g/l}$ .....	(131).
<b>Figure N° III.2.(2(a)) :</b>	l'évolution de la turbidité en fonction du temps pour $C_c = 1.5\text{ g/l}$ .....	(132).
<b>Figure N° III.2.(2(b)) :</b>	l'évolution de la turbidité en fonction de la concentration de sel pour $C_c = 1.5\text{ g/l}$ .....	(132).
<b>Figure N° III.2.(3(a)) :</b>	l'évolution de la turbidité en fonction du temps pour $C_c = 2\text{g/l}$ .	(133).
<b>Figure N° III.2.(3(b)) :</b>	l'évolution de la turbidité en fonction de la concentration de sel pour $C_c = 2\text{g/l}$ .....	(133).
<b>Figure N° III.2.(4 (a)) :</b>	l'évolution de la salinité en fonction du temps pour $C_c = 1\text{g/l}$ ...	(134).
<b>Figure N° III.2.(4 (b)) :</b>	l'évolution de la salinité en fonction de la concentration de sel pour $C_c = 1\text{g/l}$ .....	(134).
<b>Figure N° III.2.(5(a)):</b>	l'évolution de la salinité en fonction du temps pour $C_c = 1.5\text{ g/l}$	(135).
<b>Figure N° III.2.(5(b)):</b>	l'évolution de la salinité en fonction de la concentration de sel pour $C_c = 1.5\text{ g/l}$ .....	(135).
<b>Figure N° III.2.(6(a)):</b>	l'évolution de la salinité en fonction du temps pour $C_c = 2\text{g/l}$ ...	(136).
<b>Figure N° III.2.(6(b)):</b>	l'évolution de la salinité en fonction de la concentration de sel pour $C_c = 2\text{g/l}$ .....	(136).
<b>Figure N° III.2.(7(a)) :</b>	l'évolution du pH en fonction du temps pour $C_c = 1\text{ g/l}$ .....	(137).
<b>Figure N° III.2.(7(b)):</b>	l'évolution du pH en fonction de la concentration de sel pour $C_c = 1\text{ g/l}$ .....	(137).
<b>Figure N° III.2.(8(a)):</b>	l'évolution du pH en fonction du temps pour $C_c = 1.5\text{ g/l}$ .....	(138).
<b>Figure N° III.2.(8(b)):</b>	un histogramme qui représente l'évolution du pH en fonction de la concentration de sel pour $C_c = 1.5\text{ g/l}$ .....	(138).
<b>Figure N° III.2.(9(a)):</b>	l'évolution du pH en fonction du temps pour $C_c = 2\text{ g/l}$ .....	(139).
<b>Figure N° III.2.(9(b)):</b>	l'évolution du pH en fonction de la concentration de sel pour $C_c = 2\text{ g/l}$ .....	(139).
<b>Figure N° III.2.(10(a)):</b>	l'évolution de la température en fonction du temps pour $C_c = 1\text{ g/l}$ .....	(140).
<b>Figure N° III.2.(10(b)):</b>	l'évolution de la température en fonction de la concentration de sel pour $C_c = 1\text{ g/l}$ .....	(140).
<b>Figure N° III.2.(11(a)):</b>	l'évolution de la température en fonction du temps pour $C_c = 1.5\text{ g/l}$ .....	(141).



<b>Figure N° III.2.(11(b)):</b> l'évolution de la température en fonction de la concentration de sel pour $C_c = 1.5$ g/l.....	(141).
<b>Figure N° III.2.(12(a)):</b> l'évolution de la température en fonction du temps pour $C_c = 2$ g/l .....	(142).
<b>Figure N° III.2.(12(b)):</b> l'évolution de la température en fonction de la concentration de sel pour $C_c = 2$ g/l.....	(142).
<b>Figure N° III.3.(1(a)):</b> l'évolution de la turbidité en fonction du temps pour $C_c = 1$ g/l ..	(143).
<b>Figure N° III.3.(1(b)):</b> l'évolution de la turbidité en fonction du débit pour $C_c = 1$ g/l ...	(143).
<b>Figure N° III.3.(2(a)):</b> l'évolution de la turbidité en fonction du temps pour $C_c = 1.5$ g/l	(144).
<b>Figure N° III.3.(2(b)):</b> l'évolution de la turbidité en fonction du débit pour $C_c = 1.5$ g/l	(144).
<b>Figure N° III.3.(3(a)):</b> l'évolution de la turbidité en fonction du temps pour $C_c = 2$ g/l.	(145).
<b>Figure N° III.3.(3(b)):</b> l'évolution de la turbidité en fonction du débit pour $C_c = 2$ g/l ..	(145).
<b>Figure N° III.3.(4(a)):</b> l'évolution de la salinité en fonction du temps pour $C_c = 1$ g/l...	(146).
<b>Figure N° III.3.(4(b)):</b> l'évolution de la salinité en fonction du débit pour $C_c = 1$ g/l ....	(146).
<b>Figure N° III.3.(5(a)):</b> l'évolution de la salinité en fonction du temps pour $C_c = 1.5$ g/l	(147).
<b>Figure N° III.3.(5(b)):</b> l'évolution de la salinité en fonction du débit pour $C_c = 1.5$ g/l .	(147).
<b>Figure N° III.3.(6(a)):</b> l'évolution de la salinité en fonction du débit pour $C_c = 2$ g/l.....	(148).
<b>Figure N° III.3.(6(b)):</b> l'évolution de la salinité en fonction du débit pour $C_c = 2$ g/l ....	(148).
<b>Figure N° III.3.(7(a)):</b> l'évolution du pH en fonction du temps pour $C_c = 1$ g/l .....	(149).
<b>Figure N° III.3.(7(b)):</b> l'évolution du pH en fonction du débit pour $C_c = 1$ g/l.....	(149).
<b>Figure N° III.3.(8(a)):</b> l'évolution du pH en fonction du temps pour $C_c = 1.5$ g/l .....	(150).
<b>Figure N° III.3.(8(b)):</b> l'évolution du pH en fonction du débit pour $C_c = 1.5$ g/l.....	(150).
<b>Figure N° III.3.(9(a)):</b> l'évolution du pH en fonction du temps pour $C_c = 2$ g/l .....	(151).
<b>Figure N° III.3.(9(b)):</b> l'évolution du pH en fonction du débit pour $C_c = 2$ g/l.....	(151).
<b>Figure N° III.3.(10(a)):</b> l'évolution de la température en fonction du temps pour $C_c = 1$ g/l .....	(152).
<b>Figure N° III.3.(10(b)):</b> l'évolution de la température en fonction du débit pour $C_c = 1$ g/l .....	(152).
<b>Figure N° III.3.(11(a)):</b> l'évolution de la température en fonction du temps pour $C_c = 1.5$ g/l .....	(153).
<b>Figure N° III.3.(11(b)):</b> l'évolution de la température en fonction du débit pour $C_c = 1.5$ g/l .....	(153).
<b>Figure N° III.3.(12(a)):</b> l'évolution de la température en fonction du temps pour $C_c = 2$ g/l .....	(154).
<b>Figure N° III.3.(12(b)):</b> l'évolution de la température en fonction du débit pour $C_c = 2$ g/l .....	(154).
<b>Figure N° III.4.(1(a)):</b> l'évolution de la turbidité selon le temps pour les deux types de sable .....	(156).
<b>Figure N° III.4.(1(b)):</b> l'évolution de la turbidité selon le type de sable.....	(156).
<b>Figure N° III.4.(1(c)):</b> l'évolution de la salinité selon le temps pour les deux types de sable .....	(157).
<b>Figure N° III.4.(1(d)) :</b> l'évolution de la salinité selon le type de sable.....	(157).
<b>Figure N° III.4.(1(e)):</b> l'évolution du pH selon le temps pour les deux types de sable....	(157).
<b>Figure N° III.4.(1(f)) :</b> l'évolution du pH selon le type de sable.....	(157).

# Table des matières

Introduction générale.....	(01)
----------------------------	------

## A. Partie théorique

### *Chapitre I : différents ressources en eau*

I.Introduction.....	(03)
II.Les principaux types et origines des eaux brutes.....	(03)
II.1.Les eaux traditionnelles.....	(03)
II.1.1.Les eaux de pluie.....	(03)
II.1.2.Les eaux souterraines.....	(03)
II.1.3.Les eaux de surfaces.....	(04)
II.2.Eaux de mer.....	(05)
II.3.Les eaux saumâtres.....	(06)
II.4.Les eaux non conventionnelles.....	(06)
II.4.1.Les rejets domestiques.....	(06)
II.4.2.Les rejets industriels.....	(06)
II.4.3.Les eaux de ruissellement.....	(07)
II.4.4.Les eaux agricoles.....	(07)
III. Différents types de pollution des eaux.....	(07)
III.1.Pollution micro-organismes.....	(07)
III.2.Pollution par les micropolluants.....	(09)
III.2.1.Eléments métalliques.....	(09)
III.2.2.Les micropolluants organiques.....	(09)
III.3.Nitrate et nitrites.....	(09)
III.4.Pollution par radioactivité.....	(09)
IV. Normes de potabilités.....	(09)
IV.1.Normes biologique.....	(10)
IV.2.Normes et recommandation pour les paramètres physiques et chimique.....	(10)
V.Conclusion.....	(14)

## *Chapitre II : vue théorique sur le traitement des eaux*

I.Introduction .....	(15)
II.Objectifs du traitement des eaux.....	(16)
III.Les différents paramètres de mesure de la pollution.....	(16)
III.1.Paramètres physico-chimiques .....	(17)
III.1.1.La demande biochimique d'oxygène à cinq jours (DBO5) .....	(17)
III.1.2.La demande chimique d'oxygène (DCO) .....	(17)
III.1.3.Interprétation du rapport (DCO/DBO) .....	(17)
III.1.4.Les matières en suspension (MES) .....	(17)
III.1.5.Le PH.....	(17)
III.1.6.La couleur .....	(18)
III.1.7.L'odeur.....	(18)
III.1.8.La turbidité .....	(18)
III.1.9.La température.....	(18)
III.1.10.Les matières toxiques .....	(18)
III.1.11.L'Azote et Phosphore.....	(18)
III.2.Paramètres bactériologiques.....	(18)
IV.Prétraitement .....	(19)
IV.1.Prétraitements physiques.....	(19)
IV.1.1.Le dégrillage.....	(19)
IV.1.2.Le Micro-tamissage .....	(20)
IV.1.3.Le dessablage-déshuilage.....	(21)
IV.1.3.1.Dessablage.....	(21)
IV.1.3.2.Déshuilage ou Dégraissages.....	(21)
IV.1.3.3.Le dessablage-déshuilage.....	(22)
IV.2.Le prétraitement chimique ou pré-oxydation.....	(22)
V.Traitements physiques et physico-chimiques.....	(23)
V.1.Distillation .....	(23)
V.2.Coagulation-floculation.....	(23)
V.2.1.Coagulation.....	(24)
V.2.1.1.Les différents types de coagulants.....	(24)
V.2.1.2.Les facteurs intervenant dans la coagulation des particules.....	(25)
V.2.2.Floculation.....	(26)
V.3.Décantation.....	(26)
V.4.Flottation.....	(27)
V.5.Filtration .....	(27)
V.6.Electrodialyse .....	(28)
V.7.Adsorption .....	(29)
V.8.Dessalement.....	(29)
V.9.Congélation.....	(29)
VI.Traitements chimique.....	(30)
VI.1.La neutralisation.....	(30)
VI.2.Précipitations.....	(30)
VI.3.Oxydoréductions .....	(31)

VI.4.Echange d'ions .....	(31)
VII.Les traitements biologiques .....	(32)
VII.1.Traitement aérobies.....	(32)
VII.2.Traitement anaérobies.....	(32)
V.III.Les procédés de désinfections .....	(32)
VIII.1.Les traitements chimiques .....	(33)
VIII.2.Les traitements physiques.....	(33)
IX.Action des traitements sur différents paramètres de l'eau .....	(34)
IX.1.Traitement des facteurs organoleptique .....	(34)
IX.1.1.Couleur .....	(34)
IX.1.2.La turbidité .....	(34)
IX.1.3.Odeur-saveur .....	(34)
IX.1.4.Le pH.....	(34)
IX.2.Traitement de quelques facteurs physicochimiques.....	(35)
IX.3.Traitement des facteurs toxiques-métaux à l'état de trace .....	(36)
IX.4.Traitement des micropolluants organiques .....	(36)
X. Traitement des eaux destinées à la consommation humaine .....	(37)
X.1. Traitement des eaux de sources .....	(37)
X.2. Traitement des eaux superficielles .....	(37)
XI . Conclusion.....	(38)

### *Chapitre III : Les procédés de filtration*

I. Introduction.....	(39)
II. Généralité sur la filtration .....	(39)
III. Utilisation de la filtration .....	(39)
IV. Les différentes catégories de filtration .....	(40)
IV.1.Filtration physico-chimique .....	(40)
IV.1.1.Filtration conventionnelle .....	(40)
IV.1.2.Filtration direct.....	(41)
IV.1.3.Filtration en ligne .....	(41)
IV.2.Filtration physique .....	(41)
IV.3.Filtration biologique.....	(41)
IV.4.Filtration par adsorption.....	(41)
V. Les Mécanismes de filtration.....	(42)
V.1.Mécanisme de capture .....	(42)
V.1.1.Tamisage mécanique .....	(42)
V.1.2.Dépôt sur le matériau filtrant.....	(42)
V.2.Mécanisme de fixation .....	(42)
V.3.Mécanisme de détachement.....	(43)
VI. Nature du milieu filtrant.....	(43)
VII. Caractéristiques des matériaux filtrants.....	(44)
VII.1.Diamètre effectif et coefficient d'uniformité .....	(44)
VII.2.Densité relative du sable .....	(45)
VII.3.Porosité .....	(45)
VII.4.La perméabilité .....	(46)

VIII .Théorie de l'écoulement dans un milieu poreux appliquée aux filtres de sable...	(46)
IX.Les différents types de filtres .....	(50)
IX.1.Filtration lente .....	(50)
IX.1.1.Période de maturation (ou d'ensemencement) .....	(52)
IX.1.2.Avantage et performances typiques des filtres lents .....	(52)
IX.1.3.Inconvénients des filtres lents .....	(52)
IX.1.4.Nettoyage des filtres lents .....	(53)
IX.2.La filtration rapide ouverte ou classique .....	(53)
IX.2.1.Constitution d'un filtre rapide .....	(54)
IX.2.2.Colmatage des matériaux filtrant .....	(55)
IX.2.3.Lavage des filtres rapides.....	(55)
IX.3.Filtration sous pression .....	(56)
IX.4.Filtration mixte.....	(57)
IX.5.Filtration directe .....	(57)
IX.6.Filtration sur charbon actif .....	(57)
IX.6.1.Filtration sur charbon actif granulaire .....	(57)
IX.6.2.Le filtre à charbon actif à double flux .....	(58)
IX.6.3.Filtration sur charbon actif biologique .....	(59)
IX.6.4.L'intérêt de la filtration sur charbon actif .....	(59)
IX.7.Filtration sur terre diatomée .....	(59)
X. Conclusion.....	(60)

## **B. Partie pratique**

### *Chapitre IV : Etude expérimentale*

I.Presentation du banc d'essai .....	(61)
II.Objectifs principaux de l'expérimentation .....	(62)
III.Description technique de l'appareil .....	(62)
III.1.Construction et instrumentation du pilote TE 400 .....	(62)
III.2.Manipulation du pilote TE 400 .....	(64)
III.2.1.Filtration gravitaire.....	(64)
III.2.2.Procédure générale de lavage .....	(65)
IV.Mode opératoire des appareils d'analyse physico-chimique .....	(67)
IV.1.Mesure de la turbidité.....	(67)
IV.2.Mesure de la salinité.....	(68)
IV.3.Mesure du pH.....	(70)
IV.4.Mesure de la température .....	(70)

### *Chapitre V : résultats et interprétations*

I.Etude granulométrique des sables.....	(71)
I.1.But de l'étude .....	(71)
I.2.Analyse granulométrique par tamisage.....	(71)
I.2.1.Matériels utilisés et principe de base .....	(71)
I.2.2.Mode opératoire .....	(71)

I.3.Analyse et interprétation des résultats .....	(72)
I.3.1.Résultats trouvés .....	(72)
I.3.2.Exploitation des résultats.....	(72)
II.Etude des pertes de charges .....	(75)
II.1.Pertes de charges selon l'épaisseur du filtre à vide et les débits de filtration.....	(75)
II.1.1.Le 1 <sup>er</sup> sable.....	(75)
II.1.2.Le 2 <sup>ème</sup> sable .....	(76)
II.1.3.Comparaison des pertes de charge des deux sables.....	(77)
II.2.Pertes de charges selon le temps dans un filtre non vierge.....	(79)
II.2.1.L'influence de la variation du débit et la concentration de la chaux .....	(79)
II.2.1.1.Pour une concentration de la chaux de $C_c= 1\text{ g/l}$ .....	(79)
II.2.1.2.Pour une concentration de la chaux de $C_c= 1.5\text{ g/l}$ .....	(82)
II.2.1.3.Pour une concentration de la chaux de $C_c= 2\text{ g/l}$ .....	(86)
II.2.2.L'influence de la concentration en sel sur les pertes de charges .....	(93)
II.2.3.L'influence de la granulométrie du sable sur les pertes de charges .....	(95)
II.3.Pertes de charges selon l'épaisseur du sable.....	(97)
II.3.1.Pour une concentration de la chaux de $C_c= 1\text{ g/l}$ .....	(97)
II.3.2.Pour une concentration de la chaux de $C_c= 1.5\text{ g/l}$ .....	(100)
II.3.3.Pour une concentration de la chaux de $C_c= 2\text{ g/l}$ .....	(102)
III.Analyse physico-chimique .....	(106)
III.1.Variation des différents paramètres physico-chimique selon le temps et la concentration de la chaux .....	(106)
III.1.1.1 <sup>er</sup> sable.....	(106)
III.1.1.1.La turbidité .....	(106)
III.1.1.2.salinité .....	(113)
III.1.1.3.pH .....	(116)
III.1.1.4.température .....	(119)
III.1.2.2 <sup>ème</sup> sable.....	(122)
1)Variation de la hauteur du sable.....	(123)
2)Une filtration avec un traitement préalable.....	(128)
III.2.Variation des différents paramètres physico-chimique selon le temps et la concentration de sel .....	(131)
III.2.1.Turbidité .....	(131)
III.2.2.La salinité .....	(134)
III.2.3.pH .....	(136)
III.2.4.Température.....	(139)
III.3.Variation des différents paramètres en fonction du temps et le débit .....	(143)
III.3.1.Turbidité .....	(143)
III.3.2.Salinité.....	(146)
III.3.3.pH .....	(149)
III.3.4.La température.....	(152)

III.4.Comparaison des paramètres physico-chimique des deux sables .....	(155)
III.4.1.Turbidité .....	(156)
III.4.2.Salinité.....	(157)
III.4.3.Le pH.....	(157)
Conclusion générale .....	(158)



## **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

L'eau est l'élément vital pour le bien des êtres vivant, dont l'être humain. Cette perle de vie recouvre près des trois quart de superficie de la terre, mais la fraction douce ne représente que 3%. Cette quantité qui est la source principale d'approvisionnement en eaux de consommation, qui est en principe invariable, diminuent vu les problèmes de pollution de plus en plus grand, alors que la demande en eau douce est toujours en croissance au niveau mondial. Cette équation montre que la demande devient de plus en plus supérieure aux ressources [1] et [2].

Les réserves souterraines, nappes ou gisement n'existent pas partout ou elles sont surexploitées ou même pollués. Les besoins actuels ne sont donc assurés que par le recours à autres sources en eaux, tels que les eaux superficiels, les eaux de mer et les eaux saumâtres qui sont plus au moins polluées et salées. On a même recours aux eaux non conventionnelles.

L'eau de consommation doit répondre aux normes de potabilité. C'est à dire que l'eau d'alimentation ne doit contenir ni de germes pathogènes ni de substances toxiques susceptibles de provoquer de graves contaminations chez le consommateur. Et afin d'utiliser les différentes catégories d'eaux précitées et de les rendre potables on doit faire appel à un traitement [2].

Le traitement à appliquer aux eaux destinées à l'alimentation humaine consiste à transformer une eau brute qu'elle que soit son origine en une eau potable convenable à la consommation, et cela en se débarrassant de toutes les matières en suspension et colloïdales qu'elles contiennent ainsi que de certaines substances dissoutes [2]. Pour ce faire il est généralement nécessaire de combiner plusieurs opérations élémentaires mettant en œuvre des phénomènes physiques, chimiques et biologiques. La tendance actuelle est orientée vers la conception de lignes de traitements successifs bien adaptés à chaque cas [3] et [2].

La turbidité d'une eau est une mesure globale qui prend en compte toutes les matières, colloïdales et les substances insolubles qui peuvent être d'origine minérale ou organique. Elles prennent en compte aussi toutes les particules en suspension qui existent naturellement dans l'eau, comme le limon, l'argile, les matières organiques et inorganiques en particules fines, le plancton et d'autres microorganismes [4].

Plusieurs essais effectués au sein des laboratoires ont montré que les techniques de filtration peuvent être considérées comme une alternative intéressante et efficace pour la réduction de la turbidité d'origine minérale ou organique.

Les eaux saumâtres sont généralement des eaux souterraines mais il y en a d'autres qui sont superficielles. Les eaux saumâtres d'origine souterraines sont de faible turbidité donc elles ne nécessitent pas un traitement chimique de coagulation-floculation qui augmente le coût du traitement. La filtration sur sable rapide sans traitements physico-chimiques préalable peut être suffisante pour éliminer la faible concentration des eaux saumâtres souterraines en matières en suspensions ou/et colloïdales sans faire recours à ces traitements précités. Le but de ce projet consiste à faire une étude sur l'influence de la filtration rapide sur sable sans ces traitements préalables sur le traitement ou prétraitement d'une eau saumâtre à l'aide du pilote TE 400.

Pour ce faire, ce présent travail est subdivisé principalement en deux parties :

➤ Une partie théorique comporte trois grands chapitres :

**Chapitre I** : étude bibliographique sur les différentes origines et sources des eaux de consommations et les normes de potabilité.

**Chapitre II** : les procédés de traitement des eaux brutes.

**Chapitre III** : la filtration par un milieu poreux.

➤ Partie pratique subdivisée à son tour en deux parties :

**Chapitre IV** : étude expérimentale.

**Chapitre V** : résultats et interprétations de cette étude.

## **I. Introduction :**

Les réserves souterraines, nappes ou gisement n'existent pas partout ou elles sont surexploitées ou même polluées, c'est pourquoi on a recours à d'autres sources en eaux.

Dans ce chapitre, nous mettons l'accent sur :

- Les différentes sources d'eau brute ;
- Les normes pour qu'on puisse qualifier une eau potable.

## **II. Les principaux types et origines des eaux brutes :**

On peut classer les eaux brutes en différentes catégories : les eaux traditionnelles, les eaux de mer et saumâtres et les eaux non conventionnelles ou résiduaires.

### **II.1. Les eaux traditionnelles :**

Dans cette catégorie on retrouve trois sources principales : Les eaux de pluie, les eaux souterraines et les eaux de surface.

#### **II.1.1. Les eaux de pluie :**

Théoriquement, les eaux de pluie ou de précipitation sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine en ajoutant bien sur à ces eaux les éléments nécessaire pour qu'elles deviennent potables tel que les sels minérales. Il devait s'agir d'eau distillée, mais en réalité et surtout dans les régions industrialisées, ces eaux peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de leurs captage freinent l'utilisation de cette source [4].

#### **II.1.2. Les eaux souterraines :**

Les eaux souterraines proviennent de la fraction des eaux de pluie infiltrée dans le sol. Elles sont contenues dans les pores des sédiments ou des roches. Les eaux souterraines constituent une provision d'eau potable inestimable pour l'humanité

Ces eaux sont habituellement à l'abri des sources de pollution et leurs caractéristiques ne varient pas.

La nature géologique du terrain a une influence déterminante sur la composition chimique de l'eau. Les eaux souterraines peuvent contenir des éléments qui dépassent les normes de potabilité. Notamment du fer, du manganèse, de l'H<sub>2</sub>S, du fluor, de l'arsenic... Toutes les eaux présentant ces dépassements doivent être traitées avant distribution [5].

Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont les suivantes :

- procèdent de faible turbidité, un faible indice de couleur et un faible risque de contamination bactérienne dues à la filtration naturelle dans le sol ;
- Température constante, car ces eaux sont à l'abri du rayonnement solaire ;
- La qualité de ces eaux sont généralement constantes durant toute l'année, contrairement à celles des eaux de rivière ;
- Leur dureté est souvent élevée due à leur contact avec des formations rocheuses contenant le magnésium ( $Mg^{+2}$ ) et le calcaire ( $Ca^{+2}$ ) et d'autres éléments;
- Concentration élevée de fer et de manganèse [4].

### II.1.3. Les eaux de surfaces :

Les réserves souterraines, nappes ou gisement n'existent pas partout et l'on a parfois recours, en vue de l'alimentation publique, aux eaux de surface. Ces eaux doivent avoir un traitement plus complexe pour pouvoir atteindre la qualité requise. Elles contiennent en général une grande quantité de solides en suspension, bactéries, algues et matières organiques, sources de mauvais goût et de mauvaises odeurs et des maladies hydriques.

Dans certaines régions, comme les estuaires de rivières, les eaux de surface peuvent être saumâtres, avec une concentration en sels allant jusqu'à 8000 mg/L [6].

- La température de ces eaux varie en fonction du climat et de ses saisons ;
- Ses matières en suspension sont variables selon la pluviométrie et la nature et relief des terres à son voisinage ;
- Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets .

Deux procédés standards sont utilisés pour le traitement des eaux de surface :

- Le traitement conventionnel, qui comprend les étapes suivantes: clarification (coagulation/floculation, sédimentation ou flottation à air dissous), filtration sur sable, adsorption sur charbon actif et désinfection ;
- Le traitement avancé basé sur la technologie d'ultrafiltration [6].

Les eaux de surface comprennent à la fois : les eaux de ruisseaux, rivière, fleuves, étangs et les eaux des lacs. Tous ces eaux ont généralement une dureté modérée [4].

**Tableau N° 01** : principales différences entre eaux superficielles et eaux profondes [7].

Caractéristiques examinées	Eaux superficielles	Eaux profondes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Température</li> <li>• Turbidité, matières en suspensions (vraie ou colloïdale)</li> <li>• Couleur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variables suivant les saisons</li> <li>• Variables, parfois élevées</li> <li>• Liée surtout aux matières en suspension (argiles, algues, etc.) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativement constante</li> <li>• Faibles ou nulles (sauf en terrain Karstique)</li> <li>• Liée surtout aux matières en solution (acides humiques par exemple)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minéralisation globale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variable en fonction des terrains des précipitations, des rejets, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensiblement constante, en générale nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fer et Manganèse divalents (états dissous)</li> <li>• Gaz carbonique agressif</li> <li>• Oxygène dissous</li> <li>• Ammoniaque</li> <li>• Nitrates et Nitrites</li> <li>• Ca et Mg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Généralement absents, sauf au fonds des pièces d'eau en état d'eutrophisation</li> <li>• Généralement absent</li> <li>• Souvent au voisinage de la saturation</li> <li>• Présent seulement dans les eaux polluées</li> <li>• Peu abondants en général</li> <li>• Teneur modérée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Généralement présents.</li> <li>• Souvent présent en grande quantité</li> <li>• Absence totale la plupart du temps</li> <li>• Présence fréquente sans être un indice systématique de pollution</li> <li>• Teneur parfois élevée, risques de méthémoglobinémie</li> <li>• Teneur souvent élevée</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Micropolluants minéraux ou organique</li> <li>• Organismes vivants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présents dans les eaux des pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source polluante</li> <li>• Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animal et végétal)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Généralement absent, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps.</li> <li>• Ferro-bactéries fréquentes</li> </ul>

## II.2. Eaux de mer :

Ce sont les eaux salées des mers et des océans. Leur salinité vient du fait qu'elle contient des substances dissoutes, les sels, constitués d'ions principalement des ions halogénures comme l'ion chlorure (Cl-) et des ions alcalins comme l'ion sodium (Na+).

La valeur moyenne de cette salinité est de 35 g/l. Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce [8].

### **II.3. Les eaux saumâtres :**

Ce sont des eaux salées non potables qui ont une salinité inférieure à celle de l'eau de mer. Elles contiennent généralement entre 1 et 10 g/l de sel.

Les eaux saumâtres sont parfois des eaux de surface, mais le plus souvent sont des eaux souterraines, elles sont soit chargées en sels en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés ou bien elles deviennent saumâtres dues aux infiltrations des eaux de mer vers les nappes dans les zones côtières. Les principaux sels dissous dans ces eaux sont le  $\text{CaCO}_3$ , le  $\text{CaSO}_4$ , le  $\text{MgCO}_3$  et le  $\text{Na Cl}$ . La déminéralisation des eaux saumâtres est une nécessité pour les régions en situation de pré-stress hydrique [9 ; 10].

### **II.4. Les eaux non conventionnelles :**

Les eaux non conventionnelles sont les eaux usées ou résiduaires d'une communauté ou d'une industrie rejetées après usage et qui sont devenues impropres à d'autres utilisations de qualité. Ces eaux ont quatre origines possibles :

#### **II.4.1. Les rejets domestiques :**

La composition de ces eaux usées peut être extrêmement variable ; la matière organique est le polluant majoritaire mais elles apportent également des micro-organismes et des contaminants divers (médicaments, tous les produits d'entretien, lessives, solvants, peintures, colle, etc;) [11].

#### **II.4.2. Les rejets industriels :**

Ces eaux comportent des substances minérales ou organiques, elles peuvent être acides ou basiques, corrosives ou entartrantes, souvent colorées et odorantes, leur température est élevée et surtout elles contiennent souvent des substances toxiques, tel que les métaux lourds et les inhibiteurs [11].

**II.4.3. Les eaux de ruissellement :**

Ce sont les eaux de pluie qui ruissellent sur les surfaces imperméabilisées, en général en zone urbaine. Leur pollution est variable dans le temps, elle est très forte au début de la pluie et plus faible à la fin due au nettoyage des surfaces biviées. Parmi les polluants provenant des trottoirs et chaussées il y a : les huiles, les hydrocarbures, sable, métaux lourds, etc [11].

**II.4.4. Les eaux agricoles :**

Ce sont les eaux d'origine agricole dues au lessivage résiduel des engrais chimiques par les eaux de pluie ou d'irrigation [11].

**III. Différents types de pollution des eaux :**

On retient généralement à la pollution micro-organismes, pollution par les micropolluants, la pollution due aux nitrates et la pollution par radioactivité.

**III.1. Pollution micro-organismes :**

A nos jours, toutes les eaux superficielles sont plus au moins polluées est cela due aux rejets directs des eaux usées dans les cours d'eau et rivières. Ces eaux usées contiennent tous les micro-organismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes.

L'ensemble de ces micro-organismes comprennent, par ordre croissant de taille quatre familles :

- Les virus ;
- Les bactéries ;
- Les protozoaires ;
- les helminthes [12].

Ces microorganismes sont à l'origine des maladies hydriques, tel que le typhoïde due à des salmonelles et le choléra [13].

Les tableaux N° 02 et N° 03 représentent quelques exemples des bactéries et parasites et leurs effets pathogènes.



Tableau N° 02 : Les bactéries pathogènes et leurs effets pathogènes [11].

Agent pathogène	Symptômes, maladie
<i>Salmonella</i>	Typhoïde, paratyphoïde, salmonellose
<i>Shigella</i>	Dysenterie bacillaire
<i>E. coli</i>	Gastro-entérite
<i>Yersinia</i>	Gastro-entérite
<i>Campylobacter</i>	Gastro-entérite
<i>Vibrio</i>	Choléra
<i>Leptospira</i>	Leptospirose
<i>Legionella</i>	Légionellose
<i>Mycobacterium</i>	Tuberculose

Tableau N° 03 : Les parasites pathogènes et leurs effets pathogènes [11].

Organisme	Symptômes, maladie
<b>Protozoaires</b>	
<i>Entamoeba histolytica</i>	Dysenterie amibienne
<i>Giardia lamblia</i>	Diarrhée, malabsorption
<i>Balantidium coli</i>	Diarrhée bénigne, ulcère du colon
<i>Cryptosporidium</i>	Diarrhée
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose : ganglions, faible fièvre
<i>Cyclospora</i>	Diarrhée, légère fièvre, perte de poids
<i>Microsporidium</i>	Diarrhée
<b>Helminthes</b>	
<i>Ascaris</i>	Ascariadiase : diarrhée, troubles nerveux
<i>Ancylostoma</i>	Anémie
<i>Necator</i>	Anémie
<i>Tænia</i>	Diarrhée, douleurs musculaires
<i>Trichuris</i>	Diarrhée, douleur abdominale
<i>Toxocora</i>	Fièvre, douleur abdominale
<i>Strongyloïdes</i>	Diarrhée, douleur abdominale, nausée
<i>Hymenolepis</i>	Nervosité, troubles digestifs, anorexie

### **III.2. Pollution par les micropolluants :**

Elles sont considérées comme des éléments ou des molécules dotées d'une forte toxicité, même à faible concentration, de l'ordre du microgramme par litre.

Ces polluants sont difficiles à détecter due à leur très faible concentration et ils sont généralement de deux ordres : les éléments métalliques et les différents micropolluants organiques [13].

### **III.3. Nitrate et nitrites :**

Si les nitrites constituent une forme transitoire, instable, ils seront eux et non pas les nitrates à l'origine des réactions chimiques et biologiques engendrant un risque pour la santé de l'homme, des animaux à sang chaud et en particulier les animaux domestiques et du bétail.

Ces réaction peuvent provoquer des maladies cancérogènes et des troubles graves, allant jusqu'à la mort [13].

### **III.4. Pollution par radioactivité :**

Les radionucléides sont soit d'origine naturelle due à l'action des rayons cosmiques et à la présence de radioéléments dans le sol et l'air, soit elles sont dues aux expériences nucléaires et la production d'énergie nucléaire en vue d'utilisations industrielles et médicales. Cette pollution est à l'origine des maladies cancérogènes et génétiques [13].

## **IV. Normes de potabilités:**

Au par avant, on déterminait si une eau était potable à partir des seuls sens :

- L'eau devrait être agréable au gout ;
- Dépourvue d'odeur désagréable ;
- Et doit être limpide.

Ce type d'évaluation a conduit dans plusieurs cas à des catastrophes. Aujourd'hui, ils existent des normes avec laquelle on peut comparer les caractéristiques d'une eau. Ces normes ne sont pas définitives et elles différent d'un pays à un autre. Elles représentent les concentrations maximales acceptables qui visent à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue pas un risque sur la santé des consommateurs [4].

Les pays qui n'ont pas de normes nationales adoptent généralement les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé OMS. Ces normes sont assez tolérantes pour certains critères tels que la turbidité, pour tenir compte des moyens limités de certains pays en voie de développement [7].

Dans ce projet on présente les normes de l'OMS mises à jour en 2006 dans le tableau N° 04.

#### **IV.1. Normes biologique :**

Les indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux qui comportent toutes les bactéries aérobies et anaérobies facultatives, cytochrome oxydase négative en forme de bâtonnets et le groupe des coliformes fécaux [4].

- L'eau ne doit en aucun cas contenir des organismes pathogènes et d'organismes indicateurs d'une contamination fécale, tels les bactéries coliformes fécales, les bactéries *Escherichia coli*, les bactéries entérocoques et les virus coli-phages F-spécifiques.
- L'eau ne doit pas contenir plus de 10 bactéries coliformes totales par 100 millilitres d'eau prélevée.
- À chaque période de 30 jours consécutifs, au moins 90 % des échantillons doivent être exempts de bactéries coliformes totales [14].

#### **IV.2. Normes pour les paramètres physiques et chimiques :**

Elles concernent les matières organiques et inorganiques. Généralement seules les substances qui présentent un risque direct pour la santé sont contrôlées [14].

**Tableau N° 04 :** Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 [15].

Elément/ substance	Symbole/ formule	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
<u>Aluminium</u>	Al		0,2 mg/l
<u>Ammonium</u>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	< 0,2 mg/l (peut aller jusqu'à 0,3mg/l dans une eau anaérobique)	Pas de contraintes
<u>Antimoine</u>	Sb	< 4 µg/l	0.02 mg/l
<u>Arsenic</u>	As		0,01 mg/l
<u>Amiante</u>			Pas de valeur guide
<u>Baryum</u>	Ba		0,7 mg/l
<u>Béryllium</u>	Be	< 1 µg/l	Pas de valeur guide
<u>Bore</u>	B	< 1 mg/l	0.5mg/l
<u>Cadmium</u>	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l
<u>Chlore</u>	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
<u>Chrome</u>	Cr <sup>+3</sup> , Cr <sup>+6</sup>	< 2 µg/l	chrome total : 0,05 mg/l
<u>Couleur</u>			Pas de valeur guide
<u>Cuivre</u>	Cu <sup>2+</sup>		2 mg/l
<u>Cyanure</u>	CN <sup>-</sup>		0,07 mg/l
<u>oxygène dissous</u>	O <sub>2</sub>		Pas de valeur guide
<u>Fluorure</u>	F <sup>-</sup>	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l
<u>Dureté</u>	mg/l CaCO <sub>3</sub>		200 ppm
<u>Sulfure d'hydrogène</u>	H <sub>2</sub> S		0.05 à 1 mg/L
<u>Fer</u>	Fe	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide
<u>Plomb</u>	Pb		0,01 mg/l
<u>Manganèse</u>	Mn		0,4 mg/l
<u>Mercure</u>	Hg	< 0,5 µg/l	inorganique : 0,006 mg/l
<u>Molybdène</u>	Mb	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
<u>Nickel</u>	Ni	< 0,02 mg/l	0,07 mg/l
<u>Nitrate et nitrite</u>	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>		50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
<u>Turbidité</u>			Non mentionnée
<u>pH</u>			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
<u>Sélénium</u>	Se	<< 0,01 mg/l	0,01 mg/l
<u>Argent</u>	Ag	5 – 50 µg/l	Pas de valeur guide
<u>Sodium</u>	Na	< 20 mg/l	Pas de valeur guide
<u>Sulfate</u>	SO <sub>4</sub>		500 mg/l
<u>Etain inorganique</u>	Sn		Pas de valeur guide : peu toxique
<u>TDS</u>			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
<u>Uranium</u>	U		0.015 mg/l
<u>Zinc</u>	Zn		3 mg/l

## Composés organiques

Groupe	Substance	Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS	
Alcanes chlorés	Tétrachlorométhane	$C Cl_4$	4 µg/l	
	Dichlorométhane	$C H_2 Cl_2$	20 µg/l	
	1,1-Dichloroéthane	$C_2 H_4 Cl_2$	Pas de valeur guide	
	1,2-Dichloroéthane	$Cl CH_2 CH_2 Cl$	30 µg/l	
	1,1,1-Trichloroéthane	$CH_3 C Cl_3$	Pas de valeur guide	
Alcènes chlorés	1,1-Dichloroéthène	$C_2 H_2 Cl_2$	Pas de valeur guide	
	1,2-Dichloroéthène	$C_2 H_2 Cl_2$	50 µg/l	
	Trichloroéthène	$C_2 H Cl_3$	20 µg/l	
	Tétrachloroéthène	$C_2 Cl_4$	40 µg/l	
Hydrocarbures aromatiques	Benzène	$C_6 H_6$	10 µg/l	
	Toluène	$C_7 H_8$	700 µg/l	
	Xylènes	$C_8 H_{10}$	500 µg/l	
	Ethylbenzène	$C_8 H_{10}$	300 µg/l	
	Styrène	$C_8 H_8$	20 µg/l	
	Hydrocarbures aromatiques polynucléaires	$C_{2-3} H_{N-1} O_3 P_{1-3}$	Non mentionné	
Benzènes chlorés	Monochlorobenzène (MCB)	$C_6 H_5 Cl$	Pas de valeur guide	
	Dichlorobenzènes (DCBs)	1,2-Dichlorobenzène (1,2-DCB)	$C_6 H_4 Cl_2$	1000 µg/l
		1,3-Dichlorobenzène (1,3-DCB)	$C_6 H_4 Cl_2$	Pas de valeur guide
		1,4-Dichlorobenzène (1,4-DCB)	$C_6 H_4 Cl_2$	300 µg/l
Trichlorobenzènes	$C_6 H_3 Cl_3$	Pas de valeur guide		
Constituants organiques micellaires	Adipate de dioctyle	$C_{22} H_{42} O_4$	Pas de valeur guide	
	phthalate de Di(2-ethylhexyle)	$C_{24} H_{38} O_4$	8 µg/l	
	Acrylamide	$C_3 H_5 N O$	0.5 µg/l	
	Epichlorhydrine	$C_3 H_5 Cl O$	0.4 µg/l	
	Hexachlorobutadiène	$C_4 Cl_6$	0.6 µg/l	
	Acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA)	$C_{10} H_{12} N_2 O_8$	600 µg/l	
	Nitriloacétate (NTA)	$N(CH_2COOH)_3$	200 µg/l	
	Organoétains	Dialkylétains	$R_2 Sn X_2$	Pas de valeur guide
Oxyde de tributylétains (TBTO)		$C_{24} H_{54} O Sn_2$	Pas de valeur guide	

## Pesticides

Substance	Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS	
Alachlore	$C_{14}H_{20}ClN O_2$	20 µg/l	
Aldicarbe	$C_7H_{14}N_2O_4S$	10 µg/l	
Aldrine and dièldrine	$C_{12}H_8Cl_6$ $C_{12}H_8Cl_6O$	0.03 µg/l	
Atrazine	$C_8H_{14}ClN_5$	2 µg/l	
Bentazone	$C_{10}H_{12}N_2O_3S$	Pas de valeur guide	
Carbofuran	$C_{12}H_{15}NO_3$	7 µg/l	
Chlordane	$C_{10}H_6Cl_8$	0.2 µg/l	
Chlorotoluron	$C_{10}H_{13}ClN_2O$	30 µg/l	
DDT	$C_{14}H_9Cl_5$	1 µg/l	
1,2-Dibromo-3-chloropropane	$C_3H_5Br_2Cl$	1 µg/l	
acide 2,4-Dichlorophenoxyacétique (2,4-D)	$C_8H_6Cl_2O_3$	30 µg/l	
1,2-Dichloropropane	$C_3H_6Cl_2$	40 µg/l	
1,3-Dichloropropane	$C_3H_6Cl_2$	Pas de valeur guide	
1,3-Dichloropropène	$CH_3CHClCH_2Cl$	20 µg/l	
dibromure d'éthylène (EDB)	$BrCH_2CH_2Br$	Non mentionné	
Heptachlore and epoxide d'heptachlore	$C_{10}H_5Cl_7$		
Hexachlorobenzène (HCB)	$C_{10}H_5Cl_7O$		
Isoproturon	$C_{12}H_{18}N_2O$	9 µg/l	
Lindane	$C_6H_6Cl_6$	2 µg/l	
MCPA	$C_9H_9ClO_3$	2 µg/l	
Methoxychlore	$(C_6H_4OCH_3)_2CHCl_3$	20 µg/l	
Metolachlor	$C_{15}H_{22}ClN O_2$	10 µg/l	
Molinate	$C_9H_{17}NO S$	6 µg/l	
Pendimethalin	$C_{13}H_{19}O_4N_3$	20 µg/l	
Pentachlorophenol (PCP)	$C_6HCl_5O$	9 µg/l	
Perméthrine	$C_{21}H_{20}Cl_2O_3$	300 µg/l	
Propanil	$C_9H_9Cl_2NO$	Pas de valeur guide	
Pyridate	$C_{19}H_{23}ClN_2O_2S$	Pas de valeur guide	
Simazine	$C_7H_{12}ClN_5$	2 µg/l	
Trifluraline	$C_{13}H_{16}F_3N_3O_4$	20 µg/l	
Chlorophenoxy herbicides (excluding 2,4-D and MCPA)	2,4-DB	$C_{10}H_{10}Cl_2O_3$	90 µg/l
	Dichlorprop	$C_9H_8Cl_2O_3$	100 µg/l
	Fenoprop	$C_9H_7Cl_3O_3$	9 µg/l
	MCPB	$C_{11}H_{13}ClO_3$	Pas de valeur guide
	Mecoprop	$C_{10}H_{11}ClO_3$	10 µg/l
	2,4,5-T	$C_8H_5Cl_3O_3$	9 µg/l

## Désinfectants et désinfectant par produits

Groupe	Substance	Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS	
Désinfectants	Chloramines	$\text{NH}_n\text{Cl}^{(3-n)}$ , where n = 0, 1 or 2	Non mentionné	
	Dichlore	$\text{Cl}_2$	5 mg/l	
	Dioxyde de chlore	$\text{ClO}_2$	Pas de valeur guide	
	Diode	$\text{I}_2$	Pas de valeur guide	
Désinfectant par produits	Bromate	$\text{Br O}_3^-$	10 µg/l	
	Chlorate	$\text{Cl O}_3^-$	70 µg/l	
	Chlorite	$\text{Cl O}_2^-$	70 µg/l	
	Chlorophenols	2-Chlorophenol (2-CP)	$\text{C}_6\text{H}_5\text{ClO}$	Pas de valeur guide
		2,4-Dichlorophenol (2,4-DCP)	$\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2\text{O}$	Pas de valeur guide
		2,4,6-Trichlorophenol (2,4,6-TCP)	$\text{C}_6\text{H}_3\text{Cl}_3\text{O}$	200 µg/l
	Formaldéhyde	HCHO	Pas de valeur guide	
	MX (3-Chloro-4-dichlorométhyl-5-hydroxy-2(5H)-furanone)	$\text{C}_5\text{H}_3\text{Cl}_3\text{O}_3$	Pas de valeur guide	
	Trihalométhanes	Bromoforme	$\text{C H Br}_3$	100 µg/l
		Dibromochlorométhane	$\text{CH Br}_2\text{Cl}$	100 µg/l
		Bromodichlorométhane	$\text{CH Br Cl}_2$	60 µg/l
		Chloroforme	$\text{CH Cl}_3$	300 µg/l
	Acides acétiques chlorés	Acide Monochloroacétique	$\text{C}_2\text{H}_3\text{ClO}_2$	Pas de valeur guide
		Acide Dichloroacétique	$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2\text{O}_2$	50 µg/l
		Acide Trichloroacétique	$\text{C}_2\text{HCl}_3\text{O}_2$	20 µg/l
	Hydrate de chloral (trichloroacétaldéhyde)	$\text{C Cl}_3\text{CH(OH)}_2$	Pas de valeur guide	
	Chloroacétones	$\text{C}_3\text{H}_5\text{OCl}$	Pas de valeur guide	
Halogénés acétonitriles	Dichloroacétonitrile	$\text{C}_2\text{HCl}_2\text{N}$	20 µg/l	
	Dibromoacétonitrile	$\text{C}_2\text{HBr}_2\text{N}$	70 µg/l	
	Bromochloroacétonitrile	$\text{CHCl}_2\text{CN}$	Pas de contraintes	
	Trichloroacétonitrile	$\text{C}_2\text{Cl}_3\text{N}$	Pas de valeur guide	
Chlorure de cyanogène	$\text{ClCN}$	70 µg/l		
trichloronitrométhane	$\text{CCl}_3\text{NO}_2$	Pas de valeur guide		

## V. Conclusion :

Ce chapitre donne une petite vue théorique sur les différentes ressources en eaux destinées à la production des eaux de consommation : les eaux souterraines, les eaux de surface, les eaux de mer et les eaux saumâtres et même les eaux usées. Le degré de pollution varie selon leur origine et même par saison. En plus nous avons présenté les normes de potabilité fixés par l'OMS selon la dernière mise à jour 2006.

## I. Introduction :

Afin de produire une eau de consommation, qui répond aux normes de potabilité, à partir d'une eau brute, il faut que cette eau passe par une série de traitement. Les types et nombres de procédés de traitement différent selon la nature et l'origine des eaux traitées.

Dans ce chapitre, nous recensons quelques procédés de traitement.

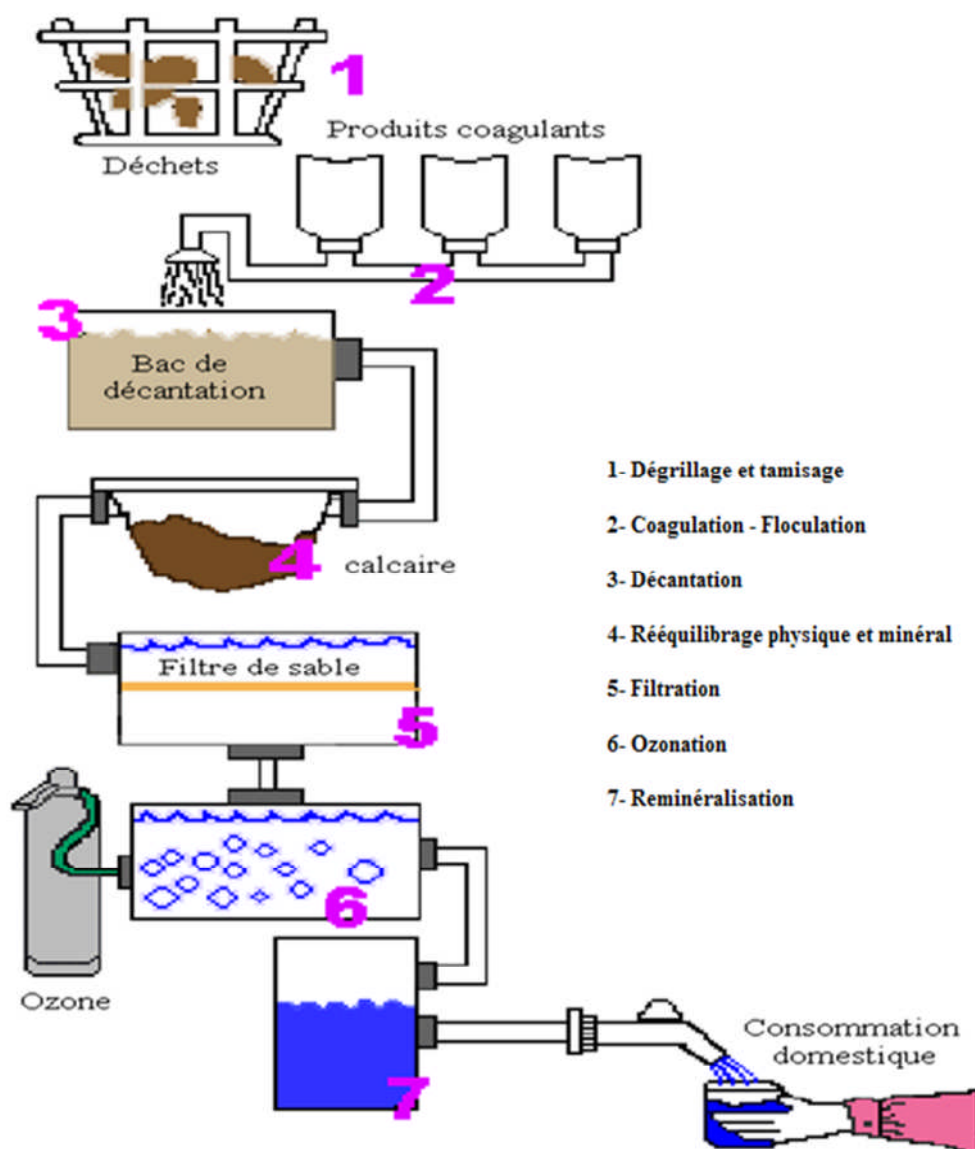


Figure N°01 : exemple d'une série de procédés de traitement des eaux de surface [16].



## II. Objectifs du traitement des eaux :

Le but ou l'objectif du traitement d'une eau brute est :

- De clarifier ces eaux à l'aide d'un traitement approprié :
  - Une réduction des matières en suspension par décantation ;
  - Une élimination de la fraction fine en trois étapes successives : un traitement chimique de coagulation-floculation, décantation ou flottation des floes et enfin une filtration à travers une ou plusieurs couches de sable calibré retenant les matières en suspension. Les filtres doivent être périodiquement nettoyés [17].
- De les rendre bactériologiquement pure et exempte de micropolluants en effectuant un traitement de stérilisation par des oxydants tels que le chlore et l'ozone. Dans le cas des eaux de surface, cette opération vient après les traitements précités qui ne sont pas suffisamment efficaces pour la destruction des germes pathogènes [17].
- De les affiner et d'améliorer leur qualité par d'autres types de traitement, il s'agit des traitements de neutralisation qui ont une teneur en  $\text{CO}_2$  agressif, des procédés de déferrisation, d'adoucissement, ainsi que des traitements préventifs contre l'entartrage et enfin un traitement dit d'affinage pour l'élimination des micropolluants dissous. On fait appel, soit au charbon actif seul, en poudre ou en granulés, soit, aux actions associées au charbon actif et à l'ozone [17].

## III. Les différents paramètres de mesure de la pollution :

Lorsqu'on déverse dans un milieu naturel, cours d'eau, lac, mer, des eaux usées, celles-ci provoquent des altérations dues à leur haute charge en matières organiques, et minérales. Il est donc nécessaire d'évaluer quantitativement et qualitativement le degré de la pollution pour envisager les traitements nécessaires pour éliminer cette pollution et afin d'avoir une eau potable [18].

### III.1. Paramètres physico-chimiques:

#### III.1.1. La demande biochimique d'oxygène à cinq jours (DBO<sub>5</sub>):

Cette mesure rend compte des matières organiques facilement biodégradables. La DBO<sub>5</sub> correspond à la quantité d'oxygène en mg/l consommée après cinq jours d'incubation, et à une température de 20°C [18].

#### III.1.2. La demande chimique d'oxygène (DCO);

C'est la quantité d'oxygène cédée chimiquement par un oxydant puissant (Bichromate de potassium), pour réaliser l'oxydation des matières réductrices contenues dans l'eau polluée [18].

#### III.1.3. Interprétation du rapport (DCO/DBO):

Ce rapport est très important pour le choix du procédé d'épuration soit :

$$\text{DCO/DBO} = K$$

- Si  $K \leq 2$ : l'effluent peut être facilement épuré par les traitements biologiques.
- Si  $2 < K < 5$ : l'épuration nécessite soit un traitement chimique soit un rapport de micro-organismes spécifique de l'élément chimique dominant dans l'eau résiduaire.
- Si  $K \geq 5$ : l'épuration biologique est impossible, les micro-organismes ne pourront vivre dans une telle eau [18].

#### III.1.4. Les matières en suspension (MES):

Deux méthodes sont utilisées pour la mesure de MES, soit par filtration sur disques à fibre de verre, soit par centrifugation [18].

#### III.1.5. Le PH :

Le PH constitue le mode de représentation de la concentration en ions d'une solution. Il montre le degré d'acidité, ou d'alcalinité du milieu [18].

**III.1.6. La couleur :**

La coloration d'une eau est dite vraie, ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est comparée soit avec celle d'une solution de platino-colbalte, soit avec des disques de verres colorés [18].

**III.1.7. L'odeur:**

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. La détermination se fait à froid 25°C, et à chaud 60°C, sur plaque chauffante, ou dans un bain marie [18].

**III.1.8. La turbidité:**

Elle est déterminée par la présence de particules minérales et organiques en suspension[18].

**III.1.9. La température:**

Elle est un facteur important de pollution. Elle a une grande influence sur la quantité des sels, et des gaz contenus dans l'eau [18].

**III.1.10. Les matières toxiques:**

Une eau contenant des matières toxiques telles que les Hydrocarbures et certains métaux lourds provoquent l'inhibition des micro-organismes épurateurs [18].

**III.1.11. L'Azote et Phosphore :**

Ce sont des éléments qui peuvent être présents sous forme organique ou minérale dans les eaux de surface. Ces éléments viennent surtout des eaux usées urbaines rejetées dans les cours d'eau [18].

**III.2. Paramètres bactériologiques:**

En toute logique, le contrôle de la pollution bactérienne des eaux devrait reposer sur la recherche des germes pathogènes qu'elles sont susceptibles de contenir [18].

## **IV. Prétraitement :**

On peut distinguer deux types de prétraitement, le prétraitement physique et le prétraitement chimique.

### **IV.1. Prétraitements physiques :**

L'objectif des prétraitements physiques est d'éliminer par des procédés mécaniques tous les éléments grossiers qui pourraient détériorer les équipements ou constituer un gêne pour les traitements ultérieurs. Ces prétraitements consistent en quatre étapes principales : le dégrillage, le micro-tamissage, dessablage et le dégraissage également appelé déshuilage [19].

#### **IV.1.1. Le dégrillage :**

Le dégrillage consiste à retenir tous les matières volumineuses et déchets grossiers de toutes sortes contenus dans les eaux à traiter : branches d'arbres, bidons, bouteilles, feuilles, objets métalliques, algues, méduses ...etc. Il est situé généralement en amont du traitement. L'opération est plus ou moins efficace selon l'écartement entre les barreaux de la grille [20 ; 21].

On distingue :

- le pré dégrillage (écartement supérieur à 40 mm) ;
- le dégrillage moyen (écartement compris entre 40 et 10 mm) ;
- le dégrillage fin (écartement compris entre 10 et 6 mm)
- le tamissage (écartement compris entre 6 et 0,5 mm) [21].

On distingue les grilles droites et les grilles courbes qui peuvent être soit à nettoyage manuel soit à nettoyage automatique [21].

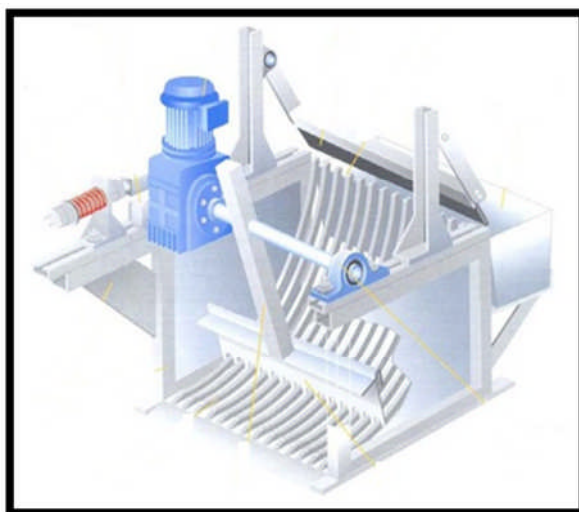


Figure N°02 : Dégrilleur courbé [22].

#### IV.1.2. Le Micro-tamissage :

L'eau traverse un micro-tamis constitué de mailles fines, qui permettent d'arrêter les déchets échappés du dégrillage. La conception de cet équipement doit tenir compte de certains points tels que :

- Le diamètre des ouvertures du tamis
- Le choix du matériau formant le tamis pour éviter des problèmes de corrosion ;
- Il faut tenir compte de l'effet de l'ajout du désinfectant en prétraitement sur les tamis ;
- La récupération des matières retenues par les tamis et leur disposition est à examiner[23].

En générale les micro-tamis utilisés pour le traitement des eaux de consommation sont les micro-tamis rotatifs. Ils sont autonettoyants, La surface d'installation est réduite et ils nécessitent peu d'entretien [4 ; 22].



**Figure N°03** : un tamisage rotatif [22].

#### **IV.1.3. Le dessablage-déshuilage :**

Cette opération peut être réalisée soit dans deux bassins différents (un bassin de dessablage et un autre de déshuilage) soit dans le même bassin (dessablage-déshuilage).

##### **IV.1.3.1. Dessablage :**

C'est le procédé qui permet l'enlèvement des sables et les autres particules lourdes. La séparation est obtenue par décantation dans une eau relativement calme. Les bassins de dessablages sont longs et pas trop profonds. Le sable est enlevé par un racleur du fond [24 ; 25].

Ce procédé est utilisé lorsque la quantité des M.E.S (matières en suspension) dans les eaux brutes dépasse 1 g/l en [20].

##### **IV.1.3.2. Déshuilage ou Dégraissages :**

Le dégraissage ou déshuilage permet de séparer les particules graisseuses solides de la partie liquide de l'effluent. On injecte de fines bulles d'air dans la phase liquide ; la graisse (hydrophobes) va s'agglomérer sur ces bulles pour s'éloigner du liquide. L'ensemble bulle-graisse remonte à la surface et peut être racle. Ce processus peut être amélioré en ajoutant à la phase liquide des additifs chimiques. Le dégraissage permet d'assurer un bon traitement en aval en limitant le colmatage des appareils. Cette étape de traitement est généralement associée au dessablage [26].



**Figure N°04** : bassin de dessablage [27]. **Figure N°05** : déshuileur circulaire [27].

#### **IV.1.3.3. Le dessablage-déshuilage :**

Le dessablage-déshuilage permet, au même temps et dans le même bassin, la décantation des sables et graviers et la flottation des graisses et huiles [28 ; 29].

### **IV.2. Le prétraitement chimique ou pré-oxydation :**

Le prétraitement chimique ou la pré-oxydation a comme intérêt :

- L'augmentation de l'efficacité de la coagulation/floculation ;
- La réduction des matières organiques et de l'azote ammoniacal ;
- L'oxydation de certains métaux et par conséquent précipitation améliorée ;
- L'amélioration du traitement de certains composés (pesticides, solvants chlorés) ;
- La réduction des goûts et des odeurs ;
- La ré-oxygénation de l'eau ;
- Maintenir la propreté des installations, en luttant contre la prolifération des algues qui nuisent au bon fonctionnement de certains ouvrages : décanteurs et filtres notamment.

On utilise comme oxydant soit :

- Les agents chlorés : chlore gazeux ( $\text{Cl}_2$ ), hypochlorite de sodium ( $\text{NaClO}$ ), dioxyde de chlore ( $\text{ClO}_2$ ) ;
- Le permanganate de potassium ;
- L'ozone [20].



## V. Traitements physiques et physico-chimiques:

Les principaux traitements physiques sont les suivants: distillation, coagulation-floculation, décantation, flottation, filtration, électrodialyse, adsorption et dessalement[13]

### V.1. Distillation :

La distillation est un procédé de séparation de mélange de substances liquides dont les températures d'ébullition sont différentes. Sous l'effet de la chaleur, les substances se vaporisent successivement, et la vapeur obtenue est liquéfiée pour donner le distillat. Cette ancienne technique est essentiellement appliquée au dessalement des eaux saumâtres et des eaux de mer. Il y a quatre différentes méthodes de distillation : distillation à simple effet, distillation à multiples effets, procédé par détente successives et compression de vapeur [13].

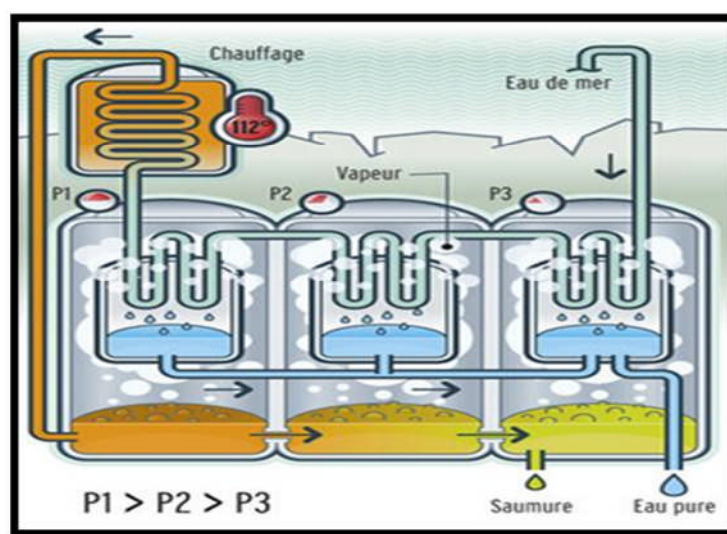


Figure N°06 : Schéma de principe d'un distillateur à multi effets [30].

### V.2. Coagulation-floculation :

Les substances indésirables et les plus difficiles à éliminer dans les eaux naturelles sont les particules colloïdales et celles qui sont dissoutes. Elles proviennent de l'érosion des terres, de la dissolution de substances minérales et de la décomposition de substances organiques.



Les colloïdes sont naturellement maintenus en suspension sous l'action des forces électrostatiques de répulsion. En effet elles portent généralement une charge électrique négative qui empêche les particules de s'agglomérer les unes aux autres pour former des particules plus volumineuses (flocs) et faciliter leur enlèvement par sédimentation et filtration.

Pour l'élimination de ces particules fines on a recours aux procédés de coagulation-floculation [23].

### V.2.1. Coagulation :

Le but de la coagulation est de rompre ces forces électrostatiques et de déstabiliser les colloïdes afin de favoriser leur agglomération, et ça en neutralisant les charges de ces substances. Pour ce faire, on injecte dans l'eau des réactifs chimiques chargés positivement nommés « coagulants ». L'injection d'un coagulant doit se faire à un endroit où l'agitation est très forte afin qu'il se disperse rapidement dans l'eau brute. La neutralisation des charges conduit à la formation des « flocs » capables de décanter. Pour les substances organiques dissoutes, elle provoque la formation d'un sel nommé humât d'aluminium ou de fer, selon le coagulant employé [23].

Le choix et le dosage des coagulants doivent être déterminés en laboratoire par un jar test sur l'eau à traiter ou encore par des essais pilotes.

Le dosage est fonction de :

- La nature de l'eau brute : pH, alcalinité, MES, etc;
- Du taux d'enlèvement visés de la turbidité, la couleur, le carbone organique total (COT), THM, etc [23].

#### V.2.1.1. Les différents types de coagulants :

Parmi les coagulants les plus courants on cite :

##### a. Les sels d'aluminium :

- Le sulfate d'aluminium : disponible en poudre hydratée, ou en solution commerciale diluée. La formule chimique est  $A_{12}(SO_4)_3, 18 H_2O$  et la densité est de 1,3 ;
- Le W.A.C ou PAC : c'est un polychlorure d'aluminium dont la formule est mal connue, elle est à peu près  $[A_{16} (OH)_9 SO C_{17}] n$ .

- Le P.C.B.A : c'est un polychlorure basique d'aluminium et sa formule chimique générale est  $[Al_2(OH)_5Cl]_n$ .
- L'aluminate de sodium  $NaAlO_2$ .

**b. Les sels de fer :**

- Le chlorure ferrique : sa formule chimique est  $FeCl_3, 6 H_2O$ . Il est généralement commercialisé sous forme d'une solution à environ 41% de  $FeCl_3$ . Sa densité est de 1,45 ;
- Le sulfate ferreux : c'est le  $FeSO_4, 7 H_2O$ . Il est peut utiliser dans les eaux potables et se présente sous forme d'un produit cristallisé de couleur verdâtre et il a une densité réelle de 1,3 ;
- Le Chloro-sulfite ferrique : il est sous forme d'un liquide de densité 1,5 et de formule chimique  $FeSO_4 Cl$  ;
- Le sulfate ferrique : de formule chimique  $Fe_2(SO_4)_3, 9 H_2O$  ;
- Le PASS : c'est un poly-silico-sulfates-d'aluminium [20 ; 23 ; 7].

**V.2.1.2. Les facteurs intervenant dans la coagulation des particules :**

Plusieurs facteurs interviennent ou influencent sur la coagulation, les principales sont les suivants :

- La valence des colloïdes ;
- Le potentiel Zeta ;
- Grosseur et concentration des particules colloïdales ;
- L'état d'hydratation des particules ;
- L'électrisation des particules ;
- La concentration et type du coagulant ;
- La vitesse et temps d'agitation ;
- L'influence de la température sur le milieu de floculation ;
- Le potentiel d'hydrogène pH.
- L'importance d'une existence suffisante de bicarbonates dans l'eau [7].

### V.2.2. Floculation :

La floculation a pour objectif d'accroître le volume, le poids et la cohésion de floc formé par coagulation. Cette étape est réalisée dans un compartiment distinct de celui de la coagulation, ou il faut réaliser une agitation lente qui permet, grâce à l'injection d'un réactif appelé floculant, l'agglomération des floes formés par coagulation et leur grossissement. Parmi les réactifs utilisés on cite :

- Silices activées ;
- Alginates de Na [20].

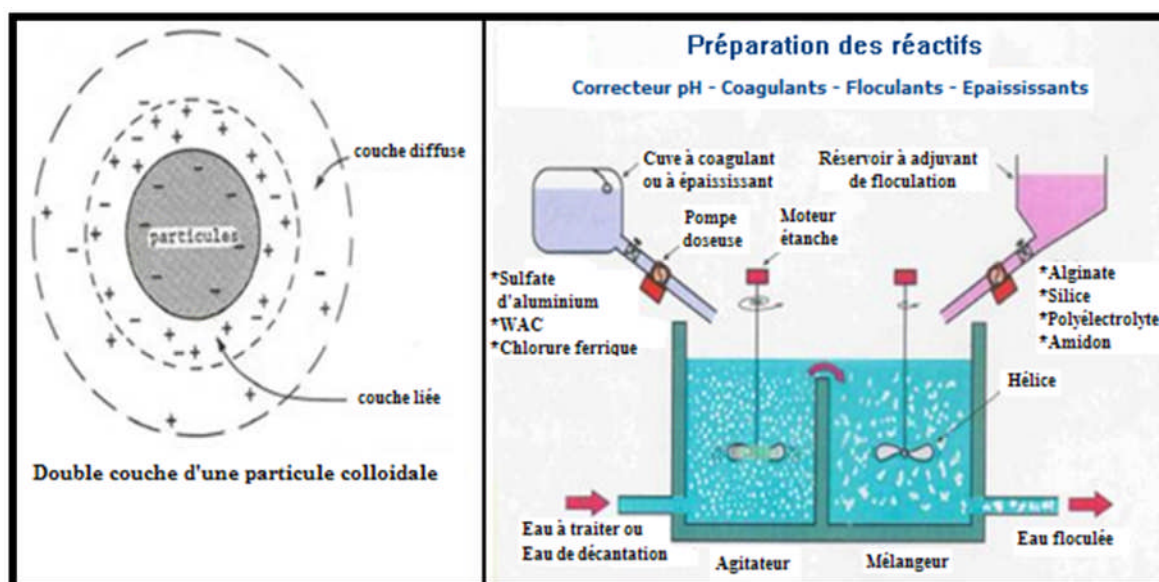


Figure N°07 : schéma de l'étape coagulation- floculation [20].

### V.3. Décantation :

Cette étape a pour principe d'éliminer les particules en suspension par gravité. Elle suit la coagulation et la floculation et précède la filtration. Cette étape se fait dans de gros bassins appelés, bassins de sédimentation ou aussi décanteurs. Le temps de rétention des eaux à traitées dans ces bassins doit être assez élevé pour permettre aux floes formés de couler au fond du bassin, et la boue formé doit être régulièrement extraite pour prévenir les accumulations. L'eau décantée sera ensuite acheminée vers l'étape suivante qui est la filtration[5].

La vitesse de décantation est fonction de la vitesse de chute des particules qui elle-même est fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules. Elle peut être accélérée par centrifugation [31 ; 20].

Il existe deux grands types de décanteur : Les décanteurs à flux horizontal et Les décanteurs à flux vertical [20].

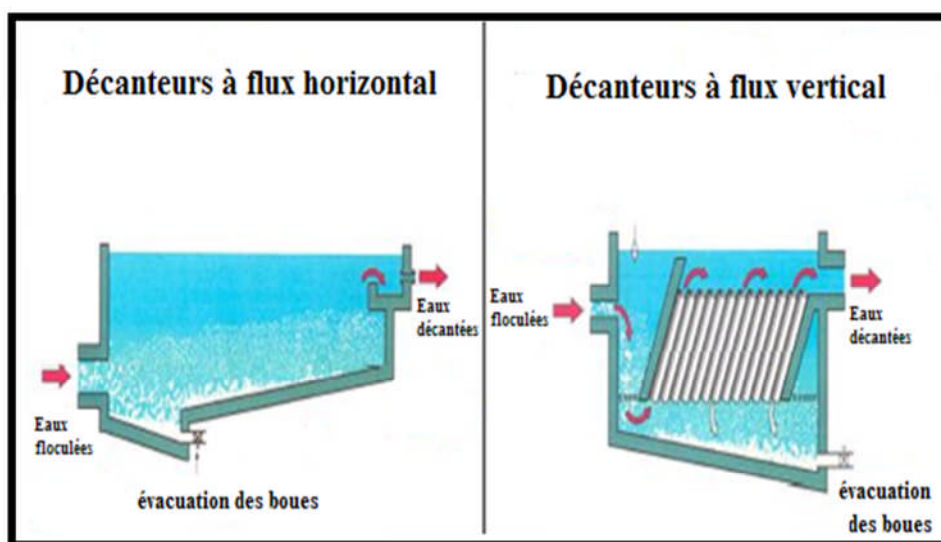


Figure N°08 : représente des exemples des deux grands types de décanteur [20].

#### V.4. Flottation :

On peut dire que c'est l'inverse de la décantation, elle permet de recueillir à la surface de l'eau les matières plus légères qui viennent s'y assembler. Cette différence de densité peut être naturelle (hydrocarbures) ou provoquée par apport extérieur de bulles d'air qui viennent se coller aux particules et facilitent leur montée. En surface, des racleurs retirent régulièrement les produits ainsi éliminés [23].

#### V.5. Filtration :

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux. Si ces matières à retenir sont de dimensions supérieures à celle des pores de filtre, elles sont retenues à la surface et la filtration est dite « en surface », ou en « gâteau » ou en encore « sur support ». Les matériaux filtrants utilisés dans ce cas sont : des tissus de fibres ou membranes, des toiles métalliques ou des pierres poreuses à interstices très fins.

Dans le cas contraire, les matières en suspension sont retenues à l'intérieur de la masse poreuse, et la filtration est dite « en volume » ou « en profondeur » ou encore « sur lit filtrant ». Les matériaux filtrants utilisés cette fois sont des granules libres qui n'adhèrent pas les unes aux autres. Ces matériaux doivent être insolubles et inattaquables ni par l'eau filtrée ni par les impuretés qui se déposent sur le filtre. Le sable, l'antracite et l'ilménite sont couramment utilisés dans les usines de traitement des eaux.

Les solides en suspensions ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent ; il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente [32].

## V.6. Electrolyse :

L'électrodialyse est un procédé à membranes très ancien qui consiste à éliminer les sels dissous dans l'eau saumâtre par migration à travers des membranes sélectives sous l'action d'un champ électrique [4]. Il est possible par ce procédé d'obtenir, à partir d'une eau saline, une eau à la salinité désirée (500 ppm dans la plupart des cas) [33]. Pour ce procédé l'eau à traiter doit subir un prétraitement approprié pour ne pas détériorer les membranes [13].

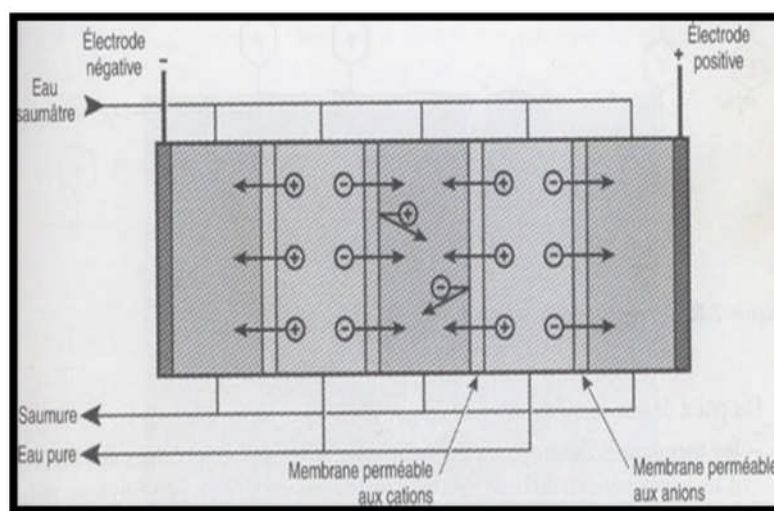


Figure N° 09 : principe de dessalement d'une eau saline par électrodialyse [33].

### **V.7. Adsorption :**

L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des atomes ou des molécules de gaz ou des liquides (adsorbats) se fixent sur une surface solide (adsorbante) selon divers processus plus ou moins intenses. Ce phénomène se fait de façon préférentielle dans des endroits appelés « sites actifs ». Le phénomène inverse (détachement Des molécules adsorbées) se nomme la désorption. Les argiles et les zéolites sont de bons adsorbants naturels. Mais l'adsorbant le plus utilisé pour le traitement des eaux destinées à la consommation humaine est le charbon actif, d'origine végétale ou minérale, due à sa capacité d'adsorption très remarquable des molécules organiques et des gaz [34 ; 31].

### **V.8. Dessalement :**

Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres se présente à nos jours comme incontournable et cela est due à l'augmentation de la population mondiale alors que les ressources en eau demeurant, au mieux constantes. Les procédés de dessalement ont commencé à se développer au début des années 1990. Les différents procédés de dessalement sont : tous les procédés de distillations et de l'électrodialyse précités et L'osmose inverse [13].

### **V.9. Congélation :**

La congélation qui permet d'obtenir de l'eau douce à partir de l'eau de mer et des eaux usées au niveau des zones froides du globe n'a fait à ce jour l'objet que de peu d'études.

Le principe de base de ce procédé de traitement des eaux est basé sur le fait que lorsque l'on congèle une solution aqueuse, les cristaux de glace formés sont constitués d'eau pure, le soluté ou polluant restant dans la phase liquide aqueuse. En effet le cristal de glace ne se forme que par des molécules d'eau.

Les avantages de ce procédé, a priori universel de traitement des eaux, sont respectivement :

- C'est un procédé physique par changement de phase qui ne nécessite pas l'utilisation de réactifs ou produits additionnels comme par exemple le procédé de coagulation-floculation.
- Son domaine d'utilisation est très vaste car il s'avère applicable à tous les cas spécifiques de traitement et d'épuration des eaux.

- Il s'applique aussi bien à l'élimination des polluants solubles qu'aux polluants insolubles.
- En ce qui concerne le dessalement de l'eau de mer, cette technique présente deux avantages principaux sur le dessalement par évaporation. En premier lieu ce procédé est très économique en point de vue énergétique où la congélation ne nécessite que 14% de l'énergie nécessaire à la vaporisation. En second lieu, les solutions de sel sont beaucoup moins corrosives aux basses températures utilisées dans la congélation. Des matériaux tels que l'acier, fibre de verre, PVC se sont avérés adaptés pour les procédés de congélation.
- La congélation peut être une technique d'épuration très économique dans les régions froides en valorisant le froid naturel.

Actuellement ce procédé n'est pas très développé industriellement [35].

## **VI. Traitements chimique :**

Ces modes de traitement visent soit à transformer certains produits polluants en d'autres produits moins polluants soit encore en d'autres produits tous aussi polluant mais d'élimination plus facile. Parmi ces procédés on cite : neutralisations, précipitation, oxydoréductions et l'échange d'ions [13].

### **VI.1. La neutralisation :**

C'est l'ajustement du pH à la neutralité ce qui peut se faire soit par addition de substances acides ou basiques soit encore par mélange effluent acide – effluent alcalin dans la mesure où ce type de mélange ne provoque pas de réactions secondaires nuisibles [13].

### **VI.2. Précipitations :**

L'idée de ces procédés est la formation des produits insolubles afin de faciliter leur élimination par décantation, filtration ou encore flottation [13].

Parmi ces procédés on cite, les procédés d'adoucissements des eaux par précipitation des ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  et ça par l'addition de la chaux ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) et/ou de la soude ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) [4].



### VI.3. Oxydo-réduction :

Ces traitements ne sont pratiqués que s'ils permettent la formation de composés non toxiques ou facilement séparables sous forme de gaz ou de précipitation.

Parmi les réactions classiques on cite :

- L'oxydation des cyanures en cyanates et même en  $\text{CO}_2$ .
- La pyrolyse qui oxyde à haute température (1300-1600 °C) les liqueurs à traiter [13].

### VI.4. Echange d'ions :

Ce procédé se fait par des résines synthétiques dont les molécules présentent des radicaux soit à fonction acide (R-H) soit à fonction basique (R-OH) susceptibles d'échanger, sans altérer ni leur structure ni leur aspect, leurs ions d'hydronium  $\text{H}^+$  ou leurs ions d'hydroxydes (OH) contre des ions de même signe contenus dans une solution [13].

L'eau obtenue de cette façon est appelée eau dés-ionisée ou eau déminéralisée. Les résines échangeuses d'ions sont parfois couplées à une post-filtration afin d'éliminer les particules issues de la résine [5]. La plus part des échangeurs d'ions peuvent être régénérés facilement par le procédé réversible [13].

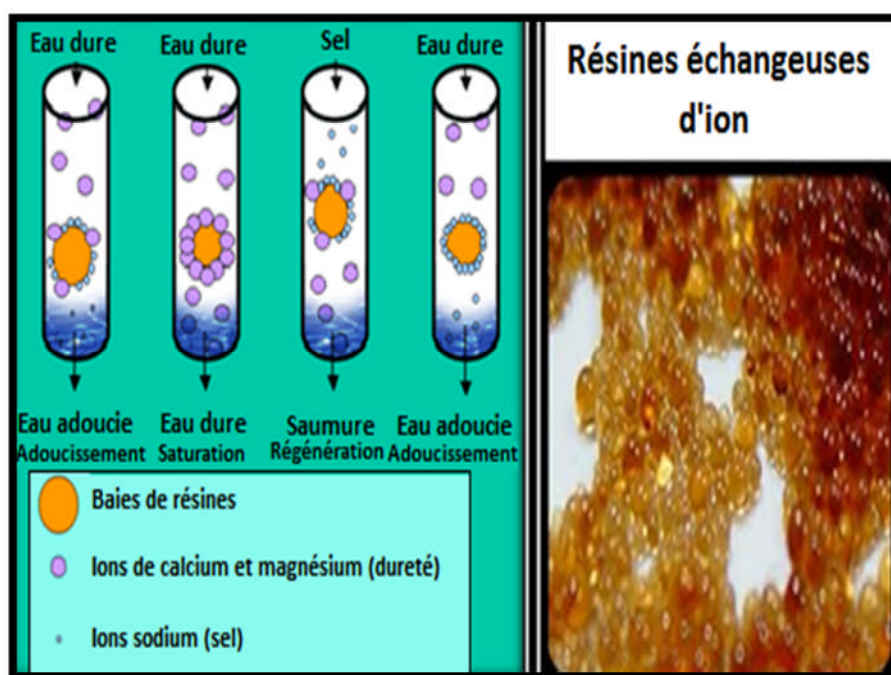


Figure N° 10: fonctionnement d'un adoucisseur [36].



## **VII. Les traitements biologiques :**

Ils sont essentiellement utilisés pour le traitement des eaux usées d'origine organique, en particulier le traitement de la pollution urbaine. On distingue deux modes de traitements biologiques : traitements aérobies et anaérobies.

### **VII.1. Traitements aérobies :**

Les bactéries utilisées dans ce mode de traitement exigent un apport permanent d'oxygène. On distingue deux méthodes essentielles : Le traitement par boues activées et l'épuration sur lit bactérien [13].

### **VII.2. Traitements anaérobies :**

Ce mode de traitement fait appel à des bactéries qui n'utilisent pas l'oxygène en particulier aux bactéries méthanogènes qui conduisent, comme leur nom l'indique, à la formation de méthane à partir de matières organiques et, à un degré moindre, de CO<sub>2</sub>.

La température doit être maintenue stable et suffisamment élevée (30 à 35 °C) et le temps de séjour des boues dans le digesteur doit être de plusieurs jours [13].

## **VIII. Les procédés de désinfections :**

La désinfection de l'eau potable consiste à rendre cette eau exempte de :

- germes pathogènes ;
- virus ;
- la majeure partie des germes banaux.

La désinfection est une étape commune à tous les traitements même si les eaux souterraines présentent naturellement moins de germes pathogènes que les eaux de surface. Il y a deux types de traitements de désinfection : traitements chimiques et traitements physiques [37].

### VIII.1. Les traitements chimiques :

Ce type de traitement peut se faire par :

- Des oxydants
  - Le chlore et ses dérivés ;
  - Autres halogènes ;
  - Le permanganate de potassium ;
  - L'ozone ;
  - Les peroxydes :  $H_2O_2$  – Acide péracétique.
- Des métaux lourds
  - Cuivre ;
  - Argent.
- Ammoniums quaternaires
- Les pyréthrinés [37].

Il faut citer que l'ozone est le plus puissant oxydant et désinfectant existant pour épurer de l'eau. Il permet l'élimination des bactéries et des protozoaires et c'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus [11].

- **Son principal avantage** : il ne produit aucun dérivé indésirable et se transforme en oxygène ;
- **Son inconvénient** : il présente une courte durée de demi-vie et une mauvaise solubilité dans l'eau, ainsi son coût très élevé [38].

### VIII.2. Les traitements physiques :

La désinfection physique des eaux se fait en générale par les procédés suivant :

- Les procédés thermiques (ébullition) ;
- Filtration lente ;
- Rayonnements UV ou irradiations ;
- Traitements membranaires [37].

## **IX. Action des traitements sur différents paramètres de l'eau :**

### **IX.1. Traitement des facteurs organoleptique :**

#### **IX.1.1. Couleur :**

La couleur peut être éliminée par deux manières :

- Coagulation-floculation qui élimine de 20 à 30 % en maximum. L'oxydation préalable déstabilise ces molécules et permet leur élimination par floculation. Le meilleur réactif est l'ozone, suivi du bioxyde de chlore et enfin du chlore.
- Par filtration lente ( $5 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{jour}$ ) qui peut éliminer la couleur de 20 à 30 % en maximum [13].

#### **IX.1.2. La turbidité :**

Elle peut être éliminée par les traitements de coagulation-floculation, décantation, et enfin par filtration [13].

#### **IX.1.3. Odeur-saveur :**

Ces paramètres sont regroupés et font appel aux mêmes types de traitement.

- l'adsorption sur charbon actif est très efficace ;
- l'oxydation par l'ozone, bioxyde de chlore et le chlore permet l'élimination des composés sapides, en particulier les mercaptans ;
- la filtration biologique ne permet d'éliminer que les composés réducteurs et les phénols qui sont biodégradables [13].

#### **IX.1.4. Le pH :**

La chloration par du chlore gazeux et les sels ou réactifs de coagulation provoque une baisse de pH se qui rend l'eau traitée agressive.

Afin de régler ce problème, un traitement de correction avec, soit de la soude, de la chaux ou bien du carbonate de sodium est à effectuer [13].

## IX.2. Traitements de quelques facteurs physicochimiques :

En générale les facteurs physicochimiques sont les chlorures, sulfates, silice, calcium, magnésium, potassium, dureté totale et résidu sec.

- L'élimination du calcium et du magnésium peut s'obtenir par les traitements de décarbonatation ;
- L'adoucissement remplace simplement le Ca et le Mg par du Na. Il faudra donc en tenir compte pour le paramètre sodium et veiller à ce qu'il n'excède pas la norme ;
- Le potassium peut être éliminé par les traitements de déminéralisation ou d'adoucissement.
- Le traitement avec les sels classiques d'aluminium n'amène pas une grande augmentation de la concentration en aluminium, alors qu'une floculation à pH supérieur à 7.5 peut donner des teneurs en aluminium très importantes et supérieures aux normes.
- En ce qui concerne les nitrates, leur élimination nécessite des traitements complémentaires : l'un d'entre eux fait appel à des bactéries spécialisées, en faisant appel à l'ajout d'acide acétique et un autre à l'ajout d'alcool éthylique. L'utilisation de certaines résines échangeuses d'anions a été agréée par le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) en 1987.
- L'ammoniaque est éliminée par des traitements d'oxydation chimiques ou biologiques.
- En ce qui concerne le carbone organique totale :
  - ✓ Les traitements d'oxydation permettent de réduire ces composés ;
  - ✓ Les traitements de floculation permettent une élimination de 20 à 50 % ;
  - ✓ Les traitements d'adsorption sur le charbon actif sont très efficaces.
  - ✓ Le couplage ozonation-filtration sur charbon actif en grains est le meilleur traitement disponible à l'heure actuelle.
- Le traitement le plus efficace pour l'élimination des phénols est l'adsorption sur charbon actif, mais ils peuvent être éliminés aussi par les traitements biologiques ;

- Pour les agents de surfaces telles que les détergents, les traitements d'oxydation par l'ozone qui due à son introduction sous forme de bulles conduit à un moussage de l'eau, ce qui permet l'élimination de ces composés en surface, mais le meilleur traitement de ces composés est sans nul doute l'adsorption sur charbon actif soit en poudre, soit en grains [13].

### **IX.3. Traitements des facteurs toxiques-métaux à l'état de trace :**

Se sont : le fer, manganèse, cuivre, zinc, cobalt, baryum, argent, arsenic , béryllium, cadmium, chrome, mercure, nickel, plomb, antimoine, sélénium, vanadium.

- Les formes minérales cationiques pour tous ces éléments peuvent être éliminés à des taux qui varient de 50 à 95% avec des traitements de floculation-décantation. La même chose pour certaines formes minérales anioniques telles que les arsénates, sélénates et vanadates [13].
- Le traitement d'adsorption sur charbon actif permet l'adsorption de la plupart des formes minérales cationiques, de réduire les chromates, bichromates et permanganates et de les éliminer sous formes insolubles et d'adsorber la plupart des formes complexées [13].
- Les traitements biologiques permettent l'élimination de la plus part des éléments minéraux à l'état de trace, mais il y a un risque de relargage des composés complexés par vois biologique (Co, Hg, Pb...) [13].

### **IX.4. Traitements des micropolluants organiques :**

- Les traitements de floculation-décantation et l'adsorption sur charbon actif permettent une bonne élimination des hydrocarbures polycycliques aromatiques.
- Les traitements biologiques permettent l'élimination des pesticides soit par adsorption sur la membrane biologique (pesticides chlorés) soit par biodégradation (pesticides phosphorés) ;
- Les traitements d'oxydation sont très efficaces vis-à-vis des cyanures [13].

## **X. Traitements des eaux destinées à la consommation humaine :**

Les procédés de traitement des eaux, diffèrent selon l'origine des eaux brutes destinées à la production des eaux potable [13].

### **X.1. Traitements des eaux de sources :**

Le traitement des eaux de sources tient surtout compte de la turbidité. Si celle-ci est correcte on pratique la chloration de l'eau ; si la turbidité est trop importante, la source incriminée est mise en décharge. Le traitement par le chlore fait appel soit au chlore gazeux soit encore aux hypochlorites de sodium (eau de Javel) ou de calcium (chlore de chaux) [13].

### **X.2. Traitement des eaux superficielles :**

La qualité des ressources en eaux superficielles utilisées pour la production de l'eau potable diffèrent selon l'origine de ces ressources et les influences anthropiques qu'elles subissent. Chaque eau superficielle devra subir un traitement approprié afin de produire une eau potable [39].

Ces eaux sont subdivisées en trois groupes de valeurs limites : A1, A2 et A3, qui correspondent à des procédés de traitement types appropriés [13].

- **La catégorie A1** : pour les eaux nécessitant, pour être potables, un traitement physique simple et une désinfection notamment par filtration et désinfection ;
- **La catégorie A2** : pour les eaux nécessitant, pour être potables, un traitement normal physique, chimique et une désinfection notamment par préchloration, coagulation- floculation, décantation, filtration et désinfection (chloration finale);
- **La catégorie A3** : pour les eaux nécessitant, pour être potables, un traitement physique, chimique poussé, un affinage et une désinfection notamment par chloration au « break-point », coagulation, floculation, décantation, filtration, affinage (charbon actif), et désinfection (ozone, chloration finale) [13 ; 39].

Afin d'attribuer une catégorie aux eaux superficielles utilisées pour la production de l'eau potable, il faut faire des analyses sur des échantillons représentatives. Le nombre minimal d'échantillons doit être :

- Au moins six fois par an pour un débit de production compris entre 100 et 20.000 m<sup>3</sup> par jour, à raison d'au moins une fois tous les deux mois ;
- Au moins 12 fois par an pour un débit supérieur à 20.000 m<sup>3</sup> par jour, à raison d'au moins une fois par mois.

L'analyse et les mesures des paramètres indicateurs de la qualité des eaux se faites selon les méthodes normalisées afin de bien attribuer les catégories **Ai** [39].

## **XI. Conclusion :**

Ce chapitre a servi d'introduction au domaine lié à notre étude. Nous avons décrit les différentes étapes d'une chaîne de traitement d'eau potable en nous basant sur la chaîne la plus complète possible et la plus courante pour chaque catégories des eaux superficielles destinées à la production des eaux potables [40].

## I. Introduction :

La qualité des eaux destinées à la production des eaux potables est très variable et son traitement ne peut se faire qu'avec une succession de traitements appropriés à sa nature et à son degré de pollution. L'un des principaux indices de pollution on trouve la turbidité [13].

En effet, une usine de traitement doit contenir des unités de clarification ou d'élimination de la turbidité soit par des procédés physique seulement (décantation et filtration) soit combiné avec des procédés chimiques (coagulation-floculation). Donc une filtration est souvent indispensable dans une chaîne de traitement.

## II. Généralité sur la filtration :

La filtration est le procédé de finition par excellence, c'est une séparation solide /liquide qui permet d'éliminer les particules échappées des traitements préalables. La méthode consiste à faire passer l'eau contenant des matières solides par des couches de matériau inerte comme par exemple : du sable, anthracite moulu, du gravier, de la terre de diatomées, du sable de grenat [7]. La rétention de ces particules se déroule à la surface des grains grâce à des forces physiques. Cette fixation des particules dépend des conditions de conception et d'exploitation du filtre et du type de matériau filtrant utilisé. La filtration permet en plus de l'élimination de la turbidité, une élimination correcte des bactéries et de la couleur [40].

Au cours de la filtration, les espaces entre les grains se réduit et le filtre se colmate ce qui provoque des fortes augmentations des pertes de charges. Il faut alors déclencher le rétro-lavage (lavage à contre courant) [40].

## III. Utilisation de la filtration :

Le rôle de la filtration ne s'arrête pas à la seule clarification des eaux brutes destinés à la production des eaux potables mais il y a d'autres butes et intérêts tels que :

- Déferrisation – démanganisation ;
- Décarbonatation ;
- Nitrification – dénitrification ;



- Pour l'adsorption de composés organiques ou minéraux (charbon actif – alumine activée).
- Pour la reminéralisation des eaux par une filtration sur un matériau qui réagit avec l'eau et qui se dissout dans l'eau. On distingue comme matériau : Marbre, carbonate de calcium, carbonate de calcium – magnésium (dolomie), carbonate de calcium – oxyde de magnésium (magno) [41].

#### IV. Les différentes catégories de filtration :

Il existe une variété de techniques permettant d'obtenir une filtration adéquate et le choix entre ces techniques dépend de l'étape de traitement, de la qualité des eaux brutes, des conditions du terrain et d'autres paramètres. Toutes les techniques de clarification entre d'une façon générale en quatre catégories [23].

##### IV.1. Filtration physico-chimique :

Les filtres de type physico-chimique sont les plus utilisés en traitement de l'eau potable. Par définition, ils doivent être précédés d'un traitement chimique [23]. On trouve généralement trois filières :

###### IV.1.1. Filtration conventionnelle :

C'est l'étape finale d'un traitement élaboré de clarification et qui comprend une coagulation, une floculation, une étape de séparation de floccs (par une décantation, une flottation ou une pré-filtration) et enfin une filtration rapide [3]. Cette filière de traitement est la plus courante en raison du vaste éventail de qualité d'eau brute qu'elle peut traiter [23].

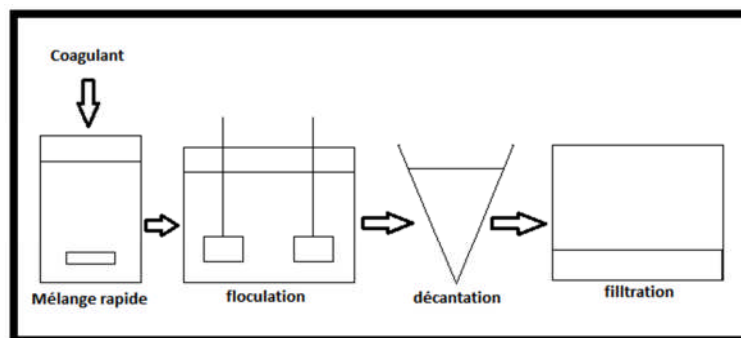


Figure N° 01 : schéma d'une filtration conventionnelle [3].

#### IV.1.2. Filtration direct :

La filtration est dite directe lorsque le traitement réalisé avant l'étape de filtration ne comprend pas d'étape de séparation de floccs [3].

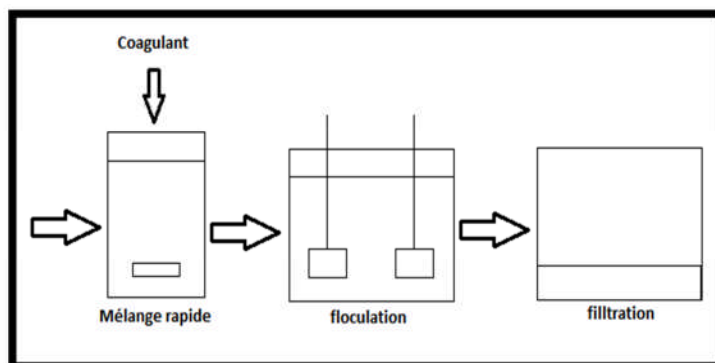


Figure N° 02 : schéma d'une filtration direct [3].

#### IV.1.3. Filtration en ligne :

Dans le cas de la filtration en ligne, le prétraitement se résume à une coagulation. La floculation se déroule directement dans le filtre ou dans un ouvrage de contact intermédiaire[3].

#### IV.2. Filtration physique :

Les filtres de ce type font intervenir des processus de traitement purement physiques tels que le tamisage et l'adsorption des impuretés, sans nécessiter de prétraitement chimique. Pour cette raison, la qualité de l'eau brute doit être excellente [23].

#### IV.3. Filtration biologique:

Les filtres biologiques sont des filtres qui font intervenir l'activité microbienne comme processus de traitement principal. Le milieu filtrant sert alors de support pour le développement de cette biomasse [23].

#### IV.4. Filtration par adsorption:

Ce type de filtration utilise le processus d'adsorption et s'adresse principalement aux substances dissoutes. Le filtre à charbon actif granulaire est le seul procédé de cette catégorie. Il s'agit d'un traitement d'affinage [23].

## V. Les mécanismes de filtration :

La rétention des impuretés des eaux brutes destinées à la production des eaux potables se fait généralement par l'intervention de l'un ou des trois mécanismes principaux suivants : capture, fixation et détachement [32].

### V.1. Mécanisme de capture :

Ils sont essentiellement de deux natures :

#### V.1.1. Tamisage mécanique :

C'est une rétention des particules qui ont des dimensions plus importantes que celles de la maille du filtre et les éléments déjà déposés et qui formant eux-mêmes un matériau filtrant, se mode de capture intervient beaucoup plus lorsque la maille du matériau filtrant est plus fine[3].

#### V.1.2. Dépôt sur le matériau filtrant :

La particule en suspension suit dans le liquide une ligne de courant ; sa faible taille, comparée à celle des pores du milieu filtrant, pourrait lui permettre de traverser le matériau filtrant sans être arrêtée, mais due à des différents phénomènes qui entraînent un changement de trajectoire de ces MES, leurs contacts avec le matériau filtrant devient possible.

On distingue en particulier :

- L'interception directe par frottement ;
- La diffusion par mouvement brownien ;
- L'inertie de la particule ;
- La décantation.

Ces différents mécanismes de capture interviennent principalement dans la filtration en profondeur[32].

### V.2. Mécanisme de fixation :

La fixation des particules à la surface du matériau filtrant est favorisée par une faible vitesse d'écoulement. Elle est due à des forces d'origine physique (coincement, cohésion...), et à des forces d'adsorption, principalement les forces de *Van der Waals* [32].

### V.3. Mécanisme de détachement :

Au cours de la filtration et sous l'action des mécanismes précédents, le filtre se colmate à cause des particules déjà déposées sur le matériau filtrant, ce qui produit une diminution de l'espace des vides entre les grains. Il y a donc augmentation de la vitesse et l'écoulement devient turbulent et par conséquent, un détachement partiel des impuretés retenues par le filtre[3].

## VI. Nature du milieu filtrant :

Les matériaux filtrants utilisés en traitement des eaux sont nombreux et le choix ou le cas de leur utilisation dépend du type de traitement: clarification, affinage, de neutralisation, de reminéralisations des eaux et autres. Parmi ceux les plus employés on trouve :

- Le sable quartzique qui a été le premier des matériaux utilisés pour la filtration et c'est encore le matériau de base pour la plupart des filtres actuels.
- L'anthracite ou le marbre [32].
- Le gravier, généralement comme support du sable dans un filtre.
- Le charbon actif est utilisé surtout pour les traitements d'affinages.
- Le schiste expansé et l'argile expansée, matériaux parfois utilisés en pré-filtration ou dégrossissage et même pour des traitements tertiaires des eaux résiduaires.
- La pierre ponce et le grenat, matériaux respectivement légers et lourds pouvant être mis en œuvre dans les filtres multicouches.
- L'alumine, matériaux adsorbants utilisés pour la défluoration et l'élimination de l'arsenic.
- Le carbonate de calcium (calcaire, marbre) utilisé dans des filtres de remise à l'équilibre, pour ses propriétés neutralisantes vis-à-vis des CO<sub>2</sub> agressif [1].
- Pour certains traitements tertiaires des eaux résiduaires, etc., il est intéressant d'utiliser des matériaux à forte surface spécifique, tels que BIOLITE, pouzzolane, etc.

Certains filtres utilisent une combinaison de plusieurs matériaux (filtres bicouches et même filtres multicouches) [32].

## VII. Caractéristiques des matériaux filtrants :

Le matériau filtrant doit vérifier certaines caractéristiques : il doit être insoluble, chimiquement inerte vis-à-vis des eaux agressives et il doit subir sans s'effriter, le frottement intense au cours des lavages. Le sable de silice répond bien à ces exigences et son emploi est universel. Cependant, d'autres matériaux ont fait leur apparition dans les filtres modernes.

D'autre part il faut noter que la perméabilité d'un lit filtrant est étroitement liée à sa porosité et à la granulométrie du matériau qui le constitue [32].

En plus des caractéristiques précitées, il y en a d'autres qui ont une relation avec la granulométrie, la taille et la forme des grains ; les principales sont : le diamètre effectif, le coefficient d'uniformité, la densité relative, la porosité et la perméabilité. Il existe d'autres caractéristiques beaucoup plus difficiles à mesurer, comme la forme des grains et la surface spécifique. La perméabilité d'un lit filtrant est étroitement liée à ces différentes caractéristiques [4].

### VII.1. Diamètre effectif et coefficient d'uniformité :

Afin de définir ces deux paramètres, on a recours à des courbes granulométriques (voir chapitre V). Ces courbes granulométriques appelées encore courbes des tamisats cumulés permettent de déterminer le diamètre effectif et le coefficient d'uniformité, soit :

#### ➤ La taille effective :

La taille effective, exprimée en mm et notée  $D_{10}$ , correspond à l'ouverture de maille laissant passer 10 % en poids de l'échantillon soumis à l'analyse.

#### ➤ Le coefficient d'uniformité :

C'est un nombre sans dimension, est égal au quotient de la diversité 60 % par la taille effective.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Le coefficient d'uniformité  $C_u$  doit être inférieur à 1,5 et plus la valeur de  $C_u$  se rapproche de 1 plus l'homogénéité obtenue pour le lit filtrant est meilleure, ce qui permet de réduire les pertes de charge et d'obtenir une rétention en profondeur des matières en suspension.

La diversité 60 %, exprimée en mm est donnée par l'ouverture de maille laissant passer 60 % en poids de l'échantillon soumis à l'analyse [4 ; 32].

## VII.2. Densité relative du sable :

Expérimentalement la densité relative du sable  $\gamma_s$  est le rapport entre la masse de ce sable et l'eau qu'il déplace. On procède de la façon suivante :

1. On pèse un certain volume d'eau (on obtient  $m_e$ ) ;
2. On pèse le sable sec (on obtient  $m_s$ ) ;
3. On ajoute le sable à l'eau (l'eau déplacée déborde du récipient) ;
4. On pèse le mélange d'eau et de sable (on obtient  $m_{es}$ ) [4].

On peut ainsi écrire :

$$\gamma_s = \frac{\text{masse du sable}}{\text{masse de l'eau déplacée}} = \frac{m_s}{(m_e + m_s - m_{es})}$$

## VII.3. Porosité:

La porosité d'un amas de granules désigne la fraction de son volume occupée par de l'air si l'amas est sec, ou par de l'eau si l'amas est saturée d'eau. Elle dépend de la granulométrie, de l'arrangement des grains et de leur degré de tassement. On peut distinguer deux types de porosité : une porosité totale et porosité efficace [32].

### ➤ La porosité totale:

La porosité totale ou géométrique  $\varepsilon$  représente le rapport du volume des pores (vides) au volume total occupé par le matériau  $V$ .

$$\varepsilon = \frac{V_v}{V_v + V_s} = \frac{V_v}{V}$$

$V_v$  : Volume totale des vides (matériau sec) ;

$V_s$  : Volume des solides ;

$V$  : Volume apparent (totale) où  $V = V_v + V_s$ .

➤ **La porosité efficace :**

La porosité efficace  $\varepsilon_e$  est le rapport du volume des vides accessibles à l'eau mobile d'un matériau filtrant au volume apparent de ce matériau. Elle est appelée aussi coefficient d'emménagement ou capacité d'écoulement.

$$\varepsilon_e = \frac{\text{volume d'eau qui peut circuler}}{\text{volume totale de la roche}} = \frac{V_e}{V}$$

$V_e$  : Volume efficace [1].

#### VII.4. La perméabilité :

Ce paramètre est exprimé par une constante de proportionnalité  $K$  qui a les dimensions d'une vitesse. C'est une vitesse de filtration par unité de pente motrice ou par unité de gradient hydraulique. Ce coefficient est appelé aussi coefficient de perméabilité, le coefficient de filtration, vitesse de filtration de Darcy ou tout simplement coefficient de *Darcy*.

C'est le coefficient de perméabilité  $K$  qui figure dans la loi de *Darcy* :

$$Q = K A \frac{\Delta H}{\Delta L}$$

$Q$  : débit de l'eau filtré en (m<sup>3</sup>/s) ;

$A$  : l'aire de la couche saturée en (m<sup>2</sup>) ;

$\Delta L$  : l'épaisseur de la couche filtrante en (m) ;

$\Delta H$  : la chute totale de pression à travers la couche filtrante (pertes de charges totales) en (m.c.e) [32].

#### VIII. Théorie de l'écoulement dans un milieu poreux appliquée aux filtres de sable :

La perte de charge totale  $W$  dans un filtre de sable exprimée en mètres de colonne d'eau peut s'écrire comme suit :

$$W = W_a + W_v + W_k$$

$W_a$  : Perte de charge du filtre « propre » après lavage avant un nouveau cycle de filtration.

$W_v$  : Perte de charge due à la déposition de matières retenues en profondeur du filtre.

L'augmentation de cette perte de charge est presque linéairement avec le temps.

$W_k$  : Perte de charge due à la matière déposée sur la couche filtrante. Cette perte augmente logarithmiquement avec le temps.

La valeur de  $W_a$  peut être estimée à partir des paramètres connus du filtre. En régime laminaire l'écoulement de l'eau au sein du filtre obéit à la loi de *Darcy* précité [7].

$$\text{D'où : } W_a = \frac{V \cdot H}{K}$$

Avec :

$$V : \text{vitesse apparente de filtration} = \frac{\text{débit de l'eau filtrée}}{\text{surface du filtre}} \text{ m/s}$$

$H$  : Hauteur du matériau de remplissage dans le filtre [m];

$K$  : Coefficient de perméabilité [m/s].

Pour la vitesse réelle de l'eau dans l'espace inter-granulaire, la loi de *Poiseuille* s'applique :

$$V_R = \frac{1}{2} \frac{g R_H^2}{\nu} \frac{dW_a}{dH}$$

Avec :

$V_R$  : vitesse réelle d'écoulement dans les pores [m/s];

$g$  : accélération de la pesanteur [m/s<sup>2</sup>];

$\nu$  : viscosité cinématique de l'eau [m<sup>2</sup>/s];

$$R_H : \text{rayon hydraulique du filtre} = \frac{\text{volume des pores}}{\text{surface totale des grains}}$$

Calcul de  $R_H$  :

Soit :

$$\varepsilon : \text{porosité} = \frac{\text{volume d'espace libre}}{\text{volume total de la masse filtrante}}$$

$S_p$  : surface d'un grain de sable [m<sup>2</sup>];

$V_p$  : volume d'un grain de sable [m<sup>3</sup>];

$N$  : nombre de grains par unité de volume.



Alors on a : 
$$\frac{\text{volume de l'espace libre}}{\text{volume des grains}} = \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}$$

Où :

- volume de l'espace libre =  $\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} \cdot V_p \cdot N$
- surface totale des grains =  $S_p \cdot N$

On déduit de cela :  $R_H = \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} \cdot \frac{V_p}{S_p}$

Pour des grains sphériques avec  $D$  = diamètre d'un grain, on peut écrire :

$$R_H = \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} \cdot \frac{4/3 \pi (D/2)^3}{4 \pi (D/2)^2} = \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} \cdot \frac{D}{6}$$

Il résulte pour la loi de *Poiseulle* :

$$V_R = \frac{V}{\varepsilon} = \frac{1}{2} \frac{g}{\nu} \cdot \left(\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}\right)^2 \cdot \frac{D^2}{36} \cdot \frac{W_a}{H}$$

Combinaison avec la loi de *Darcy* nous amène à l'expression suivante :

$$K = \frac{1}{2} \frac{g}{\nu} \cdot \frac{\varepsilon^3}{(1-\varepsilon)^2} \cdot \frac{D^2}{36}$$

La viscosité cinématique est fonction de la température suivant la relation :

$$\nu = \frac{10^{-6}}{0,8 (0,7 + 0,03 T)}$$

Dans la pratique c'est la formule de *Kozeny* qui est utilisé :

$$K = C \cdot D_{10}^2 - (0,7 + 0,03) \frac{\varepsilon^3}{(1-\varepsilon)^2}$$

Où :

$D_{10}$  : diamètre efficace des grains [mm];

$C$  : constante  $\cong 300$ .

Et  $K$  est exprimé en (m/h),  $D$  en (mm), et  $T$  en ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$W_v$  est = 0 à  $t=0$ , mais plus la quantité de matière retenue par le matériau filtrant augmente plus sa valeur augmente. Initialement, les impuretés apportées par les eaux brutes sont déposées principalement dans les couches supérieures du filtre, mais la profondeur de pénétration augmente avec le temps. Approximativement  $W_v$  est en raison linéaire avec le volume d'eau filtrée.

L'évolution de la pression dans le sens vertical d'un filtre de sable est représentée graphiquement dans la figure N°03.

La droite **AB** donne la charge hydrostatique en absence d'écoulement à travers le filtre. Pour une vitesse d'écoulement **V**, la ligne **AOC** donne l'évolution de la pression en fonction de la hauteur pour un filtre propre,  $t = 0$ , **BC** =  $W_a$ .

Après l'écoulement d'un temps **t**, une perte de charge  $W_{v,1}$  due au colmatage de couches supérieures du filtre s'ajoute à  $W_a$ .

$W_v$  augmente avec le temps et le front de colmatage pénètre de plus en plus profondément dans le filtre.

Dans la partie non colmatée du filtre, les lignes de la pression sont parallèles à celles de  $(t)_0$ . Finalement, il peut y avoir localement dans le filtre une pression négative  $(t)_4$ . Sous ces conditions là, il peut se produire un dégagement de bulles d'air qui se réunissent.

Ceci peut perturber le bon fonctionnement du filtre.

Les conditions favorables à causer cette sous pression sont une valeur élevée de  $W_a$  et une valeur faible de  $H_W$  ( $H_W$  = hauteur de la colonne d'eau au – dessus du filtre).

$W_K$  : la perte de charge liée à la déposition d'une couche de matières retenues sur le filtre (on a omis  $W_K$  dans le graphique de  $W_a$  et  $W_v$ ). Cette couche est plus ou moins compressible et dépend de la nature des particules dans la boue.

$W_K$  évolue exponentiellement avec le temps :

$$W_K = K' (K'' \cdot t)^{\frac{1}{1-s}}$$

Où  $K'$  et  $K''$  sont des constantes ;

**S** : facteur de compressibilité ;

- $S = 0$  pour une couche non compressible ;
- $S = 1$  pour une couche très compressible [7].

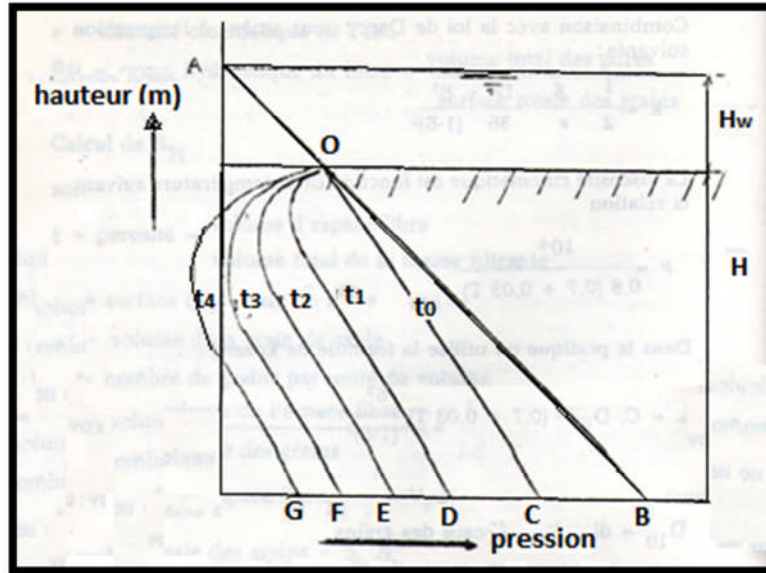


Figure N°03 : L'évolution de la pression dans d'un filtre de sable [7].

## IX. Les différents types de filtres :

Il existe plusieurs paramètres avec la quelle on distingue les types de filtres, par exemple, il y a des filtres ouverts et d'autres fermés [7]. On distingue aussi des filtres lents et des filtres rapides, des filtres physicochimiques et d'autres biologiques.

En outre, on peut classer les types de filtres selon la nature du matériau de remplissage. Dans ce travail on va entamer quelques un de ces types de filtres fréquemment utilisés.

### IX.1. Filtration lente:

La filtration lente est une imitation de la nature dans sa façon de purifier les eaux de surfaces. C'est une percolation lente de l'eau à travers une couche épaisse de sable. Généralement le sable utilisé est un sable siliceux qui est insoluble et qui a une grande résistance mécanique [13].

La filtration lente est beaucoup plus destinée au traitement des eaux de surface qui ont une turbidité relativement faible ( $<10,0 \mu\text{TN}$ ). Elle ne nécessite pas d'ajout des produits chimiques, ni de lavage à contre-courant et elle peut être précédé ou non d'une décantation préalable [7 ; 42].

De telles installations sont souvent constituées de trois étages de filtration dans lesquels l'eau passe à des vitesses de plus en plus lentes sur des masses de matériaux de granulométrie de plus en plus fine.

Ces étages sont :

- les dégrossisseurs où le diamètre efficace est de 2 à 3 mm, l'épaisseur de la couche est de 0,50 et la vitesse de filtration est de 20 à 30 m/j.
- les pré-filtres, le diamètre efficace est de 1 mm, l'épaisseur de la couche est de 0,50 et la vitesse est de l'ordre de 10 à 20 m/j.
- les filtres finisseurs, le diamètre efficace est de 0,25 à 0,35 mm, l'épaisseur de la couche est de 0,80 à 1,20 et la vitesse varie de 2,40 à 10 m/j [7 ; 3].

L'épuration par ce procédé ne se fait pas par la seule rétention mécanique des impuretés, mais surtout avec une épuration très poussée grâce à un film biologique qui se forme sur la surface (accumulation de particules organiques et minérales, dans laquelle règne une vie biologique intense). En effet cette membrane biologique permet une dégradation biologique des matières organiques, les saveurs et odeurs disparaissent, amélioration de la couleur et l'absorption physique de produits non dégradables à la surface des agglomérats bioactifs [7]. Ce type de filtre permet aussi l'élimination d'une quantité d'ion et produits indésirables comme par exemple:

- Les ions  $\text{NH}_4^+$  qui sont oxydés en  $\text{NO}_2$  puis en  $\text{NO}_3$ ;
- Les hydrocarbures et phénols qui sont dégradés [13].

La viabilité des microorganismes est liée à la température et à l'ensoleillement ou une baisse de température ou d'ensoleillement ralentissent le fonctionnement de filtres [13].

La faible vitesse de filtration (0,1 à 0,2 m/h) permet une perte de charge assez réduite à chaque étage et les filtres sont lavés en moyenne une fois par mois [3 ; 42].

Il faut dire que la filtration lente était le premier procédé appliqué à grande échelle des traitements de purification à l'aide d'un milieu granuleux, mais de nos jours, cette méthode à céder sa place à des ouvrages à filtration rapide [7].

#### **IX.1.1. Période de maturation (ou d'ensemencement) :**

Les temps de maturation typiques pour du sable nouveau sont de 1 à 6 mois, alors qu'après un raclage (nettoyage), le temps de maturation peut varier de 6 heures à 14 jours (minimum de 2 jours recommandés) [23].

#### **IX.1.2. Avantage et performances typiques des filtres lents :**

Parmi les avantages des filtres à sable lent on cite :

- La filtration lente se fait sans un traitement chimique de coagulation et floculation;
- Les matériaux de construction de ce type de filtres sont simples et faciles à être trouvés sur place ;
- La surveillance de fonctionnement de ces filtres est simple;
- Le pH de l'eau traitée ou le filtrat obtenu avec ce type de filtration est supérieur à celui des filtres rapides qui exigent un traitement chimique, ce qui lui rend moins corrosif et de qualité plus constante.
- Ils sont bien efficaces pour l'élimination des bactéries [1] ;
- Si la membrane biologique est bien établi dans le filtre, ce procédé permet d'avoir une gamme de performances en ce qui concerne la réduction de la turbidité variant de 0,1 à 2 UTN avec 99% des filtres produisant une eau de moins de 1 UTN [23].

#### **IX.1.3. Inconvénients des filtres lents:**

- Les installations des filtres à sable lents occupent une grande superficie, ce qui nécessite l'utilisation d'un volume de sable très important et des travaux coûteux;
- L'exploitation et le lavage de ces types de filtres nécessitent un temps très important et par conséquent une longue période au cours de la quelle les filtres sont inutilisables ;
- Ils décolorent médiocrement les eaux colorées;
- Ils nécessitent un prétraitement (une sédimentation par exemple) des eaux brutes lorsqu'elles sont très chargées en MES afin d'abaisser suffisamment leur degré de turbidité [1].

**IX.1.4. Nettoyage des filtres lents :**

Après colmatage des filtres on a recours à faire un lavage du sable. Le processus est généralement le suivant : on enlève une couche de sable de 0,5 à 2,5 cm d'épaisseur, ça dépend de l'épaisseur de la couche colmaté par les impuretés pénétrées dans le filtre. Lorsque l'épaisseur du sable dans le filtre est de 80 cm, on ajoute 15 cm de sable lavé pour redonner à la couche filtrante son épaisseur initiale [4].

**IX.2. La filtration rapide ouverte ou classique:**

La filtration rapide est caractérisée par une vitesse supérieure à celle de la filtration lente (elle se situe généralement entre 3,0 et 12 m/h), un débit spécifique qui peut aller jusqu'à 7 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h et un diamètre efficace qui se situe généralement entre 0,5 et 1,5 mm. Dans ce type de filtration l'action biologique est pratiquement nulle, du fait de la grande vitesse de filtration et le lavage très fréquent.

La filtration en profondeur intervient ici beaucoup plus que dans les filtres lents, et les grandes vitesses de filtration et le colmatage rapide provoque des augmentations très importantes des pertes de charges c'est pourquoi ces filtres comporte toujours un système rapide et énergique [7 ; 32].

Le principe de la filtration rapide consiste à créer au sein de la masse d'eau brute un traitement de coagulation-floculation et les floccs ainsi produites (beaucoup plus grosses) sont éliminées par décantation suivie d'une filtration rapide de l'eau a travers des lits de sable ou d'autres filtres granulaires à couche unique, à double couche ou multicouche. Ce type de traitement permet de produire une eau dont la turbidité est de moins de 0,3 NTU [13 ; 42].

Concernant les méthodes utilisées pour recueillir les eaux filtrées on distingue deux :

- 1) Le drainage des eaux filtrée peut se faire par des dalles en béton maigre (en dessous de la couche filtrante), qui sont soit poreuses soit munies de bougies poreuses ou de buselures à fentes ;
- 2) L'eau filtrée est recueillie au moyen de tuyaux perforés qui sont noyés dans une couche de sable fin [7 ; 32].

Il faut citer qu'en plus du problème de colmatage, on trouve un autre phénomène qui s'impose qui est l'embolie gazeuse et qui survient lorsque la granulométrie de sable est trop faible ou le filtre commence à se colmater où la pression dans le filtre devient trop proche de la pression atmosphérique et l'eau se dégaze sous forme de microbulles qui gênent la filtration. Après un certain temps le filtre nécessite un lavage à contre courant [13].

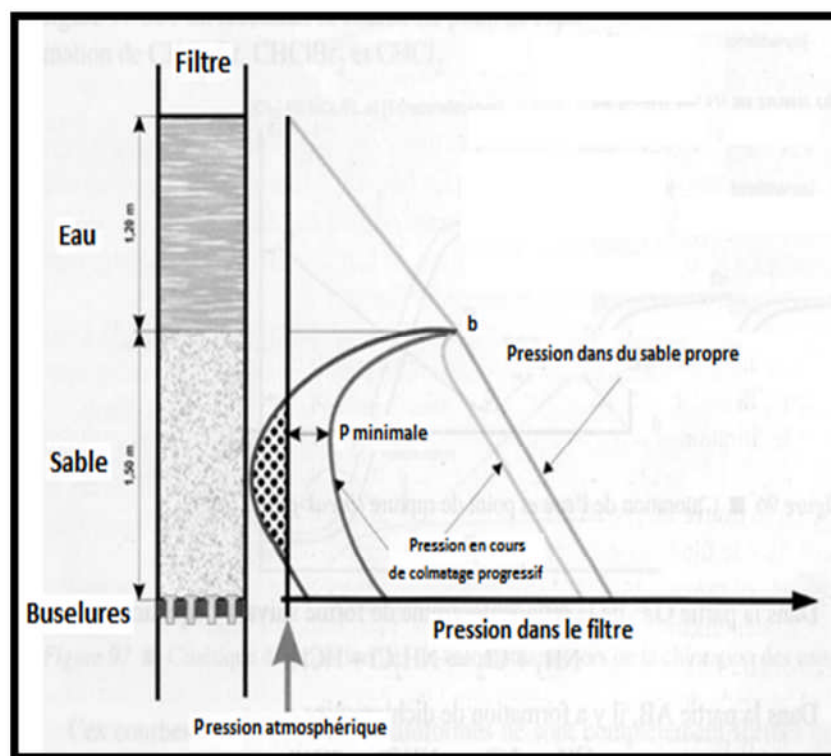


Figure N°04: embolie gazeuse [13].

### IX.2.1. Constitution d'un filtre rapide:

Tout filtre rapide est composé de trois parties ; on trouve le fond, le gravier, et le matériau filtrant.

- **Le fond de filtre :** il doit être solide pour supporter le poids de l'eau et du sable et du gravier, il doit permettre la collecte et l'évacuation de l'eau filtrée, le plus souvent par des bosselures incorporées et la répartition uniforme de l'eau de lavage ;
- **Gravier de support :** à pour rôle de retenir le sable et d'améliorer la distribution de l'eau de lavage dans le filtre [3 ; 40];

- **Milieu filtrant** : qui permet la rétention des impuretés des eaux brutes. Le plus souvent c'est du sable ou de l'antracite. La couche filtrante est de 60 à 90 cm d'épaisseur, le diamètre effectif des grains varie de 0,35 à 0,50 mm et le coefficient d'uniformité varie de 1,3 à 1,7 [4].

### IX.2.2. Colmatage des matériaux filtrant :

L'adsorption et la rétention des impuretés par le matériau filtrant provoquent un grossissement des grains, réduisant la taille des espaces interstitiels et donc la section de passage offerte à l'eau. Ce phénomène s'accroît jusqu'à ce que le filtre se colmate complètement et par conséquent les pertes de charges augmentent à leurs tours [3].

Si le filtre fonctionne à pression d'alimentation constante, le débit du filtrant se baisse au cours du temps, et afin de maintenir se débit constant, il faut augmenter la pression initiale au fur et mesure du colmatage.

La rapidité de colmatage dépend :

- De la nature des eaux traitées;
- Du débit par unité de surface filtrante ou vitesse de filtration;
- De la granulométrie de la matière filtrante [1].

### IX.2.3. Lavage des filtres rapides:

Après colmatage du matériau filtrant, la filtration devient non efficace, ce qui nécessite un lavage du filtre [1]. Ce lavage se fait à contrecourant par injection successive d'air, d'un mélange d'air et d'eau propre et finalement injection d'eau propre seulement. Ces injections se faites dans le fond du filtre par l'intermédiaire de certaines de buselures [13]. La vitesse de l'eau de lavage à contrecourant est limitée du fait des pertes possibles de matériau, c'est pourquoi on injecte l'air pour augmenter les turbulences afin de décoller efficacement les particules de floes fixées sur les grains [40].



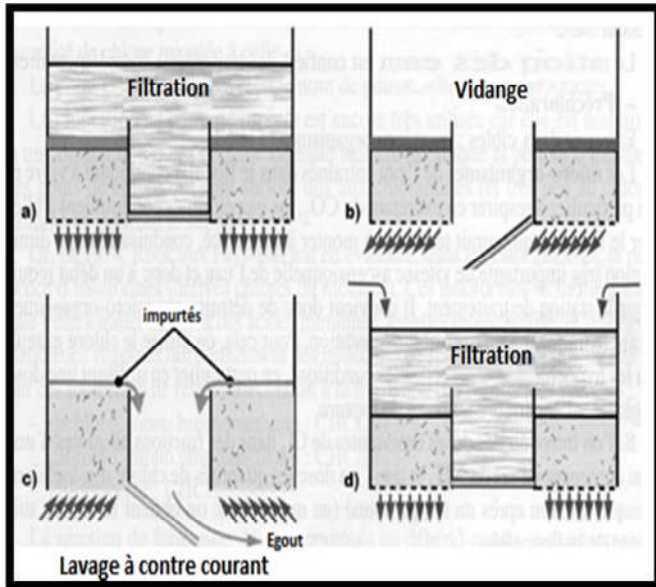


Figure N°05 : principe du lavage d'un filtre [13].

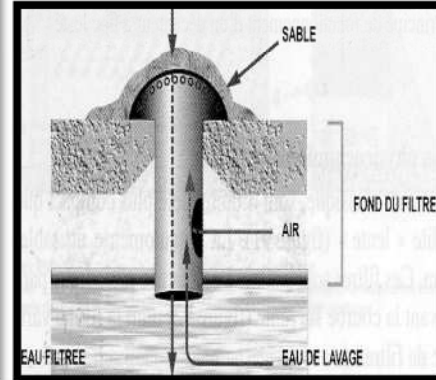


Figure N°06: Buselure [13].

### IX.3. Filtration sous pression :

Les filtres sous pression fonctionnent selon les mêmes principes que les filtres à sable rapides ouverts, sauf que leurs couches de sable et de gravier, ainsi que leur réseau de drainage sont situés dans des cylindres horizontaux ou verticaux, les quels sont conçus pour supporter des pressions de l'ordre de 1000 K Pa. On peut ainsi filtrer de l'eau sous pression et la distribuer sans recourir au double pompage.

Ce type de filtre présente quelques inconvénients que nous présentons ci-dessous :

- L'addition de produits chimiques, la coagulation, la floculation et la décantation sont plus difficiles à réaliser sous pression. Plusieurs filtres sous pression fonctionnent avec des unités de coagulation et de floculation médiocres.
- Impossible d'observer l'eau et la couche de sable lors de la filtration, ni l'efficacité des lavages et le degré d'agitation du milieu filtrant;
- La forme des filtres sous pression ne facilite pas la bonne conception d'une installation de lavages. Celle-ci pourrait garantir un bon rejet des matières éliminées (non refoulées dans des parties du filtrant);
- Il est difficile d'examiner, de nettoyer et de remplacer le sable, le gravier et les drains inférieurs des filtres sous pression;
- Le fonctionnement des filtres sous pression favorise l'aspiration ou l'injection d'eau dans le milieu filtrant à vitesse excessive [1 ; 32].

#### **IX.4. Filtration mixte :**

Cette deuxième voie d'abord est fondée sur une seconde idée directrice : la filtration lente fonctionnait bien au début du siècle car l'eau de rivière était propre. Il est donc apparu possible pour rénover la filtration lente, de rendre à l'eau brute sa qualité d'antan, en d'autres termes de « marier » la filtration rapide avec la filtration lente afin de rénover celle-ci.

Les résultats sont effectivement très encourageants avec une très bonne élimination des micropolluants, en évitant toute pollution induite par les traitements [13].

#### **IX.5. Filtration directe :**

Dans une filière de filtration directe, l'élimination des particules présentes dans l'eau à traiter se fait par le filtre seulement il n'y a pas d'étape de décantation. L'efficacité du traitement est donc très dépendante du conditionnement initial de l'eau brute lors de la coagulation (et de la floculation dans certain cas).

Les mécanismes de rétention des particules, d'encrassement des filtres et de développement des pertes de charges sont semblables au système conventionnel. Cependant, en filtration directe il est suffisant d'obtenir des floes microscopiques de tailles moyennes comprises entre 10 et 50  $\mu\text{m}$  contrairement au système conventionnel qui nécessite la formation de floes larges, denses et décantables [23].

#### **IX.6. Filtration sur charbon actif :**

La même chose que pour la filtration sur sable, on trouve deux types de procédés de filtration à charbon actif : rapide et biologique.

##### **IX.6.1. Filtration sur charbon actif granulaire :**

Le charbon actif granulaire (CAG) est un matériel extrêmement poreux développant une surface importante de l'ordre de 600 à 1 500  $\text{m}^2/\text{g}$  en fonction de son degré d'activation. Les pores du charbon actif portent des charges électrostatiques qui les rendent aptes à adsorber des molécules de micropolluants transportées par l'eau à traiter. La rétention de ces molécules se fait par force de Van der Waals ou encore par réaction chimique in-situ [13 ; 23].

Selon les cas, l'efficacité peut persister durant des mois ou des années selon le produit utilisé, la concentration des matières à enlever, le débit traité, etc.

La capacité d'adsorption d'un filtre CAG dépend de plusieurs facteurs, dont :

- 1) la nature du matériau de base pour le fabriquer;
- 2) le traitement reçu en cours de fabrication;
- 3) ses caractéristiques physiques;
- 4) les caractéristiques des substances à enlever de l'eau.
- 5) Et le pH peut jouer un rôle majeur selon les substances à enlever.

La conception des filtres à CAG doit reposer sur des paramètres bien identifiés pour des besoins bien définis. Il est important de prévoir au moment de la conception, des moyens de prélever et analyser des échantillons d'eau et de CAG. À moins d'utiliser des filtres sous pression, des repères bien visibles (permettant de vérifier périodiquement l'épaisseur du lit de CAG) sont aussi nécessaires à l'intérieur de l'enceinte de chaque filtre [23].

#### **IX.6.2. Le filtre à charbon actif à double flux :**

C'est un bassin filtrant constitué de deux cellules contenant le charbon actif granulé (CAG) et fonctionnant en série. Tout le débit traverse d'abord l'une des cellules en flux ascendant puis l'autre cellule en flux descendant (figure N° 07). L'originalité du filtre à double flux est de permettre l'optimisation du fonctionnement du charbon actif par :

- l'utilisation d'une forte hauteur de couche qui pour un même volume de charbon, élimine mieux les goûts et odeurs ;
- la rétention sur la deuxième cellule des particules fines de charbon s'échappant éventuellement de la première cellule ;
- l'utilisation maximale de la capacité d'adsorption. Le front d'adsorption se situe, au démarrage du filtre, dans la première cellule. Lorsque l'avancement du front d'adsorption fait que la première cellule est complètement saturé le front d'adsorption se trouve donc au niveau de la deuxième cellule. Il suffit alors de prélever le charbon situé dans la première cellule pour le régénérer, de transférer le charbon de la deuxième cellule dans la première et de remplir la deuxième cellule avec du charbon neuf. On réalise ainsi la régénération de la partie la plus saturée du charbon [13].

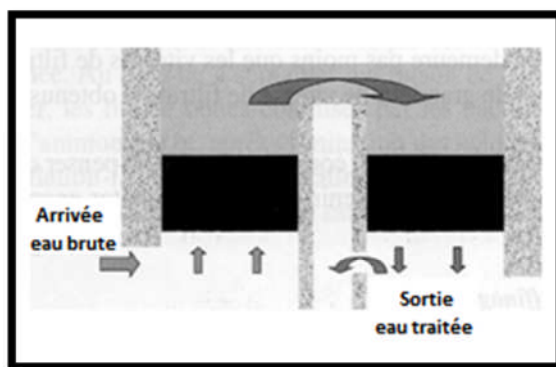


Figure N°07 : Filtre à double flux [13].

### IX.6.3. Filtration sur charbon actif biologique :

C'est le même principe de la filtration lente sur sable ; il fait appel à un film biologique. La seule différence c'est qu'il se fait sur un charbon actif [23].

### IX.6.4. L'intérêt de la filtration sur charbon actif :

Le charbon actif retient :

- les métaux lourds ayant échappé à la floculation-décantation ;
- les micropolluants organiques ;
- les bactéries, virus et mauvais goûts [13].

### IX.7. Filtration sur terre diatomée :

La terre diatomée est une roche qui se forme à partir de dépôts naturels de diatomite, ce sont des algues brunes unicellulaires ou microscopiques qui croissent dans les eaux douces ou salées, et dont leur membrane est entourée d'une couche siliceuse [4].

Dans le procédé de filtration à diatomées, l'eau traverse une mince couche de diatomées d'environ 3 mm d'épaisseur étendue sur un support ou un élément filtrant. Pour empêcher l'eau turbide de bloquer le filtre, on ajoute continuellement une petite quantité de diatomées comme nourrissage destiné à maintenir un gâteau de filtration perméable. Lorsque la perte de charge du gâteau devient trop importante ou que celui-ci commence à s'encrasser, on retire le filtre et on lave le gâteau pour le réutiliser. On applique ensuite une nouvelle pré-couche et le cycle reprend [42].

Il y a des recherches qui ont démontré que ce procédé de filtration permet une réduction de la turbidité de 56 à 78 % lorsque la turbidité des eaux non traitées variait de 0,95 à 2,5 NTU. Il élimine aussi très efficacement les kystes Giardia, une élimination qui peut aller jusqu'à 99,9 % à des vitesses de filtration de 2,4 à 9,6 m/h et à des températures de 3,5 à 15°C. Et autres recherches ont prouvé qu'avec une quantité suffisante de diatomées et de nourrissage, l'élimination de particules radioactives de 9 µm atteignait presque toujours 99,9 % ou plus [42].

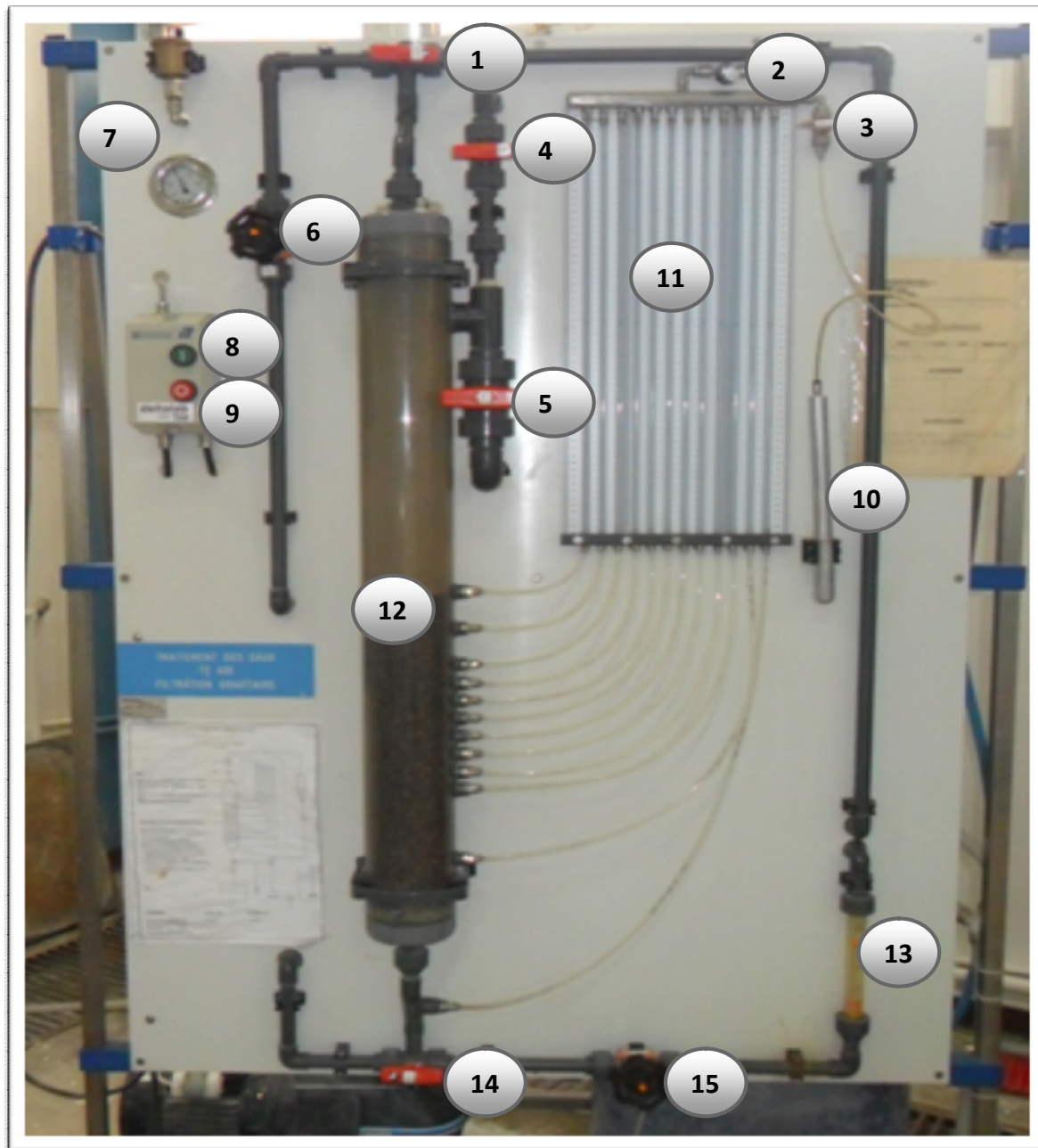
## **X. Conclusion:**

Dans ce chapitre nous avons entamé quelques détails sur les procédés de filtration, sur lesquels porte spécifiquement notre travail où on a décrit certains types et les différents paramètres influençant le bon fonctionnement de ces procédés [40].



## I. Présentation du banc d'essai :

Le pilote **TE 400** est un appareil envisagé pour l'étude de la filtration sur sable, l'expérimentation consiste à faire passer l'eau contenant des particules en suspension à travers un milieu poreux (une colonne de sable) où les particules ayant des diamètres supérieurs aux pores du sable, se déposent en permettant à l'eau d'être filtrée et d'être clarifiée (**figure N°I.1**) [43].



**Figure N°I.1:** pilote TE 400 de la filtration sur sable.

1 : VD<sub>1</sub>    2 : VA<sub>1</sub>    3 : VA<sub>2</sub>    4 : VA<sub>4</sub>    5 : VA<sub>3</sub>    6 : VR<sub>2</sub>    7 : Manomètre  
 8 : Marche    9 : Arrêt    10 : Pompe à vélo    11 : multitubes piézométriques  
 12 : Colonne de sable    13 : Débit mètre    14 : VD<sub>2</sub>    15 : VR<sub>1</sub> [4 3].

## II. Objectifs principaux de l'expérimentation :

Les objectifs principaux des expériences que nous avons menées se résument par les points suivants:

1. Etude granulométrique des deux sables utilisés dans la colonne de filtration;
2. Etude de la filtration gravitaire sur le premier sable on variant la quantité du sel et de la chaux ajouté à l'eau et le débit de filtration;
  - ✓ L'évolution des pertes de charges;
  - ✓ Analyse chimico-physique.
3. Etude de la filtration gravitaire sur le deuxième sable on variant cette fois la hauteur du lit de filtration mais en gardant le même débit et la même quantité du sel et de la chaux;
4. Etude de la filtration gravitaire d'une eau qui a les mêmes caractéristiques que celle de l'étude précédente mais qui a subi des traitements préalable de coagulation-floculation et décantation. Cette étude a été faite en deux parties:
  - ✓ Filtration sur sable après traitement de coagulation seulement;
  - ✓ Filtration sur sable après traitement de coagulation- décantation;

## III. Description technique de l'appareil (figure N°I.2):

### III.1. Construction et instrumentation du pilote TE 400:

Le pilote de filtration TE 400 est composé essentiellement de:

- Une cuve d'alimentation (1) en PVC transparent, cylindrique d'une capacité utile de 150 l avec une vanne de vidange de type à boisseau sphérique en PVC et joint d'étanchéité en viton, DN 10;
- Une colonne de filtration (2) en altuglas d'un diamètre intérieur de 100 mm et d'une hauteur de 1000 mm contenant le matériau filtrant qui est un sable grossier et deux grilles de supportage et d'arrêt de sable en laiton d'une maille de 0.5 mm;
- Deux robinets manuelle de réglage, un pour le réglage du débit d'entrée VR<sub>2</sub> et l'autre pour le réglage du débit de sortie ou filtrat VR<sub>1</sub>. Les deux vannes sont de type à membrane, en PVC et membrane en viton, DN 10;
- Charpente de supportage (3) en tube carrés en acier inoxydable 304 L;
- Multitubes piézométriques de mesure de la pression dans la colonne du filtre à différente hauteur (4), en altuglas, diamètre 8 mm, hauteur 500mm;



- Débitmètre à flotteur du circuit de sortie du filtrat de la colonne (5), en PVC transparent, DN 10; échelle variable de 20 à 200l/h avec une précision de plus ou moins 5%;
- Pompe d'alimentation de la suspension composée d'un corps et d'aubages (6) en PVC, d'un débit de 10 m<sup>3</sup> /h pour une pression de 7.5 m de colonne d'eau, moteur électrique monophasé, 220 v, 50 Hz, 207 A, un filtre à panier à l'aspiration de la pompe;
- Autres vannes à usages différents:
  - ✓ VA<sub>1</sub> : vanne manuelle d'isolation collecteur multi-manomètre;
  - ✓ VA<sub>2</sub> : vanne manuelle d'arrêt pompe à vélo multi-manomètre;
  - ✓ VA<sub>3</sub> : vanne manuelle d'arrêt retour bac alimentation;
  - ✓ VA<sub>4</sub> : vanne manuelle d'arrêt mise à l'atmosphère;
  - ✓ VD<sub>1</sub> : vanne manuelle de distribution haute filtre;
  - ✓ VD<sub>2</sub> : vanne manuelle de distribution basse filtre [43 ; 44].

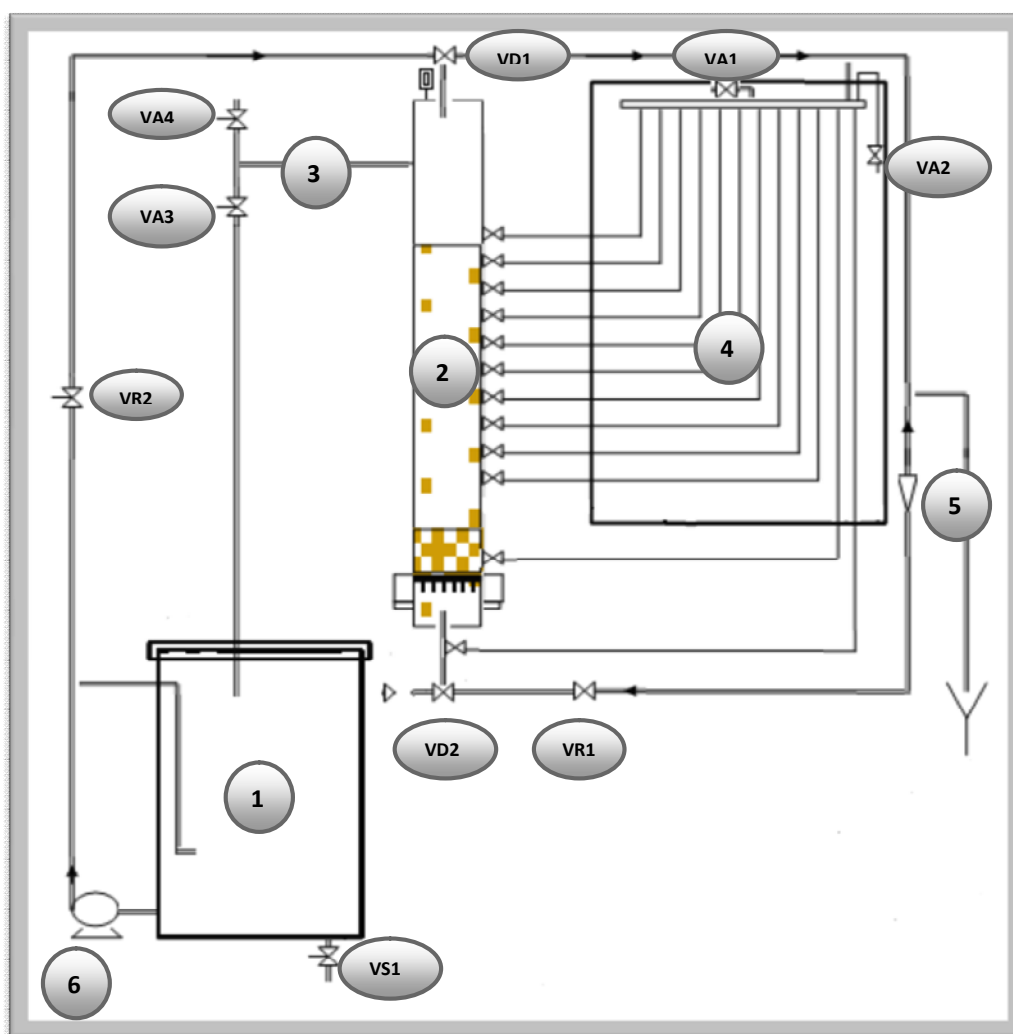


Figure N°I.2: structure du pilote de la filtration sur sable TE 400.

## III.2. Manipulation du pilote TE 400:

Tous les essais sont faits par le mode gravitaire.

### III.2.1. Filtration gravitaire :

Dans ce mode de manipulation nous procédons à l'évaluation de l'influence de l'hydroxyde de cuivre sur la couche filtrante qui est obtenu par l'association du  $\text{CuSO}_4$  et de la chaux  $\text{Ca(OH)}_2$ . Le mode opératoire se résume comme suit:

- ✓ Mettre en marche le pilot;
- ✓ Remplir la cuve d'alimentation de l'appareil jusqu'à un niveau de 100l;
- ✓ Préparer une solution à partir du sel et de la chaux pure, sèche et propre. Celle-ci ne doit pas présenter des produits solides en suspension de masse très importante;
- ✓ Mettre en marche la pompe d'alimentation;
- ✓ Introduire sous l'agitation la précédente suspension du sel et de la chaux;
- ✓ Maintenir l'agitation pendant 10 minutes;
- ✓ Laisser reposer la suspension pendant 5min minutes,
- ✓ Remettre en marche la pompe d'alimentation de la suspension, tout en s'assurant que la suspension est exempte de produits solides ayant des volumes très importants au risque de voir le filtre s'encrasser très rapidement.
- ✓ Positionner la vanne de distribution basse de la colonne de filtration VD2;
- ✓ Positionner la vanne de haut de la colonne de filtration VD1;
- ✓ Ouvrir la vanne d'isolation VA<sub>1</sub>.
- ✓ Fermer la vanne d'arrêt VA2.
- ✓ Ouvrir la vanne d'arrêt du retour VA3.
- ✓ Ouvrir la vanne d'arrêt de mise à l'atmosphère VA<sub>4</sub>.
- ✓ Le débit de filtration est réglé à 30,50 et à 70l/h.
- ✓ Noter toutes les 05 minutes les niveaux dans les tubes piézométriques, en maintenant tout au long de la manipulation (80 min), le même niveau d'eau dans la colonne de filtration à l'aide de la vanne de réglage VR2 et le même débit à l'aide de la vanne VR1;
- ✓ Preneur des échantillons du filtrat tous les 10 min pour faire les analyses physico-chimiques (TUR, SAL, pH, T).
- ✓ Lorsque le filtre commence à s'encrasser, il faudrait régler la vanne VR<sub>1</sub> de manière à maintenir le débit de soutirage du filtrat constant;

- ✓ Noter les niveaux dans les tubes piézométriques et le débit d'alimentation jusqu'à ce que le filtre soit complètement colmaté;
- ✓ Lorsque toutes les mesures ont été prises, la manipulation est finie, il convient donc d'arrêter le pilote et faire un lavage du filtre [44].

### III.2.2. Procédure générale de lavage :

Ces procédés se résument par:

- ✓ Fermer les vannes de réglage de sortie du filtrat VR1 et du débit d'alimentation des suspensions VR2;
- ✓ Arrêter la pompe d'alimentation de la suspension par son bouton «ARRET/MARCHE » sur la position « ARRET »;
- ✓ Vidanger la cuve d'alimentation de la suspension avec la vanne VS<sub>2</sub>;
- ✓ Fermer la vanne d'isolation du collecteur de prise de pression VA<sub>1</sub> de manière à empêcher le jaillissement de l'eau lors de la phase de lavage;
- ✓ Fermer la vanne d'arrêt de la pompe à vélo sur le collecteur de prises de pression VA<sub>2</sub>;
- ✓ Positionner la vanne de distribution basse de la colonne de filtration VD2 de manière à alimenter la colonne par le bas (L orienté à gauche);
- ✓ Positionner la vanne de distribution haute de la colonne de filtration VD1 de manière à évacuer l'eau de lavage par le haut (L orienté à droite);
- ✓ Fermer la vanne d'arrêt du retour de la suspension vers le bac d'alimentation VA3;
- ✓ Ouvrir la vanne d'alimentation générale d'eau de lavage de manière à alimenter la colonne;
- ✓ Vérifier que l'eau monte bien lentement dans les tubes de prise de pression de la colonne de filtration;
- ✓ Si les produits filtrés ne s'évacuent pas bien, il convient d'augmenter le débit d'alimentation d'eau de lavage du média filtrant;
- ✓ Lorsque le produit filtré a été éliminé, il convient de vidanger la colonne de filtration;
- ✓ Fermer la vanne d'alimentation générale d'eau de lavage;

- ✓ Positionner la vanne de distribution basse de la colonne de filtration VD2 de manière à éliminer le liquide contenu dans la colonne par le bas (L orienté à droite);
- ✓ Ouvrir la vanne d'isolation du collecteur de prises de pression VA1;
- ✓ Ouvrir la vanne de réglage de débit de sortie du filtrat VR1;
- ✓ Ouvrir la vanne d'arrêt de mise à l'atmosphère de la colonne de filtration VA4;
- ✓ Laisser vidanger la colonne par gravité;
- ✓ Laver la cuve d'alimentation de la suspension avec de l'eau propre afin d'éliminer toute trace de sel et de la chaux;
- ✓ Fermer la vanne de vidange de la cuve d'alimentation de la suspension VS2;
- ✓ Fermer la vanne de réglage de sortie du filtrat VR1;
- ✓ Fermer la vanne d'isolation du collecteur de prises de pression VA1;
- ✓ Fermer la vanne d'arrêt de mise à l'atmosphère de la colonne de filtration VA4;
- ✓ Positionner la vanne de distribution basse de la colonne de filtration VD2 de manière à alimenter la colonne par le bas (L orienté à gauche);
- ✓ Ouvrir la vanne d'alimentation générale d'eau de lavage de manière à alimenter la colonne;
- ✓ Vérifier que l'eau monte bien lentement dans les tubes de prise de pression de la colonne de filtration;
- ✓ Lorsque la colonne est à nouveau remplie d'eau propre, la colonne est prête pour une nouvelle manipulation;
- ✓ Fermer la vanne d'alimentation générale d'eau de lavage;
- ✓ Ouvrir la vanne d'arrêt du collecteur des prises de pression VA1 de manière à relier à l'air libre toutes ces prises de pression;
- ✓ Ouvrir la vanne d'arrêt de mise à l'atmosphère de la colonne de filtration VA4;
- ✓ Fermer la vanne d'arrêt du retour de la suspension vers le bac d'alimentation VA3;
- ✓ Positionner la vanne de distribution basse de la colonne de filtration VA2 de manière à éliminer le filtrat de la colonne par le bas (L orienté à droite);

- ✓ Positionner la vanne de distribution haute de la colonne de filtration VD1 de manière à alimenter la colonne par le haut (L orienté à gauche);
- ✓ Ouvrir la vanne d'arrêt de la pompe à vélo sur le collecteur de prises de pression VA2 [44].

#### **IV. Mode opératoire des appareils d'analyse physico-chimique:**

On se propose dans ce modeste travail de comparer les caractéristiques physico-chimiques de différents solutions (eau + sel + la chaux), avant et après filtration, en variant les concentrations de sel et de la chaux, les débits de filtration, les hauteurs du lit filtrant et en fin sans et avec un traitement préalable afin de mettre en évidence l'efficacité de traitement par filtration. Les différents paramètres mesurés sont : la turbidité TUR(NTU), salinité SAL ( $\mu\text{s/cm}$ ), pH et la température T ( $^{\circ}\text{C}$ ).

##### **IV.1. Mesure de la turbidité:**

La turbidité est un paramètre important pour qualifier la qualité de l'eau. Une eau turbide peut sembler presque opaque à la vue, mais laisse passer peu de lumière pour la faune et la flore aquatique. Les unités de mesure sont les UTN (unités de turbidité néphélométriques). Bien qu'aucun critère ne soit fixé, une valeur repère a été établie à 5 NTU [3].

##### **➤ Description de l'instrument:**

Le turbidimètre satisfait aux normes EPA régissant la mesure de la turbidité des eaux potables. Cet instrument est destiné au contrôle des eaux municipales. Des eaux utilisées dans la préparation d'aliments et de boissons et de toutes solutions aqueuses pour lesquelles un constata de limpidité est essentiel.

Le turbidimètre est un véritable néphélométrie qui permet de mesurer la quantité de lumière diffusée à angle droit par un faisceau lumineux traversant l'échantillon.

Les résultats sont directement exprimés en NTU (unité néphélométrique de turbidité) par affichage à cristaux liquides [3].



**Figure N°I.3:** le turbidimètre.

➤ *Les étapes d'analyse:*

1. L'échantillon est bien agité et une partie de ce dernier est transvidée dans un Vial.
2. Le Vial est placé dans le turbidimètre. Un faisceau de lumière est dirigé vers l'échantillon et la lumière diffuse est mesurée à 90°.
3. La valeur mesurée est directement donnée en NTU (unités de turbidité néphélométriques) [3].

#### **IV.2. Mesure de la salinité:**

La salinité se mesure par un conductimètre.

➤ *Description général de l'instrument:*

Le conductimètre HI 8033 est un instrument portable qui mesure la conductivité et la salinité des liquides. La conductivité et la salinité d'une solution dépend de la température; si la solution que l'on doit mesurer à une température différente, il est nécessaire d'effectuer une compensation tenant compte justement de l'effet thermique [3].



**Figure N°I.4:** Le conductimètre HI 8033.

➤ ***Etalonnage du conductimètre HI 8033:***

1. Verser la solution HI 7030 L dans un récipient de telle sorte à recouvrir les 4 orifices.
2. Mesurer la température de la solution et actionnez le bouton en bas à gauche afin que la flèche coïncide avec la température mesurée.
3. Sélectionner l'échelle "19990/ $\mu$ s".
4. Taper la sonde sur le fond du bécher et l'agitez en la faisant tourner afin de vérifier que des bulles d'air ne se soient pas formées à l'intérieur.
5. Agissez sur le bouton en bas à droite jusqu'à ce que l'indication "12.88 ms" apparaisse sur l'afficheur [3].

➤ ***Les étapes d'analyse :***

Après avoir étalonné l'instrument :

1. Mesurer la température de l'échantillon dont on veut déterminer la salinité.
2. Régler le bouton en bas à gauche sur la température du liquide à mesurer.
3. Plonger la sonde dans l'échantillon à mesurer, en prenant garde que des bulles d'air ne se soient pas formées à l'intérieur.
4. Si la conductivité est plus élevée que l'échelle sélectionnée, l'afficheur indiquera "L" sur le chiffre le plus à gauche tandis les autres chiffres resteront éteints; il faut alors passer à une échelle supérieure [3].

Dans notre cas c'était impossible de mesurer la conductivité et cela due aux grandes concentrations de sel qu'on a utilisé et qui dépasse tous les échelles de l'appareil. A cet effet on a mesuré seulement la salinité.

### IV.3. Mesure du pH:

Pour mesurer le pH, deux pH-mètres ont été utilisés. Après avoir perdu le premier pH-mètre lors d'un accident de laboratoire ont été obligé d'utiliser un autre pH-mètre.

➤ **Etalonnage de l'appareil:**

L'étalonnage se fait par une solution d'étalonnage d'un pH le plus proche du pH des solutions a analysé. Dans ce travail on a utilisé une solution d'étalonnage de pH= 7.

➤ **Les étapes d'analyse:**

✓ **Pour le premier pH mètre:**

1. Rincer plusieurs fois à l'eau distillée la sonde de mesure;
2. Introduire la sonde dans l'échantillon et la lecture sera faite après stabilisation de la valeur du pH.

✓ **Pour le deuxième pH mètre:**

On trempe tous simplement le pH mètres dans l'échantillon de mesure sans dépasser la ligne rouge et la lecture sera faite après stabilisation de la valeur du pH.



Figure N°I.5: Les pH mètres.

### IV.4. Mesure de la temperature:

Ce paramètre se mesure avec un simple thermomètre.



## I. Etude granulométrique des sables :

### I.1. But de l'étude :

Il s'agit de déterminer par l'analyse granulométrique la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différents grains constituant chaque échantillon de sable étudié. (Norme EN 933-1).

### I.2. Analyse granulométrique par tamisage :

#### I.2.1. Matériels utilisés et principes de base:

Une colonne de tamisage est composée d'une série de tamis empilés les uns sur les autres, par ordre croissant d'ouverture de maille (de bas en haut). Les ouvertures de ces tamis sont normalisées (Norme EN 933-1).

Un échantillon représentatif du sable à analyser est déposé sur le tamis supérieur (ex : 1 kg de sable), et l'ensemble des tamis est soumis à des secousses conduisant à la répartition des particules le long de la colonne de tamisage. Ces secousses se produisent à l'aide d'un tamiseur électrique. Chaque tamis divise les particules qui lui sont appliquées en deux fractions:

- *un refus* : qui correspondant aux particules retenues sur le tamis ;
- *un tamisât (ou "passant")*: qui correspondant aux particules appliquées au tamis inférieur.

A l'issue de l'agitation, les refus de chaque tamis sont recueillis et pesés avec soin.

Dans ce travail deux différentes granulométries du sable sont utilisés.

#### I.2.2. Mode opératoire :

1. Sécher d'abord l'échantillon (1Kg de sable) de manière progressive et à température d'environ 105°C pour ne pas faire éclater les grains et ne pas modifier la nature chimique de l'échantillon ;
2. Emboîter les tamis utilisés les uns sur les autres, les dimensions croissant de bas en haut. Mettre au-dessous un récipient à fond plein pour recueillir les éléments fins, et au-dessus un couvercle pour éviter la dispersion des poussières ;
3. Verser le sable sur le tamis supérieur, mettre le couvercle, et appliquer à l'ensemble une série de secousses à l'aide d'un tamiseur. Le granula sera ainsi réparti sur les différents tamis;

4. On pèse le refus de chaque tamis séparément et en suite on calcule les refus cumulés.  
On doit retrouver le poids pesé au départ, aux pertes près.
5. Noter tous les résultats trouvés dans un tableau.

### I.3. Analyse et interprétation des résultats :

#### I.3.1. Résultats trouvés :

Les résultats du tamisage des deux sables sont illustrés dans les tableaux suivant :

**Tableau N°I.3(1) : L'analyse granulométrique du 1<sup>er</sup> sable.**

Ouverture des tamis (mm)	Masse des refus $m_i$ (g)	Masse des refus cumulés $M_c$ (g)	Pourcentage des refus cumulés $Pr=(M_c/ M) 100$ (%)	Pourcentage des tamisats cumulés $Pt=(100-Pr )$ (%)
2.5	0	0	0	100
2	260,6	260,6	26,06	73,94
1.6	272,4	533	53.3	46.7
1.25	428.8	961.8	96.18	3.82
1	23,2	985	98,5	1,5
0.8	7	992	99.2	0.8
0.63	5.6	997.6	99.76	0.24

**Tableau N° I.3(2): L'analyse granulométrique du 2<sup>ème</sup> sable.**

Ouverture des tamis (mm)	Masse des refus $m_i$ (g)	Masse des refus cumulés $M_c$ (g)	Pourcentage des refus cumulés $Pr=(M_c/ M) 100$ (%)	Pourcentage des tamisats cumulés $Pt=100-Pr$ (%)
2	0	0	0	100
1.6	369.2	369.2	36.92	63.08
1.25	235.6	604	60.4	39.52
1	328.4	933.2	93.32	6.68
0.8	42.2	975.4	97.54	2.46
0.63	20.6	996	99.6	0.4
0.5	1.6	997.6	99.76	0.24

#### I.3.2. Exploitation des résultats:

L'exploitation des résultats des deux échantillons de sable est faite sous la forme de courbes (voir annexe), les quelles sont tracées en portant :

- **En abscisse** : les ouvertures nominales (mailles) des tamis employés pour l'analyse.
- **En ordonnée** : les tamisats cumulés, exprimés en pourcentages %.

La courbe des tamis cumulés, appelée encore courbe granulométrique permet de déterminer deux paramètres fondamentaux dans la caractérisation granulométrique des matériaux filtrants, soit :

➤ **La taille effective :**

La taille effective, exprimée en mm et notée  $D_{10}$ , correspond à l'ouverture de maille laissant passer 10 % en poids de l'échantillon soumis à l'analyse.

D'après les courbes granulométriques :

- $D_{10}$  du 1<sup>er</sup> sable = **1.343 mm**
- $D_{10}$  du 2<sup>ème</sup> sable = **1.066 mm**

➤ **Le coefficient d'uniformité :**

C'est un nombre sans dimension, est égal au quotient de la diversité 60 % par la taille effective.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Ce coefficient donne une indication sur l'homogénéité granulométrique de la masse filtrante. La diversité 60 %, exprimée en mm est donnée par l'ouverture de maille laissant passer 60 % en poids de l'échantillon soumis à l'analyse :

- $D_{60}$  du 1<sup>er</sup> sable = **1.786 mm**
- $D_{60}$  du 2<sup>ème</sup> sable = **1.53 mm**

Donc les coefficients d'uniformités des deux sables sont :

✓ Pour le 1<sup>er</sup> sable :

$$C_{u1} = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 1,829$$

✓ Pour le 2<sup>ème</sup> sable :

$$C_{u2} = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 1,435$$

## II. Etude des pertes de charges :

Dans cette partie on a étudié les pertes de charges dans un filtre à vide et les pertes de charges selon le temps et selon l'épaisseur du sable après la filtration de plusieurs solutions en variant la concentration de la chaux et du sel.

### II.1. Pertes de charges selon l'épaisseur du filtre à vide et les débits de filtration:

Cette étape est une étude des pertes de charge dans un filtre propre en fonction de l'épaisseur du sable et pour différents débits. Deux types de sable sont utilisés.

**L** : l'épaisseur du sable dans la colonne de filtration (cm) ;

**$\Delta H$**  : pertes de charge (cm.c.e) ;

**Q** : débit (l/h) ;

**N°** : numéro des piézomètres

#### II.1.1. Le 1<sup>er</sup> sable:

C'est un sable d'une forme anguleuse et d'un diamètre D entre 0.63 et 2mm.

**Tableau N°II.1.(1):** les pertes de charge selon l'épaisseur du 1<sup>er</sup> sable (filtre à vide).

pertes de charge selon l'épaisseur du 1 <sup>er</sup> sable (filtre à vide)								
N°	L (cm)	Q = 30 (l/h)	Q = 40 (l/h)	Q = 50 (l/h)	Q = 60 (l/h)	Q = 70 (l/h)	Q = 80 (l/h)	Q = 90 (l/h)
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7
3	10	1,1	1,5	1,9	2,4	2,8	3,4	4
4	12,5	1,4	1,9	2,5	3	3,5	4,2	5
5	15	1,6	2,1	2,9	3,5	4	4,9	5,7
6	17,5	2	2,6	3,2	4	4,7	5,7	6,7
7	20	2,2	2,8	3,6	4,5	5,2	6,3	7,3
8	22,5	2,3	3,1	4	4,9	5,7	6,9	8
9	25	2,5	3,5	4,4	5,4	6,4	7,5	8,5
10	27,5	2,7	3,7	4,8	5,8	6,9	8	9,4
11	38,5	3,5	4,8	6,1	7,5	8,9	10,5	12
12	63	4	5,5	7,1	8,9	10,5	12,1	14,5

II.1.2. Le 2ème sable:

C'est un sable d'une forme arrondie et d'un diamètre D entre 0.5 et 1.6 mm.

Tableau N° II.1.(2): les pertes de charges selon l'épaisseur du 2<sup>ème</sup> sable (filtre à vide).

Pertes de charges selon l'épaisseur du 2 <sup>ème</sup> sable (filtre à vide)								
N°	L (cm)	Q = 30 (l/h)	Q = 40 (l/h)	Q = 50 (l/h)	Q = 60 (l/h)	Q = 70 (l/h)	Q = 80 (l/h)	Q = 90 (l/h)
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	1,1	1,4	1,7	1,9	2,3	2,7	3
3	10	1,8	2,5	3	3,3	4	4,5	5
4	12,5	2,2	2,7	3,5	4	4,7	5,4	6
5	15	2,5	3,1	4	4,7	5,5	6,3	7
6	17,5	2,8	3,6	4,5	5,4	6,4	7,2	8
7	20	3	4	5	5,9	7	8	9
8	22,5	3,4	4,5	5,5	6,6	7,7	9	10
9	25	3,7	4,7	6,1	7,1	8,5	10	10,9
10	27,5	3,9	5,1	6,6	7,8	9,2	10,7	12
11	38,5	5	6,5	8,5	10	11,7	13,7	15,4
12	63	6,1	8	10,5	12,5	14,5	17	18,8

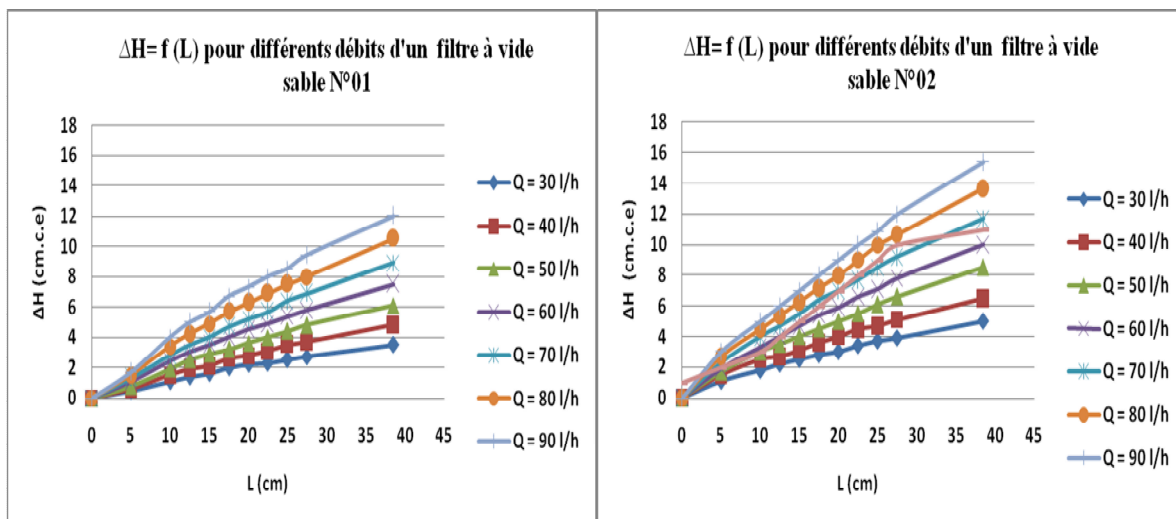


Figure N° II.1.(1): pertes de charges selon le débit et l'épaisseur du filtre pour le 1<sup>er</sup> sable.

Figure N° II.1.(2): pertes de charges selon le débit et l'épaisseur du filtre pour le 2<sup>ème</sup> sable.

- A partir de la figure N° II.1.(1) on peut dire que la croissance des pertes de charges dans un filtre à vide est linéaire selon l'épaisseur du sable et que plus le débit augmente plus ces pertes charges augmentent. Ces pertes sont des pertes linéaires et qui sont due au frottement entre l'eau et les particules de sable et la colonne de filtration elle même.
- En plus de ce qui a été dit pour la figure N° II.1.(1) et à partir de la figure N° II.1.(2) on constate que la granulométrie du sable a une influence sur les pertes de charges.

**II.1.3. Comparaison des pertes de charge des deux sables :**

➤ **Pour Q = 50 l/h :**

Comparaison des pertes de charges des deux sables au niveau de toutes les prises de pressions en gardant le même débit 50l/h.

**Tableau N° II.1.(3):** pertes de charges selon l'épaisseur des deux granulométries du sable pour un débit de 50 l/h.

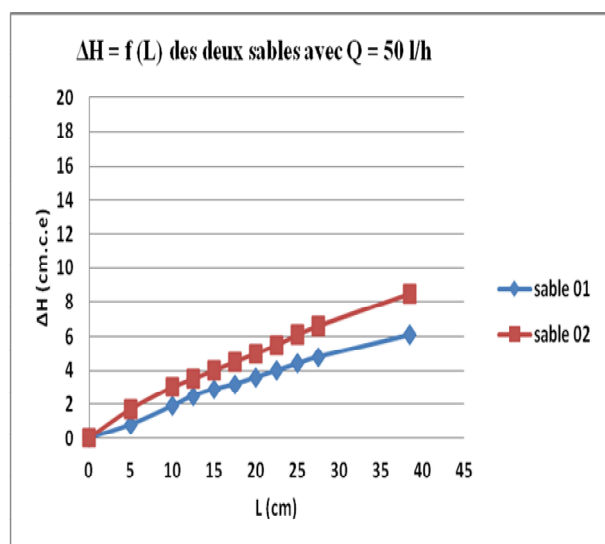
N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>L (cm)</b>	0	5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	38.5
<b>Sable 01</b>	0	0.8	1.9	2.5	2.9	3.2	3.6	4	4.4	4.8	6.1
<b>Sable 02</b>	0	1.7	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6.1	6.6	8.5

➤ **pour Q = 90 l/h :**

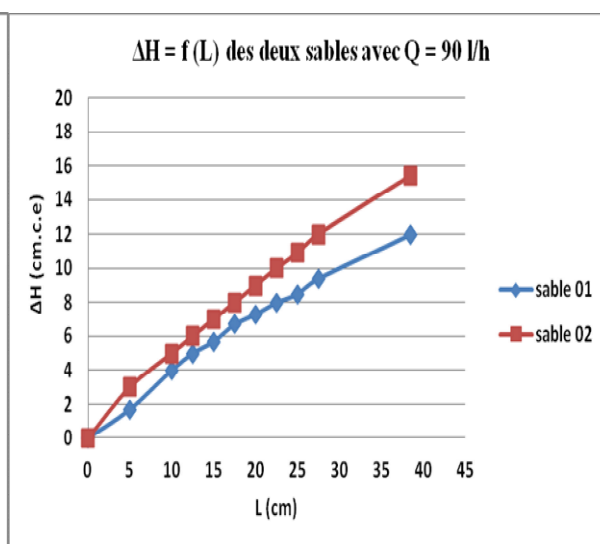
Comparaison des pertes de charges des deux sables au niveau de toutes les prises de pressions en gardant le même débit 90l/h.

**Tableau N° II.1.(4):** pertes de charges selon l'épaisseur des deux granulométries du sable pour un débit de 90 l/h.

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>L (cm)</b>	0	5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	38.5
<b>Sable 01</b>	0	1.7	4	5	5.7	6.7	7.3	8	8.5	9.4	12
<b>Sable 02</b>	0	3	5	6	7	8	9	10	10.9	12	15.4



**Figure N° II.1.(3):** pertes de charges selon l'épaisseur et la granulométrie du sable pour un débit de 50 l/h.



**Figure N° II.1.(4):** pertes de charges selon l'épaisseur et la granulométrie du sable pour un débit de 90 l/h.

- A partir des figures N° II.1.(2 , 3 , 4) on peut voir en plus, de ce qu'on a constaté de la figure N° II.1.(1), que les pertes de charges dans le filtre à vide constitué du 2<sup>ème</sup> sable qui a une granulométrie plus faible que le premier sable, sont plus importantes que celles obtenues avec ce dernier. Donc les pertes de charges sont inversement proportionnelles avec la granulométrie et donc avec la perméabilité du milieu filtrant. Ces pertes de charges sont des pertes linéaires et qui sont due au frottement entre l'eau et les particules de sable et la colonne de filtration elle même. On peut expliquer cette augmentation comme suite : une faible granulométrie implique des pores de très faible diamètre se qui fait augmenter les vitesses d'écoulement de l'eau à travers ces pores où il devient turbulent. Cette augmentation de vitesse explique l'augmentation des pertes de charges. Il faut citer aussi que la forme des grains de sable a une grande influence sur la filtration. Plus les grains de sables sont bien arrondies plus leur déposition l'une sur l'autre serra meilleur et par conséquent, des vides de faible dimension et des pertes de charges plus importantes.

Donc comme résultat final de cette partie, on peut dire que les pertes de charges dans un filtre à sable vierge s'influence par plusieurs paramètres :

- **L'épaisseur du milieu filtrant L(m):** Les pertes de charges sont linéaires selon l'épaisseur du sable, où plus l'épaisseur du sable augmente plus ces pertes augmentent ;
- **Le débit de filtration Q (m<sup>3</sup>/s):** Les pertes de charges sont directement proportionnelles selon le débit et donc selon la vitesse **V (m/s)** d'écoulement et même la section **S (m<sup>2</sup>)**

$$Q = V.S$$

- **La granulométrie et la forme des grains:** Les pertes de charges  $\Delta H$  (cm.c.e) sont influencées par la taille et la forme des grains et donc par la porosité et la perméabilité du milieu filtrant, où plus la taille des grains est faible plus le coefficient de perméabilité **K (m/s)** est faible et plus les pertes deviennent plus importantes.

$$\Delta H = \frac{Q.L}{K.S}$$



## II.2. Pertes de charges selon le temps dans un filtre non vierge:

Dans cette partie on a étudié la variation des pertes de charges selon le temps en plusieurs points du filtre pour plusieurs solutions qui se varient selon la quantité de la chaux ajouté à l'eau et cela pour différents débit et une seule concentration de sel  $C_S = 1\text{g/l}$ .

**Cc** : concentration de la chaux (g/l)

**Cs** : concentration de sel (g/l).

**L** : l'épaisseur du sable dans la colonne de filtration (cm) ;

**t** : l'instant de prise de mesure des pertes de charge au niveau du filtre (min) ;

**Q** : débit (l/h).

**$\Delta H$** : pertes de charges (cm.c.e).

### II.2.1. L'influence de la variation du débit et la concentration de la chaux :

#### II.2.1.1. Pour une concentration de la chaux de $C_c = 1\text{g/l}$ :

➤ Pour  $Q = 30\text{l/h}$  :

**Tableau N° II.2.(1):** pertes de charges selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et  $Q=30\text{l/h}$ ) au niveau de la colonne de filtration.

pertes de charges pour (1 g de sel + 1 g de la chaux) et $Q = 30\text{l/h}$																		
N°	L (cm)	t=0 (min)	t=5 (min)	t=10 (min)	t=15 (min)	t=20 (min)	t=25 (min)	t=30 (min)	t=35 (min)	t=40 (min)	t=45 (min)	t=50 (min)	t=55 (min)	t=60 (min)	t=65 (min)	t=70 (min)	t=75 (min)	t=80 (min)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	0,9	1,2	1,5	1,7	2	2,1	2,5	2,7	3	3,3	3,7	4,3	4,6	5,4	5,8	6,1	6,7
3	10	1,5	1,8	2,5	2,8	3	3,2	3,6	3,8	4,5	5	5,5	6	6,3	7,2	7,7	8,2	9
4	12,5	2	2,7	3	3,5	3,6	4	4,2	4,4	5,1	5,5	6	6,7	6,8	7,8	8,6	8,8	9,5
5	15	2,2	3,2	3,6	3,9	4	4,6	4,8	5,2	5,8	6,3	6,8	7,5	7,8	9	9,7	9,9	10,8
6	17,5	2,5	3,3	3,9	4,2	4,6	4,9	5,1	5,6	6,2	6,9	7,4	8,3	8,6	9,6	10,2	10,5	11,5
7	20	2,9	4,3	4,5	4,7	5	5,2	5,6	6,2	6,9	7,4	7,8	8,4	9	10	10,6	11,1	12
8	22,5	3,1	4,6	4,8	5	5,4	5,5	6,1	6,5	7,2	7,7	8,3	9,3	9,7	10,5	11,2	11,4	12,5
9	25	3,5	4,8	5,1	5,3	5,5	5,7	6,3	6,7	7,3	8,2	9,1	9,8	10	11	11,7	12	13
10	27,5	4	5,1	5,3	5,6	5,9	6,1	6,7	6,9	7,5	8,4	9,5	10,2	10,5	11,5	12,2	12,6	13,5
11	38,5	4,5	5,4	6	6,5	7	7,4	7,7	8,3	8,8	9,2	9,8	10,6	10,9	12	12,7	13,1	13,8
12	63	4,8	6,1	6,8	7,3	7,9	8,7	8,9	9,5	10,1	10,5	11,7	12	12,5	13,5	13,9	14,4	15,3

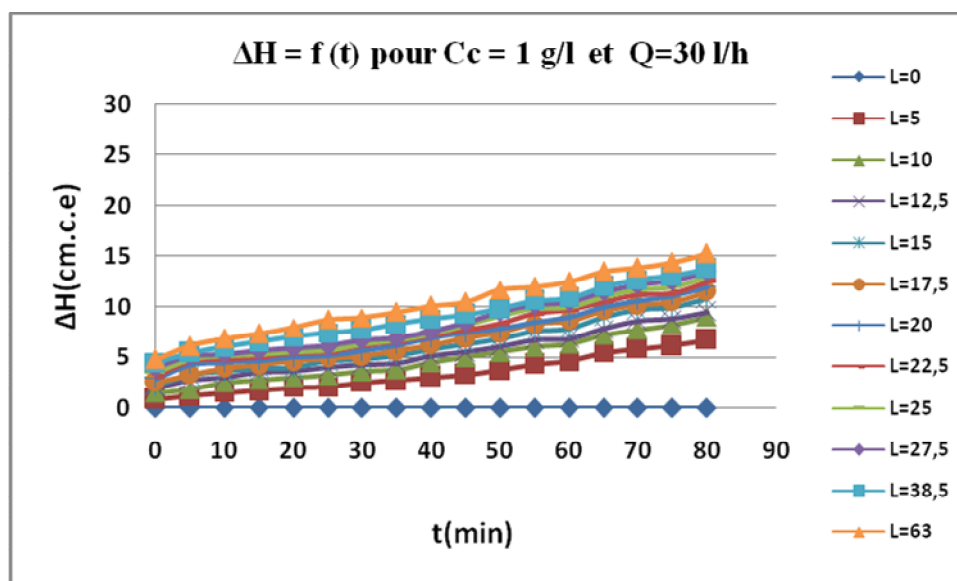


Figure N° II.2.(1): pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=30l/h) au niveau de la colonne de filtration.

➤ Pour  $Q= 50\text{l/h}$  :

Tableau N° II.2.(2): pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=50l/h) au niveau de la colonne de filtration.

pertes de charges pour (1 g de sel + 1 g de la chaux) et Q=50 l/h																		
N	L (cm)	t=0 (min)	t=5 (min)	t=10 (min)	t=15 (min)	t=20 (min)	t=25 (min)	t=30 (min)	t=35 (min)	t=40 (min)	t=45 (min)	t=50 (min)	t=55 (min)	t=60 (min)	t=65 (min)	t=70 (min)	t=75 (min)	t=80 (min)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	1,1	1,5	1,7	2,8	2,9	3	3,5	4	4,5	5	5,6	6	7	7,7	8,1	9	9,7
3	10	2,2	2,7	2,9	3,7	4,5	4,6	5,5	6,3	7,1	7,8	8,9	9,4	10,7	11,7	12,3	14	14,6
4	12,5	2,6	3,3	3,5	4,2	5,2	5,4	5,7	7,1	7,9	8,7	9,9	10,1	12	13	13,7	15,5	16,5
5	15	3	4	4,2	4,9	5,9	6	7	7,8	8,7	9,7	10,4	11	13	14,1	14,9	16,6	17,7
6	17,5	3,5	4,5	4,8	5,5	6,4	6,6	7,7	8,5	9,5	10,5	11,7	11,8	13,8	15	15,9	17,6	18,7
7	20	3,7	5	5,3	5,9	6,9	7,1	8,4	9,2	10,1	11,2	12,4	12,5	14,5	15,7	16,7	18,5	19,7
8	22,5	4	5,5	5,8	6,5	7,5	7,7	9	9,8	10,7	11,9	13,2	13,2	15,3	16,5	17,5	19,2	20,6
9	25	4,5	6	6,3	7	8	8,2	9,5	10,4	11,3	12,4	13,7	13,9	15,9	17,1	18,1	19,8	21,4
10	27,5	4,7	6,4	6,7	7,5	8,5	8,8	9,9	10,9	11,9	13	14,2	14,6	16,5	17,7	18,5	20,5	21,9
11	38,5	5,8	7,7	8,3	9	10,1	10,5	11,7	12,6	13,5	14,6	16	16,3	18,3	19,5	20,5	22,2	23,7
12	63	6,7	9	9,5	4	11,4	11,5	12,9	14	14,8	16	17,3	17,5	19,7	20,8	20,8	23	24,6

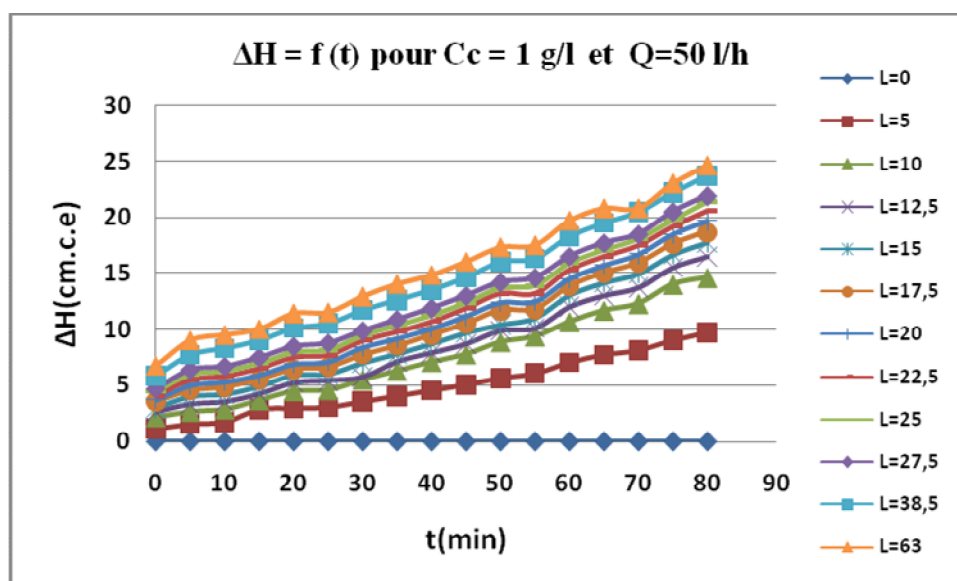


Figure N° II.2.(2): pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=50l/h) au niveau de la colonne de filtration.

➤ Pour  $Q= 70\text{l/h}$  :

Tableau N° II.2.(3): pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=70l/h) au niveau de la colonne de filtration.

pertes de charges pour (1 g de sel + 1 g de la chaux) et Q= 70l/h											
N	L (cm)	t=0 (min)	t=5 (min)	t=10 (min)	t=15 (min)	t=20 (min)	t=25 (min)	t=30 (min)	t=35 (min)	t=40 (min)	t=45 (min)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	1,6	2	2,6	3	3,4	3,8	4,4	5	5,7	6,5
3	10	3,1	3,7	4,5	5,2	5,5	5,9	6,5	7	7,4	8,5
4	12,5	3,8	4,5	5,1	5,9	6,4	6,9	7,5	7,7	8,3	9,4
5	15	4,5	5	5,9	6,5	7	7,4	8	8,6	9,1	10,1
6	17,5	5,1	5,7	6,4	7,1	7,6	8	8,8	9,6	9,7	11
7	20	5,8	6,2	7	7,6	8,2	8,7	9,5	10,1	10,7	11,6
8	22,5	6,5	7	7,6	8,5	8,8	9,5	10,1	10,8	11	12,2
9	25	7	7,5	8	8,9	9,5	10	10,6	11,5	12	13
10	27,5	7,5	7,9	8,7	9,6	10,1	10,7	11,4	12,4	12,8	13,8
11	38,5	9	9,6	10,4	11,4	12	12,6	13	13,5	14,1	15,1
12	63	10,5	11,2	12	12,9	13,5	14,2	14,6	15,4	16	16,9

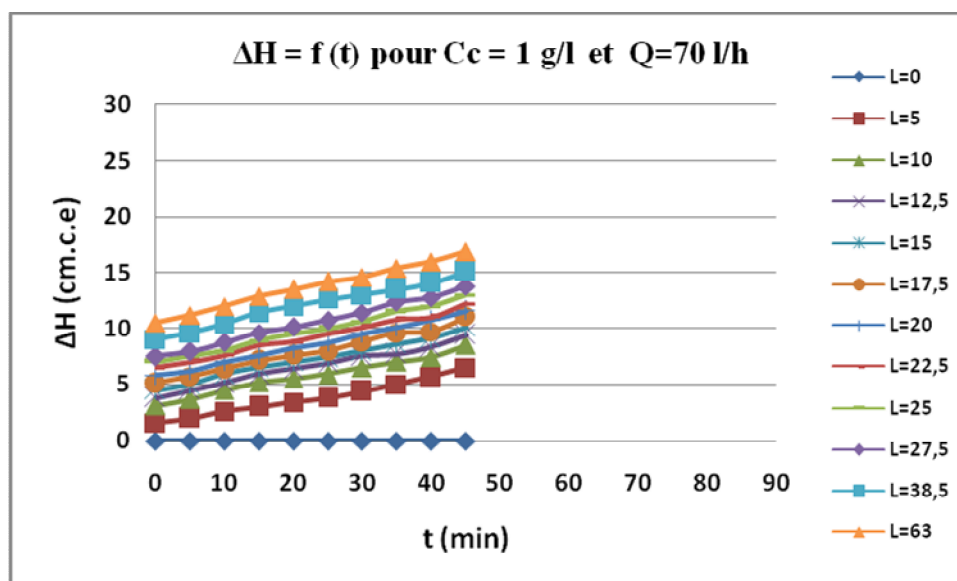


Figure N° II.2.(3): pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et Q=70l/h) au niveau de la colonne de filtration.

**Remarque :**

À 45 min on a obtenu une ouverture totale de la vanne VR1 avec un débit de Q=63 l/h qui continue a diminué jusqu'à ce qu'il s'annule avec une diminution très rapide du niveau d'eau dans la colonne de filtration. Cette ouverture rapide de la vanne de réglage du débit de sortit du filtrat VR1 s'explique par un colmatage rapide du filtre.

**II.2.1.2. Pour une concentration de la chaux de  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$  :**

➤ Pour  $Q = 30 \text{ l/h}$  :

Tableau N° II.2.(4): pertes de charge selon le temps (1g de sel+1.5g de la chaux et Q=30l/h) au niveau de la colonne de filtration.

pertes de charges pour (1 g de sel + 1.5 g de la chaux) et Q= 30l/h																		
N	L (cm)	t=0 (min)	t=5 (min)	t=10 (min)	t=15 (min)	t=20 (min)	t=25 (min)	t=30 (min)	t=35 (min)	t=40 (min)	t=45 (min)	t=50 (min)	t=55 (min)	t=60 (min)	t=65 (min)	t=70 (min)	t=75 (min)	t=80 (min)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	0,8	1	1,2	1,4	1,8	2	2,5	2,7	3,4	3,6	4	4,5	5	5,5	6	6,4	7
3	10	1,6	1,8	1,9	2,9	3,4	4	4,5	4,8	5,9	6,2	7	8	8,5	9,5	10,5	11	12,1
4	12,5	2	2,2	2,7	3,5	4	4,9	5,2	5,7	6,8	7,1	7,8	8,1	9,5	10,5	11,8	12,5	13,5
5	15	2,4	2,6	2,9	4	4,5	5,2	5,8	6,5	7,5	7,9	8,5	9,9	10,5	11,5	12,9	13,5	14,5
6	17,5	2,6	3	3,5	4,5	5	5,8	6,4	7	8	8,5	9	10,5	11,2	12,5	13,5	14,1	15,5
7	20	3	3,5	4	5	5,6	6,2	6,9	7,6	8,6	9	9,6	11,1	11,8	13	14,2	14,9	16,1
8	22,5	3,4	3,9	4,4	5,5	6	7	7,4	8,1	9,1	9,7	10,1	11,7	12,5	13,5	14,9	15,5	16,8
9	25	3,5	4,1	4,6	6	6,5	7,2	7,9	8,7	9,6	10	10,6	12,3	13	14,1	15,5	16	17,5
10	27,5	3,8	4,5	5,6	6,4	7	7,8	8,3	9,1	10,1	10,5	11,1	12,8	13,5	14,7	16	16,5	18
11	38,5	4,7	5,7	6,7	7,8	8,5	9,4	9,8	10,8	11,9	12,4	12,7	14,5	15,4	16,5	18	18,5	20
12	63	6	7,2	8,3	9,4	10,1	11	11,7	12,6	13,8	14,2	14,5	16,4	17,3	18,4	20	20,5	22,5

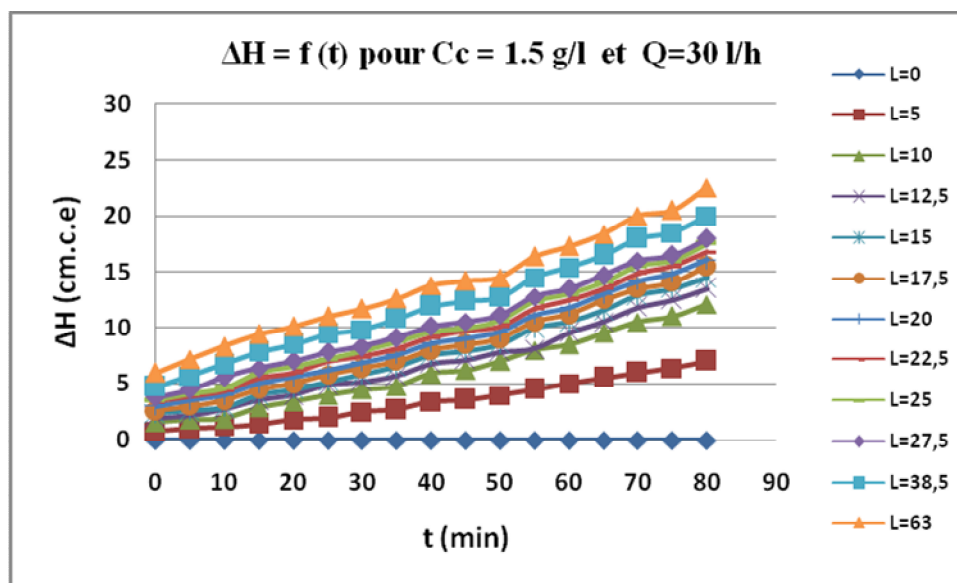


Figure N° II.2.(4): pertes de charge selon le temps (1g de sel+1.5g de la chaux et Q=30l/h) au niveau de la colonne de filtration.

➤ Pour Q= 50l/h :

Tableau N° II.2.(5): pertes de charge selon le temps (1g de sel+1.5g de la chaux et Q=50l/h) au niveau de la colonne de filtration.

pertes de charges pour (1 g de sel + 1.5 g de la chaux) et Q= 50l/h																
N	L (cm)	t=0 (min)	t=5 (min)	t=10 (min)	t=15 (min)	t=20 (min)	t=25 (min)	t=30 (min)	t=35 (min)	t=40 (min)	t=45 (min)	t=50 (min)	t=55 (min)	t=60 (min)	t=65 (min)	t=70 (min)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	1,2	1,7	2,2	2,5	2,9	3	3,2	3,9	4,2	4,5	5,1	5,5	5,9	6,4	6,8
3	10	2,5	3,2	4	4,2	5	5,2	5,8	6,7	7,6	8	8,9	9,5	10,4	10,7	11,6
4	12,5	3	4	4,7	5	5,9	6,1	6,7	7,9	8,9	9,3	10,2	11	11,9	12,8	13,5
5	15	3,5	4,5	5,2	5,6	6,6	6,8	7,7	8,8	9,9	10,5	11,5	12,2	13,3	14,1	15
6	17,5	4	5	5,9	6,2	7,3	7,4	8,4	9,5	10,7	11,4	12,5	13,5	14,5	14,5	16,4
7	20	4,5	5,5	6,4	6,8	8	8,1	9	10,4	11,5	12,2	13,4	14,3	15,5	16,4	17,5
8	22,5	4,8	6	7	7,5	8,5	8,7	9,6	11	12,4	13	14,1	15	16,4	18,3	18,4
9	25	5,5	6,5	7,5	8	9,2	9,5	10,3	12	13,3	13,8	15	16	17,1	18,5	19,3
10	27,5	5,8	7	8	9,5	9,8	10	10,8	12,5	13,6	14,5	15,7	16,5	18	19	20
11	38,5	7,2	8,6	9,7	10,2	11	12	12,7	14,5	15,9	16,5	17,9	18,7	20,1	22	22,2
12	63	8,3	9,8	11,1	11,5	12,4	13,3	14	15,8	17,4	18	19,3	20,1	21,5	22,5	23,5
													Q=49 l/h	Q=45 l/h	Q=42 l/h	Q=35 l/h

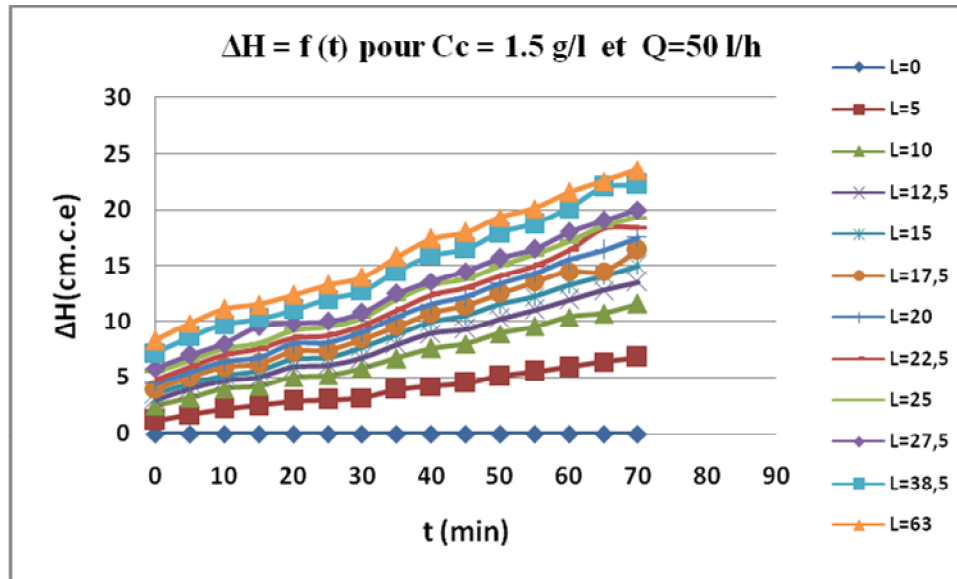


Figure N° II.2.(5): pertes de charge selon le temps (1g de sel+1.5g de la chaux et Q=50l/h) au niveau de la colonne de filtration.

**Remarque :**

Après l'écoulement de 55 min on a obtenu une ouverture totale de la vanne VR1 et donc une diminution du débit avec le temps. Le niveau d'eau est stabilisé avec la vanne d'alimentation VR2 jusqu'à l'obtention d'une ouverture totale à un t=70 min. Cette diminution du débit est due au colmatage du filtre.

➤ Pour  $Q=70\text{l/h}$  :

Tableau N° II.2.(6): pertes de charge selon le temps (1g de sel+1.5g de la chaux et  $Q=70\text{l/h}$ ) au niveau de la colonne de filtration.

pertes de charges pour (1 g de sel + 1.5 g de la chaux) et $Q=70\text{l/h}$									
N	L (cm)	t=0 (min)	t=5 (min)	t=10 (min)	t=15 (min)	t=20 (min)	t=25 (min)	t=30 (min)	t=35 (min)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	1,6	2,2	3	3,6	4,2	4,7	5,7	7
3	10	3,3	3,9	4,8	5,7	6,2	6,8	7,6	8,3
4	12,5	4	4,7	5,4	6,4	7,1	7,8	8,6	9
5	15	4,8	5,2	6,4	7	7,6	8,2	9	9,8
6	17,5	5,3	5,9	6,8	7,7	8,3	8,9	9,9	10,9
7	20	6	6,5	7,5	8,2	9	9,7	10,7	11,5
8	22,5	6,5	7,2	8	9,1	9,6	10,5	11,4	12,3
9	25	7,3	8	8,7	9,8	10,6	11,3	12,1	13,2
10	27,5	8	8,7	9,7	10,9	11,6	12,4	13,3	14,5
11	38,5	9,5	10,6	11,7	12,8	13,6	14,4	15	15,8
12	63	11,2	12,3	13,4	14,4	15,2	16	16,6	17,6

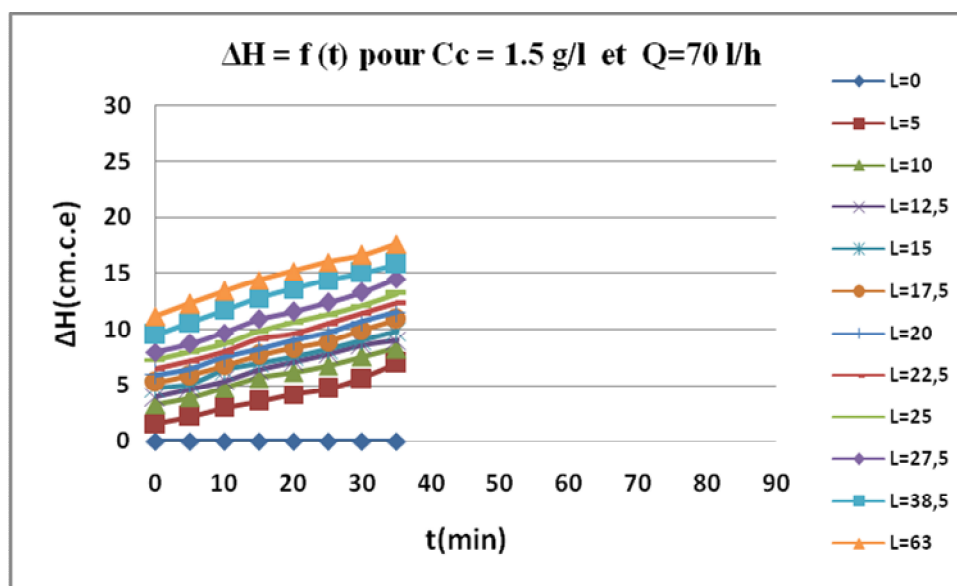


Figure N° II.2.(6): pertes de charge selon le temps (1g de sel+1.5g de la chaux et  $Q=70\text{l/h}$ ) au niveau de la colonne de filtration.

**Remarque :**

À 35 min on a obtenu une ouverture totale de la vanne VR1 avec un débit de  $Q=57$  l/h qui continue a diminué jusqu'à ce qu'il s'annule avec une diminution très rapide du niveau d'eau dans la colonne de filtration. Cette ouverture rapide de la vanne de réglage du débit de sortit du filtrat s'explique par un colmatage rapide du filtre.

**II.2.1.3. Pour une concentration de la chaux de  $C_c= 2$  g/l :**

➤ Pour  $Q= 30$ l/h :

**Tableau N° II.2.(7):** pertes de charge selon le temps (1g de sel+2g de la chaux et  $Q=30$ l/h) au niveau de la colonne de filtration.

pertes de charges pour (1 g de sel + 2 g de la chaux) et $Q= 30$ l/h																		
N	L (cm)	t=0 (min)	t=5 (min)	t=10 (min)	t=15 (min)	t=20 (min)	t=25 (min)	t=30 (min)	t=35 (min)	t=40 (min)	t=45 (min)	t=50 (min)	t=55 (min)	t=60 (min)	t=65 (min)	t=70 (min)	t=75 (min)	t=80 (min)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	1,5	1,8	2,2	2,5	3	3,4	3,7	4	4,5	5	5,5	6	6,4	6,8	7,5	8,1	8,8
3	10	2,3	2,9	3,4	4	4,5	5,1	5,5	6	6,5	7,1	8	8,9	9,5	10,7	11,7	12,8	14,1
4	12,5	2,7	3,3	4	4,5	5	5,7	6	6,8	7,2	7,8	8,7	10	10,5	11,7	12,9	14	15,2
5	15	3,2	4	4,5	5,1	5,8	6,2	6,5	7,5	8	8,4	9,4	10,5	11,1	12,4	13,5	14,7	16
6	17,5	3,5	4,5	5,1	5,7	6,1	6,6	7,2	8	8,5	9,1	9,8	10,9	11,8	13,1	14	15,2	16,5
7	20	3,9	4,8	5,5	6,3	6,5	7	7,6	8,5	8,8	9,5	10,3	11,5	12,5	13,7	14,6	16	17,5
8	22,5	4,1	5	5,9	6,6	7	7,5	8	9	9,2	9,8	10,6	12,3	13	14,2	15,2	16,5	18,3
9	25	4,3	5,5	6,1	7	7,5	7,8	8,5	9,4	9,6	10,2	11,1	12,8	13,7	14,6	15,7	17	18,6
10	27,5	4,5	6	6,5	7,2	7,7	8,3	9,1	9,6	9,7	11	12,1	13,5	14,7	15,4	16,2	17,5	19,6
11	38,5	5,6	7	7,6	8,2	8,8	9,4	10,2	10,9	11,7	12,8	13,9	15,4	16,6	17,8	18,6	20	21,6
12	63	7	8,6	9,2	10,2	10,4	11,1	11,8	12,7	13,4	14,6	15,9	17,5	18,8	19,8	20,7	22,4	24,3



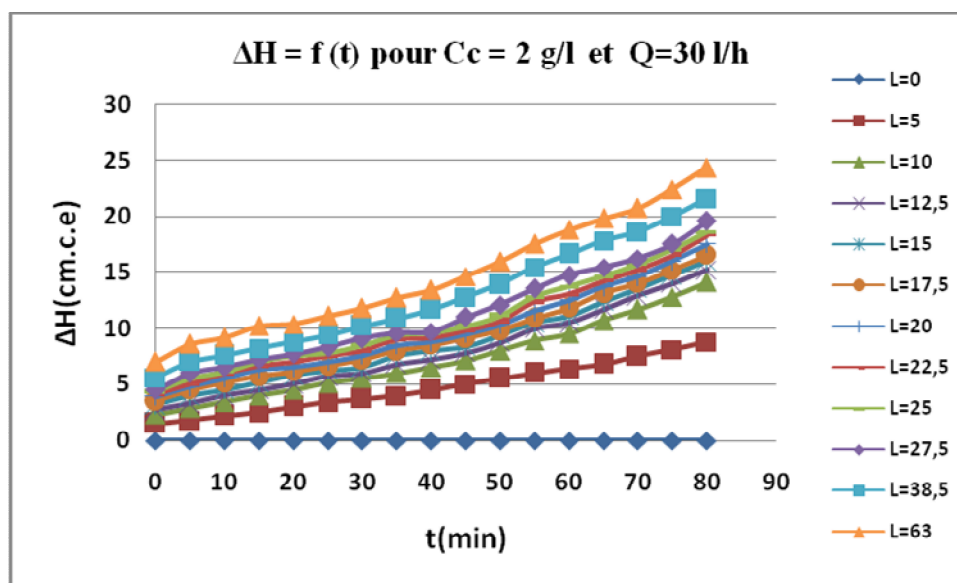


Figure N° II.2.(7): pertes de charge selon le temps (1g de sel+2g de la chaux et Q=30l/h) au niveau de la colonne de filtration.

➤ Pour Q= 50l/h :

Tableau N° II.2.(8): pertes de charge selon le temps (1g de sel+2g de la chaux et Q=50l/h) au niveau de la colonne de filtration.

pertes de charges pour (1 g de sel + 2 g de la chaux) et Q= 50l/h													
N	L (cm)	t=0 (min)	t=5 (min)	t=10 (min)	t=15 (min)	t=20 (min)	t=25 (min)	t=30 (min)	t=35 (min)	t=40 (min)	t=45 (min)	t=50 (min)	t=55 (min)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	1,1	1,9	2,4	2,8	3,2	4	4,7	5,2	5,6	6,1	7	7,5
3	10	2,5	3,5	4,1	4,9	5,7	6,7	8	9	9,8	10,5	12	12,8
4	12,5	3	4,2	4,8	5,9	6,7	7,8	9,2	10,2	11	12	13,7	14,7
5	15	3,6	4,8	5,2	6,5	7,5	8,7	10,3	11,3	12,3	13,5	15,4	16,5
6	17,5	4,2	5,4	6	7,1	8,1	9,5	11,1	12,4	13,5	14,6	16,5	17,9
7	20	4,6	5,9	6,5	8	9	10,3	12	13,3	14,5	15,7	17,7	19,2
8	22,5	5	6,4	7	8,5	9,6	10,9	12,7	14	15,2	16,5	18,7	20,1
9	25	5,5	7	7,5	9,1	10,2	11,6	13,5	14,8	16	17,5	19,5	21
10	27,5	5,9	7,5	8	9,7	10,8	12,2	14,1	15,4	16,8	18,1	20,4	21,8
11	38,5	7,5	9,2	9,8	11,8	13	14,5	16,5	17,9	19,4	20,7	23,1	24,6
12	63	9	10,7	11,5	13,9	14,6	16,2	18	19,5	21,3	22,4	24,7	26,4
										Q=49 l/h	Q=47 l/h	Q=44 l/h	Q=41 l/h

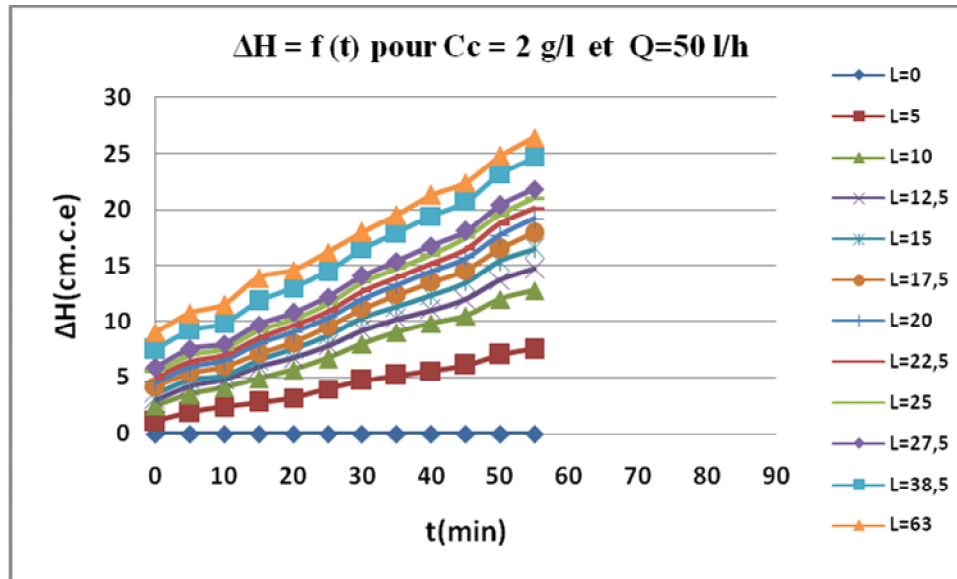


Figure N° II.2.(8): pertes de charge selon le temps (1g de sel+2g de la chaux et Q=50l/h) au niveau de la colonne de filtration.

**Remarque :**

Après l’écoulement de 35 min on a obtenu une ouverture totale de la vanne VR1 et donc une diminution du débit avec le temps. Le niveau d’eau est stabilisé avec la vanne d’alimentation jusqu’à l’obtention d’une ouverture totale de la vanne d’alimentation VR2 à un t=55 min.

Cette diminution du débit pour une quantité de la chaux de 2g/l après un temps plus court que celui obtenue pour une quantité de la chaux de 1.5 g/l nous montre que plus la quantité de la chaux augmente plus le colmatage du filtre sera plus rapide .

➤ Pour  $Q = 70 \text{ l/h}$  :

Tableau N° II.2.(9): pertes de charge selon le temps (1g de sel+2g de la chaux et Q=70l/h) au niveau de la colonne de filtration.

pertes de charges pour (1 g de sel + 2 g de la chaux) et Q= 70l/h								
N	L (cm)	t=0 (min)	t=5 (min)	t=10 (min)	t=15 (min)	t=20 (min)	t=25 (min)	t=30 (min)
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	1,6	2,3	3,3	4,1	5	6,1	7,5
3	10	3,2	4,1	5,3	6,5	7,3	8,2	9,3
4	12,5	4	5	6	7,3	8,3	9,2	9,9
5	15	4,9	5,6	6,5	8	8,4	9,6	10,7
6	17,5	5,2	6,2	7,3	8,5	9,5	10,4	12,4
7	20	6	7	8,3	9,4	10,5	11,5	12,5
8	22,5	6,4	7,7	9	10,1	11,1	12,3	13,5
9	25	7,3	8,5	9,9	10,9	11,9	13	14,4
10	27,5	8,2	9,1	10,5	11,7	12,9	14,1	15,6
11	38,5	9,6	11,1	12,8	13,9	15,1	16	17,1
12	63	11,5	13	14,7	15,8	16,9	17,8	19,1

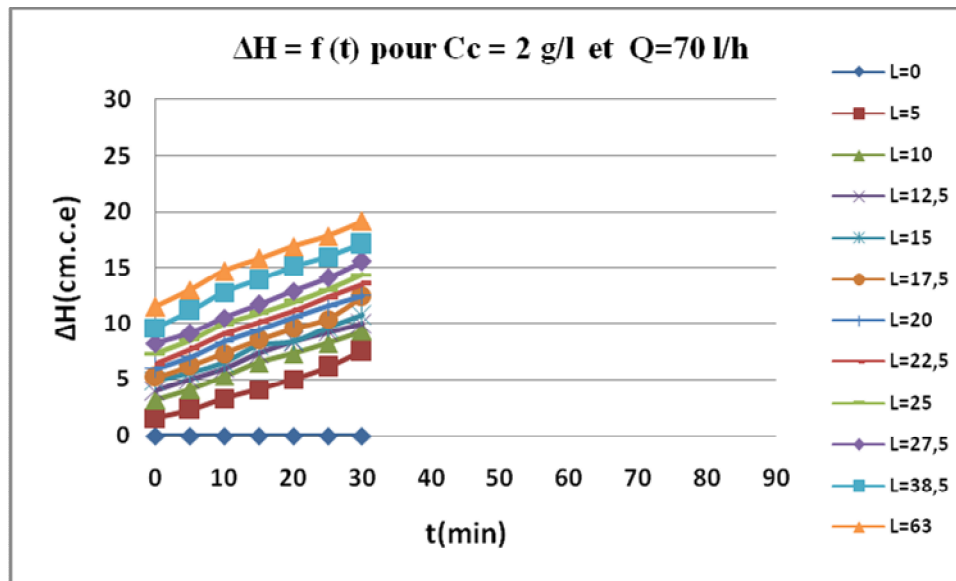


Figure N° II.2.(9): pertes de charge selon le temps (1g de sel+2g de la chaux et  $Q=70 \text{ l/h}$ ) au niveau de la colonne de filtration.

**Remarque :**

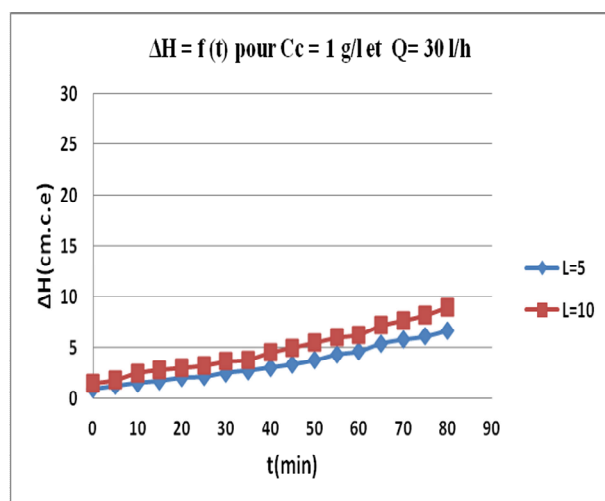
À 30 min on a obtenu une ouverture totale de la vanne d'alimentation VR2 et la vanne de réglage du débit de sortie VR1 avec un débit de  $Q=50$  qui continu a diminué jusqu'à ce qu'il s'annule avec une diminution très rapide du niveau d'eau dans la colonne de filtration. Cette ouverture plus rapide, des vannes de réglage VR1 et VR2, que celles obtenue pour 1 et 1.5 g/l de la chaux nous permet de dire que plus la quantité de la chaux utilisé est importante plus le colmatage sera rapide.

- À partir de toutes les figures si dessus on peut constater que l'évolution des pertes de charges sont plus ou moins linéaires avec une faible courbure à la fin en prenant en compte bien sur des erreurs de lectures et la manipulation des vannes de réglage VR1 et VR2 qui trouble les mesures.
- À partir de toutes les figures, selon la variation de la quantité de la chaux pour un même débit : on peut voir que la croissance des pertes de charges au niveau des premiers couches du sable (de 0 à 15 cm) selon le sens d'écoulement, est plus importante que celle mesurés pour les couches inférieures du milieu filtrant (15 à 27.5 cm) sauf pour l'épaisseur entre (27.5 à 63cm) ou les pertes de charges sont importantes et cela est due beaucoup plus à la plus grande différence d'épaisseur entre les piézomètres de mesure et donc due beaucoup plus aux pertes linéaires qu'au colmatage.

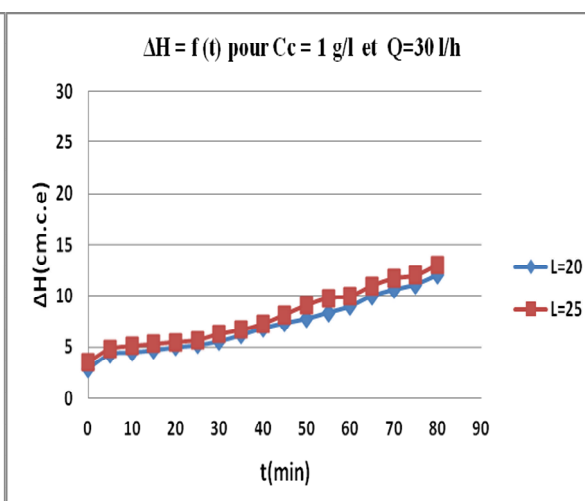
- Plus le débit augmente plus les pertes de charges seront de plus en plus importantes selon le temps due à l'augmentation des pertes de charges linéaires.
- Plus la quantité de la chaux augmente plus le colmatage se fait rapidement, plus les pertes de charges augmente brusquement et par conséquent la durée de vie du filtre diminue.
- A partir des figures N° II.2.(3, 6, 9) on peut voir que la variation des pertes de charges sont plus au moins uniforme sur toute l'épaisseur du filtre. En effet pour le débit 70l/h l'écoulement devient plus rapide et plus turbulent ce qui facilite le passage des particules de la chaux et le détachement de celles stoppées par l'en-tête du filtre ce qui provoque un colmatage plus au moins uniforme tout le long du filtre.

❖ Afin de voir mieux l'influence de l'augmentation du débit et l'épaisseur du sable en analyse les figures suivantes :

➤ Pour  $Q=30\text{ l/h}$  :

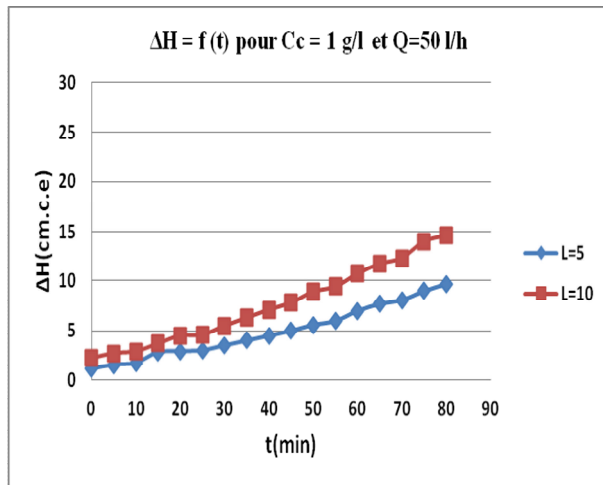


**Figure N° II.2.(A1):** pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et  $Q=30\text{l/h}$ ) pour deux épaisseur au début du filtre  $L=5\text{cm}$  et  $L=10\text{cm}$ .

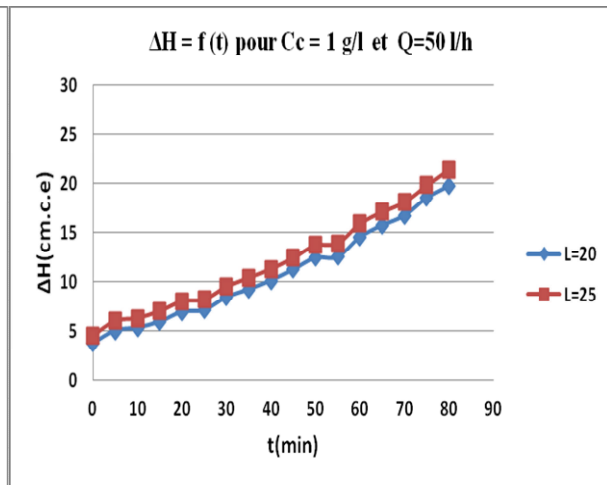


**Figure N° II.2.(A2):** pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et  $Q=30\text{l/h}$ ) pour deux épaisseur au centre du filtre  $L=20\text{cm}$  et  $L=25\text{cm}$ .

➤ Pour  $Q=50$  l/h :

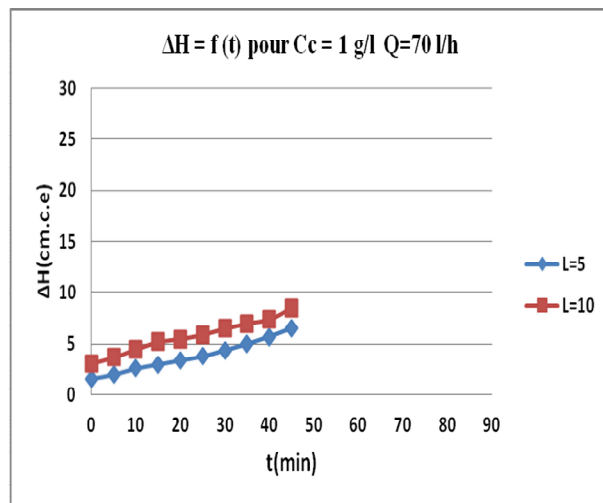


**Figure N° II.2.(B1):** pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et  $Q=50$ l/h) pour deux épaisseur au début du filtre  $L=5$ cm et  $L=10$ cm.

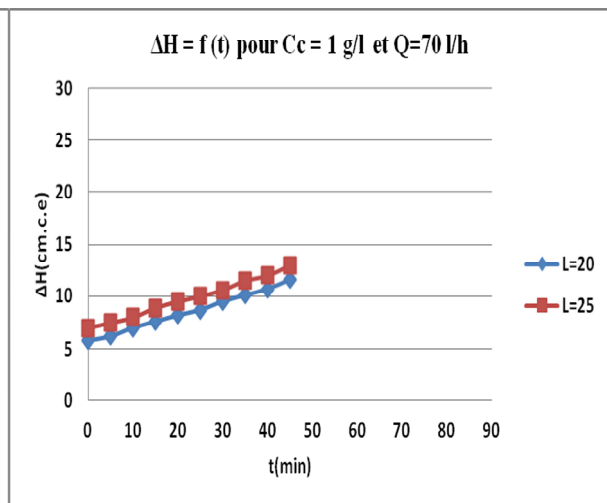


**Figure N° II.2.(B2):** pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et  $Q=50$ l/h) pour deux épaisseur au centre du filtre  $L=20$ cm et  $L=25$ cm.

➤ Pour  $Q=70$  l/h :



**Figure N° II.2.(C1):** pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et  $Q=70$ l/h) pour deux épaisseur au début du filtre  $L=5$ cm et  $L=10$ cm.



**Figure N° II.2.(C2):** pertes de charge selon le temps (1g de sel+1g de la chaux et  $Q=70$ l/h) pour deux épaisseur au centre du filtre  $L=20$ cm et  $L=25$ cm.

- En faisant une comparaison entre les figures N° II.2.(A1) et N° II.2.(B1) et entre N° II.2.(A2) et N° II.2.(B2) on constate que plus le débit augmente plus les pertes de charges augmentent à cause des pertes de charges linéaires qui sont dues aux frottements entre l'eau et les grains de sable et la colonne de filtration elle-même;

- En faisant une comparaison entre les figures N° II.2.(A1) et N° II.2.(A2) et entre N° II.2.(B1) et N° II.2.(B2) on remarque que les pertes de charges entre deux points au niveau des premiers centimètres du filtre sont plus importantes que celles au niveau de la partie inférieure du filtre pour une même distance entre les points de mesure. Cette différence nous indique que le colmatage se situe beaucoup plus à l'en-tête du filtre. On peut voir aussi qu'elle augmente lorsque le débit augmente ;
- En faisant une comparaison entre les figures N° II.2.(C1) et N° II.2.(C2) on peut voir qu'il n'y a pas une grande différence entre la variation des pertes de charge à l'en-tête du filtre et celles au niveau du centre ou la fin du filtre donc une variation graduelle des pertes de charges au niveau de la colonne de filtration, et cela peut être due à la vitesse d'écoulement qui devient plus importante avec  $Q=70\text{l/h}$  qu'avec  $Q=30$  et  $50\text{l/h}$ . Cette augmentation de vitesse favorise le passage des particules au fond du lit filtrant ce qui rend le colmatage plus au moins uniforme tout au long de ce dernier et par conséquent les pertes de charges linéaires et celles dues au colmatage deviennent presque les mêmes au cours du temps et avec l'épaisseur du sable.

❖ Afin de voir mieux l'influence de la quantité de la chaux sur les pertes de charges on analyse les figures suivantes :

Pour  $Q=30\text{l/h}$

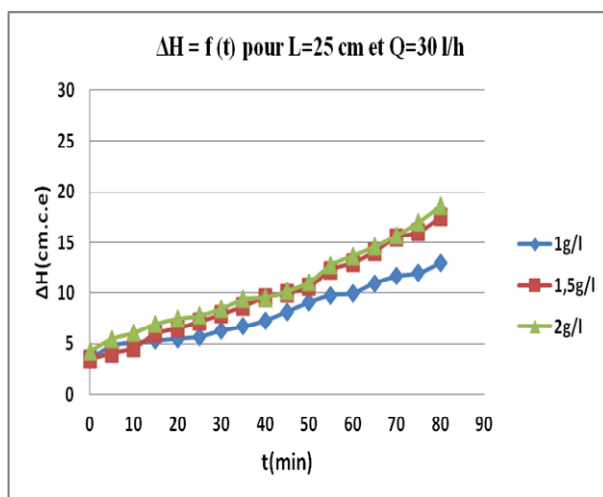


Figure N° II.2.(D1): l'influence de la variation de la concentration de la chaux sur les pertes de charge en fonction du temps pour  $L=25\text{cm}$  et  $Q=30\text{l/h}$ .

Pour  $Q=50\text{l/h}$

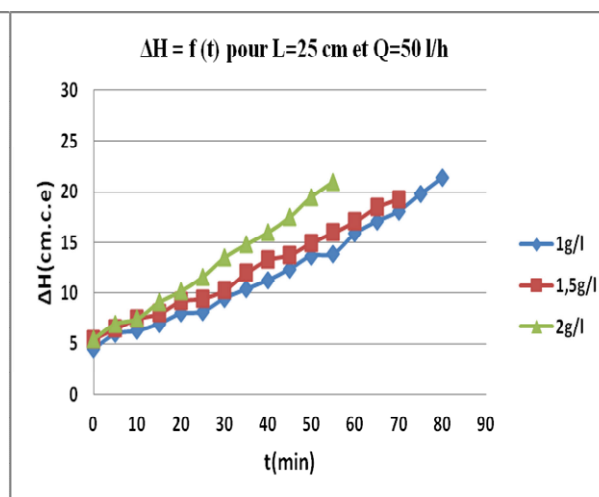


Figure N° II.2.(D2): l'influence de la variation de la concentration de la chaux sur les pertes de charge en fonction du temps pour  $L=25\text{cm}$  et  $Q=50\text{l/h}$ .

Pour  $Q=70$  l/h

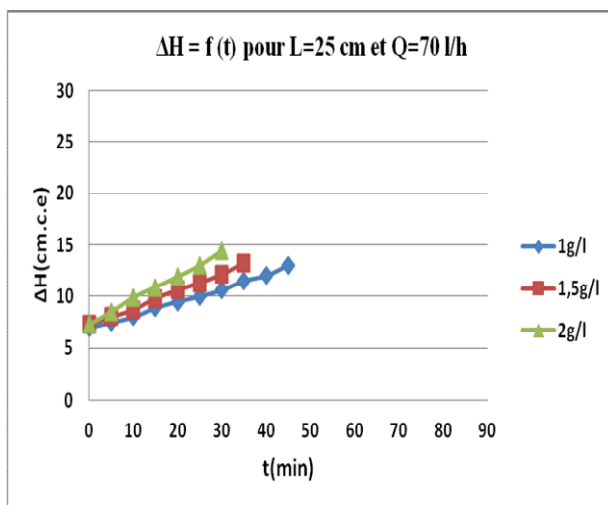


Figure N° II.2.(D3): l'influence de la variation de la quantité de la chaux ajouté à l'eau sur les pertes de charge en fonction du temps pour  $L=25$ cm et  $Q=70$ l/h.

- A partir des figures N° II.2.(D1, D2 , D3) on peut voir plus clairement l'influence de la variation de la quantité de la chaux sur les pertes de charges, où on voit bien que plus la quantité de la chaux augmente plus les pertes de charges augmentent et elles augmentent de plus en plus selon le débit. Cela veut dire que plus la concentration de la chaux augmente plus le colmatage du filtre se fait plus rapidement.
- Pour  $Q = 70$  l/h on voit que le temps de filtration est plus faible que celui pour des débits de 30 et 50 l/h et cela due à un colmatage plus rapide du filtre.

### II.2.2. L'influence de la concentration en sel sur les pertes de charges:

Pour cette partie on a pris seulement le cas d'une concentration de la chaux de  $C_c=1$ g/l et d'un débit de  $Q =30$ l/h et en ce qui concerne la concentration du sel on a pris deux concentration  $C_s = 1$  et  $5$  g/l.

➤ Pour  $L = 5$  cm :

Tableau N° II.2.(10(a)): pertes de charges selon le temps pour deux concentrations de sel  $C_s=1$  et  $5$  g/l avec  $C_c = 1$  g/l,  $Q=30$  l/h et  $L=5$  cm.

pertes de charges $Q=30$ l/h et $C_c = 1$ g/l et $L = 5$ cm																	
Temps(min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
$C_s=1$ (g/l)	0,9	1,2	1,5	1,7	2	2,1	2,5	2,7	3	3,3	3,7	4,3	4,6	5,4	5,8	6,1	6,7
$C_s=5$ (g/l)	1,2	1,4	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	3,1	3,5	3,7	4,1	4,5	4,8	5,2	6,1	6	7,2

➤ Pour  $L = 25 \text{ cm}$  :

**Tableau N° II.2.(10(b)):** pertes de charge selon le temps pour deux concentrations de sel

$C_s=1$  et  $5 \text{ g/l}$  avec  $C_c = 1 \text{ g/l}$ ,  $Q=30 \text{ l/h}$  et  $L=25 \text{ cm}$ .

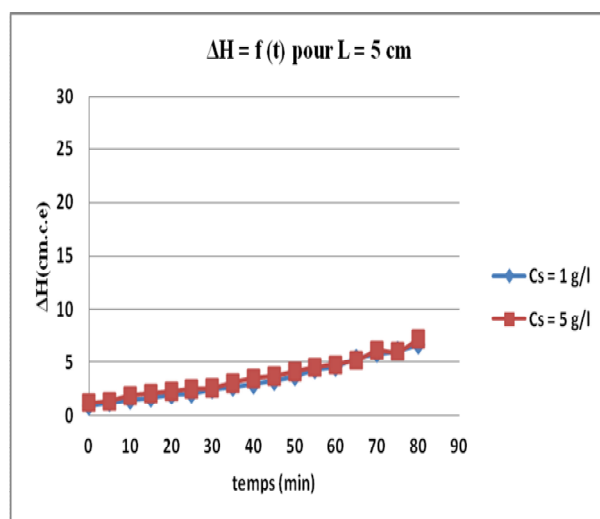
pertes de charges $Q= 30\text{l/h}$ et $C_c = 1\text{g/l}$ et $L = 25 \text{ cm}$																	
Temps (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
$C_s=1(\text{g/l})$	3,5	4,8	5,1	5,3	5,5	5,7	6,3	6,7	7,3	8,2	9,1	9,8	10	11	11,7	12	13
$C_s=5(\text{g/l})$	3,5	4	4,1	4,4	4,9	5,2	5,8	6,2	7	7,5	8,4	9,1	9,5	10,7	11,2	11,7	12,6

➤ Pour  $L = 63\text{cm}$  :

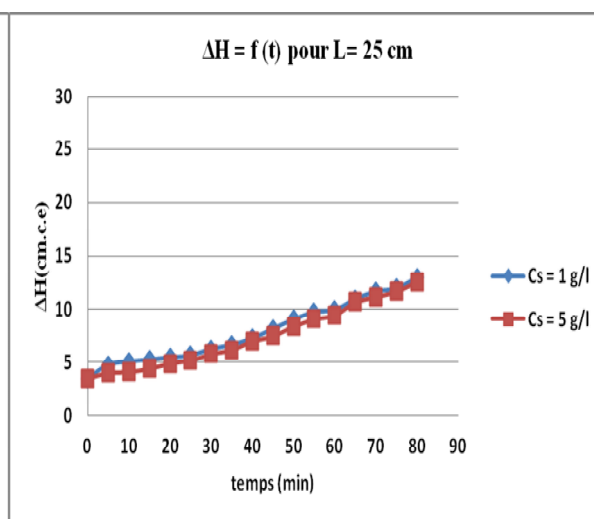
**Tableau N° II.2.(10(c)):** pertes de charge selon le temps pour deux concentrations de sel

$C_s=1$  et  $5 \text{ g/l}$  avec  $C_c = 1 \text{ g/l}$ ,  $Q=30 \text{ l/h}$  et  $L=63 \text{ cm}$ .

pertes de charges $Q= 30\text{l/h}$ et $C_c = 1\text{g/l}$ et $L = 63 \text{ cm}$																	
Temps (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
$C_s=1(\text{g/l})$	4,8	6,1	6,8	7,3	7,9	8,7	8,9	9,5	10,1	10,5	11,7	12	12,5	13,5	13,9	14,4	15,3
$C_s=5(\text{g/l})$	5,1	6,3	7,2	8	8,4	9	9,7	10	10,4	11	11,4	12,3	13	13,9	14,2	14,7	15,8



**Figure N° II.2.(10(a)):** l'influence de la variation de la concentration de sel sur les pertes de charge en fonction du temps pour  $C_c = 1 \text{ g/l}$ ,  $Q=30 \text{ l/h}$  et  $L=5 \text{ cm}$ .



**Figure N° II.2.(10(b)):** l'influence de la variation de la concentration de sel sur les pertes de charge en fonction du temps pour  $C_c = 1 \text{ g/l}$ ,  $Q=30 \text{ l/h}$  et  $L=25 \text{ cm}$ .



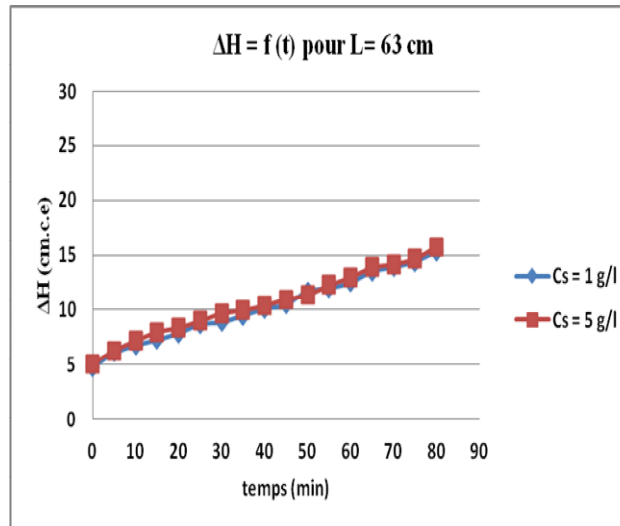


Figure N° II.2.(10(c)): l'influence de la variation de la concentration de sel sur les pertes de charge en fonction du temps pour  $C_c = 1 \text{ g/l}$ ,  $Q=30 \text{ l/h}$  et  $L=63 \text{ cm}$ .

- A partir de ces trois figures (figures N° II.2.(10 ; (a , b, c)) on remarque que les courbes sont presque confondues l'une sur l'autre. Donc la concentration de sel n'a pas d'influence sur les pertes de charges.

### II.2.3. L'influence de la granulométrie du sable sur les pertes de charges :

➤ Pour  $L = 5 \text{ cm}$  :

Tableau N° II.2.(11(a)): pertes de charge selon le temps pour les deux types de sable avec une concentration de sel  $C_s = 5 \text{ g/l}$ ,  $C_c = 1 \text{ g/l}$ ,  $Q=30 \text{ l/h}$  et  $L=5 \text{ cm}$ .

pertes de charges $Q= 30\text{l/h}$ , $C_s = 5\text{g/l}$ , $C_c = 1\text{g/l}$ et $L = 5 \text{ cm}$																	
t (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Sable N°01	0,8	1,1	1,4	1,6	2	2,2	2,4	2,6	3	3,3	3,8	4,3	4,8	5,2	5,8	6	6,8
Sable N°02	2	2,2	2,4	2,5	3	3,5	3,7	4	4,5	5	5,5	6,1	6,7	7,7	8,6	9,7	10,8

➤ Pour  $L = 25 \text{ cm}$  :

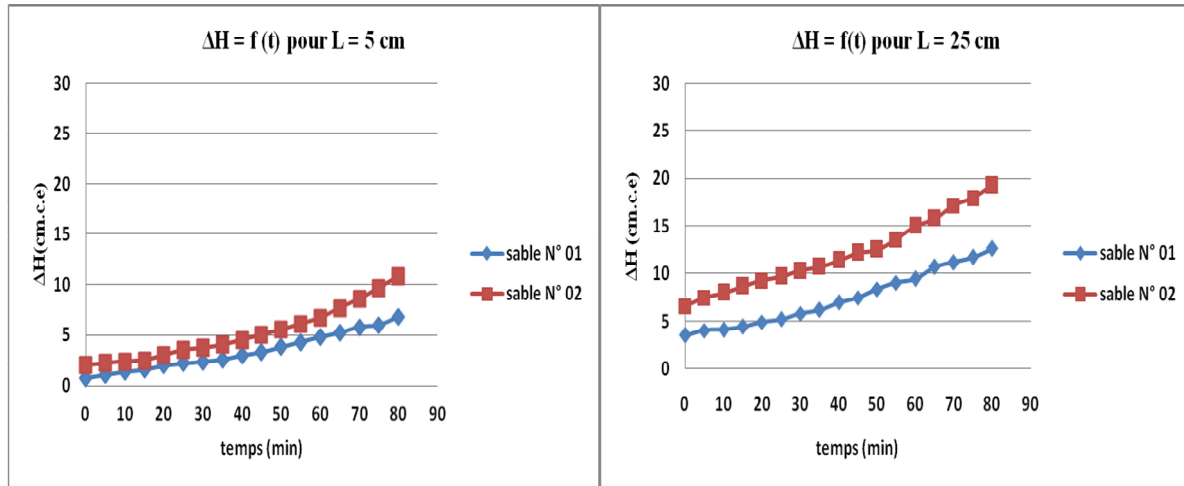
Tableau N° II.2.(11(b)): pertes de charge selon le temps pour les deux types de sable avec une concentration de sel  $C_s = 5 \text{ g/l}$ ,  $C_c = 1 \text{ g/l}$ ,  $Q=30 \text{ l/h}$  et  $L=25 \text{ cm}$ .

pertes de charges $Q= 30\text{l/h}$ , $C_s = 5\text{g/l}$ , $C_c = 1\text{g/l}$ et $L = 25 \text{ cm}$																	
t (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Sable N° 01	3,5	4	4,1	4,4	4,9	5,2	5,8	6,2	7	7,5	8,4	9,1	9,5	10,7	11,2	11,7	12,6
Sable N° 02	6,6	7,5	8	8,7	9,3	9,7	10,3	10,7	11,4	12,2	12,5	13,6	15	15,8	17,2	18	19,3

➤ Pour  $L = 63\text{cm}$  :

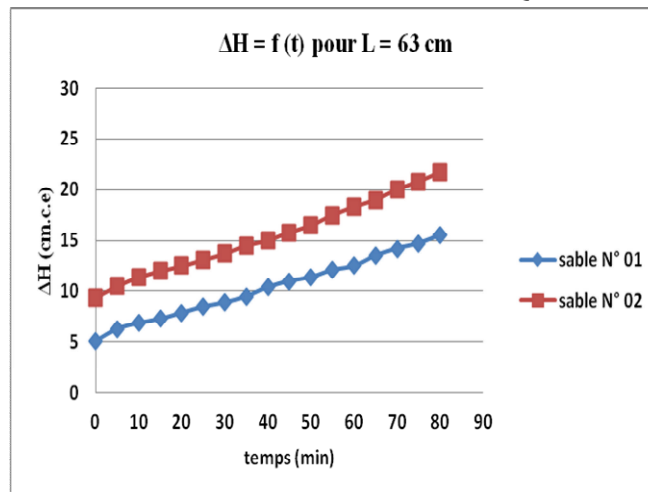
**Tableau N° II.2.(11(c)):** pertes de charge selon le temps pour les deux types de sable avec une concentration de sel  $C_s = 5\text{ g/l}$ ,  $C_c = 1\text{ g/l}$ ,  $Q=30\text{ l/h}$  et  $L= 63\text{cm}$ .

pertes de charges $Q= 30\text{l/h}$ , $C_s = 5\text{g/l}$ , $C_c = 1\text{g/l}$ et $L = 63\text{ cm}$																	
t (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Sable N° 01	5,1	6,3	6,9	7,3	7,9	8,5	8,9	9,5	10,4	11	11,4	12,1	12,5	13,5	14,2	14,7	15,5
Sable N° 02	9,4	10,5	11,4	12	12,5	13,1	13,7	14,5	15	15,8	16,5	17,5	18,3	19	20	20,8	21,7



**Figure N° II.2.(11(a)):** l'influence de la granulométrie du sable sur les pertes de charge en fonction du temps pour  $C_s = 5\text{g/l}$ ,  $C_c = 1\text{ g/l}$ ,  $Q=30\text{ l/h}$  et  $L= 5\text{ cm}$ .

**Figure N° II.2.( 11(b)):** l'influence de la granulométrie du sable sur les pertes de charge en fonction du temps pour  $C_s = 5\text{g/l}$ ,  $C_c = 1\text{ g/l}$ ,  $Q=30\text{ l/h}$  et  $L= 25\text{ cm}$ .



**Figure N° II.2.( 11(c)):** l'influence de la granulométrie du sable sur les pertes de charge en fonction du temps pour  $C_s = 5\text{g/l}$ ,  $C_c = 1\text{ g/l}$ ,  $Q=30\text{ l/h}$  et  $L= 63\text{ cm}$ .

- A partir des trois figures (**figures N° II.2.( 11 ; (a, b, c))**) on peut voir très clairement l'influence de la granulométrie du matériau filtrant sur les pertes de charge lors de la filtration, où on constate que plus la granulométrie est faible plus les pertes de charges augmentent. Cette évolution des pertes est due à la diminution de la perméabilité du milieu filtrant qui fait augmenter les frottements et raccourcie le colmatage du filtre.

### II.3. Pertes de charges selon l'épaisseur du sable :

Dans cette partie on a étudié la variation des pertes de charge selon l'épaisseur du sable dans la colonne de filtration au cours d'un temps de 80min. Cette étude est effectuée pour plusieurs solutions qui se varient selon la concentration de la chaux et cela pour différents débits et une seule concentration de sel  $C_s = 1\text{g/l}$ .

#### II.3.1. Pour une concentration de la chaux de $C_c = 1\text{g/l}$ :

➤ Pour  $Q = 30\text{l/h}$  :

**Tableau N° II. 3.(1):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1g de la chaux et  $Q=30\text{l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation.

pertes de charges pour (1 g de sel + 1 g de la chaux) et $Q = 30\text{l/h}$							
N	L (cm)	t=0 (min)	t=15 (min)	t=30 (min)	t=45 (min)	t=60 (min)	t=75 (min)
1	0	0	0	0	0	0	0
2	5	0,9	1,7	2,5	3,3	4,6	6,1
3	10	1,5	2,8	3,6	5	6,3	8,2
4	12,5	2	3,5	4,2	5,5	6,8	8,8
5	15	2,2	3,9	4,8	6,3	7,8	9,9
6	17,5	2,5	4,2	5,1	6,9	8,6	10,5
7	20	2,9	4,7	5,6	7,4	9	11,1
8	22,5	3,1	5	6,1	7,7	9,7	11,4
9	25	3,5	5,3	6,3	8,2	10	12
10	27,5	4	5,6	6,7	8,4	10,5	12,6
11	38,5	4,5	6,5	7,7	9,2	10,9	13,1
12	63	4,8	7,3	8,9	10,5	12,5	14,4

## ➤ Pour Q= 50l/h :

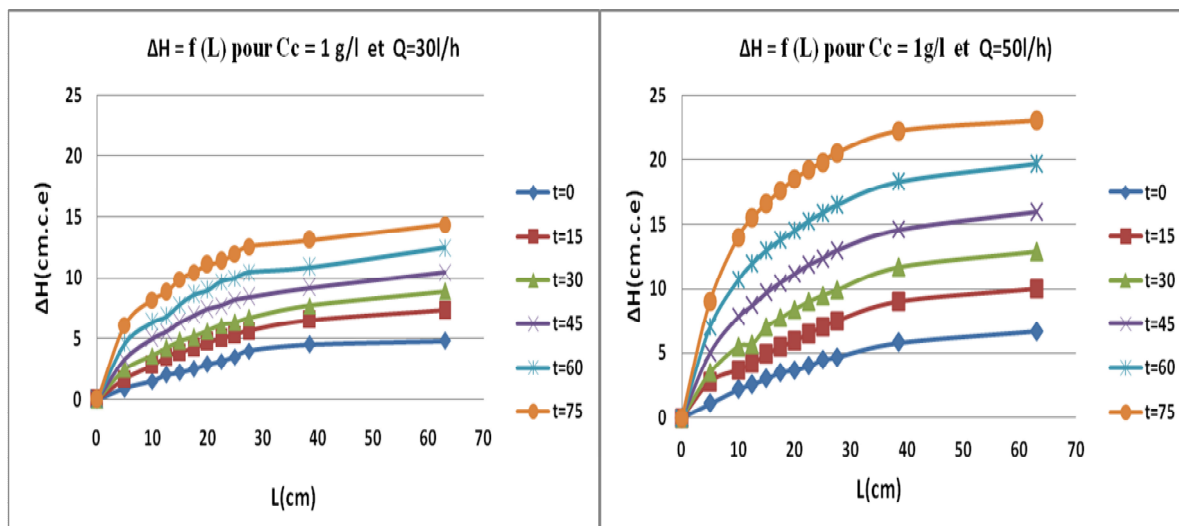
**Tableau N° II. 3.(2):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1g de la chaux et Q=50l/h) à plusieurs instants de la manipulation.

pertes de charges pour (1 g de sel + 1 g de la chaux) et Q= 50l/h							
N	L (cm)	t=0 (min)	t=15 (min)	t=30 (min)	t=45 (min)	t=60 (min)	t=75 (min)
1	0	0	0	0	0	0	0
2	5	1,1	2,8	3,5	5	7	9
3	10	2,2	3,7	5,5	7,8	10,7	14
4	12,5	2,6	4,2	5,7	8,7	12	15,5
5	15	3	4,9	7	9,7	13	16,6
6	17,5	3,5	5,5	7,7	10,5	13,8	17,6
7	20	3,7	5,9	8,4	11,2	14,5	18,5
8	22,5	4	6,5	9	11,9	15,3	19,2
9	25	4,5	7	9,5	12,4	15,9	19,8
10	27,5	4,7	7,5	9,9	13	16,5	20,5
11	38,5	5,8	9	11,7	14,6	18,3	22,2
12	63	6,7	10	12,9	16	19,7	23

## ➤ Pour Q= 70l/h :

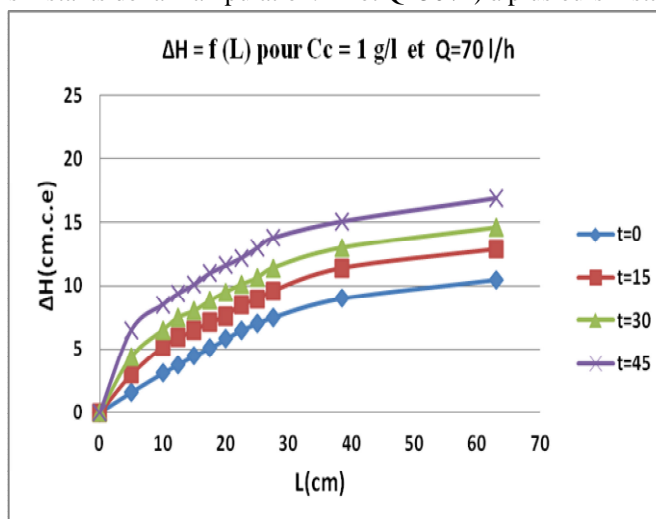
**Tableau N° II. 3.(3):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1g de la chaux et Q=70l/h) à plusieurs instants de la manipulation.

pertes de charges pour (1 g de sel + 1 g de la chaux) et Q= 70l/h					
N	L (cm)	t=0 (min)	t=15 (min)	t=30 (min)	t=45 (min)
1	0	0	0	0	0
2	5	1,6	3	4,4	6,5
3	10	3,1	5,2	6,5	8,5
4	12,5	3,8	5,9	7,5	9,4
5	15	4,5	6,5	8	10,1
6	17,5	5,1	7,1	8,8	11
7	20	5,8	7,6	9,5	11,6
8	22,5	6,5	8,5	10,1	12,2
9	25	7	8,9	10,6	13
10	27,5	7,5	9,6	11,4	13,8
11	38,5	9	11,4	13	15,1
12	63	10,5	12,9	14,6	16,9



**Figure N° II.3.(1):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1g de la chaux et  $Q=30\text{l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation.

**Figure N° II.3.(2):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1g de la chaux et  $Q=50\text{l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation.



**Figure N° II.3.(3):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1g de la chaux et  $Q=70\text{l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation.

**II.3.2. Pour une concentration de la chaux de  $C_c = 1.5$  g/l :**➤ *Pour  $Q = 30$  l/h :*

**Tableau N° II. 3.(4):** pertes de charges selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1.5g de la chaux et  $Q=30$ l/h) à plusieurs instants de la manipulation.

pertes de charges pour (1 g de sel + 1.5 g de la chaux) et $Q = 30$ l/h							
N	L (cm)	t=0 (min)	t=15 (min)	t=30 (min)	t=45 (min)	t=60 (min)	t=75 (min)
1	0	0	0	t=30	0	0	0
2	5	0,8	1,4	0	3,6	4,6	6,4
3	10	1,6	2,9	2,5	6,2	6,3	11
4	12,5	2	3,5	4,5	7,1	6,8	12,5
5	15	2,4	4	5,2	7,9	7,8	13,5
6	17,5	2,6	4,5	5,8	8,5	8,6	14,1
7	20	3	5	6,4	9	9	14,9
8	22,5	3,4	5,5	6,9	9,7	9,7	15,5
9	25	3,5	6	7,4	10	10	16
10	27,5	3,8	6,4	7,9	10,5	10,5	16,5
11	38,5	4,7	7,8	8,3	12,4	10,9	18,5
12	63	6	9,4	9,8	14,2	12,5	20,5

➤ *Pour  $Q = 50$  l/h :*

**Tableau N° II. 3.(5):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1.5 g de la chaux et  $Q=50$ l/h) à plusieurs instants de la manipulation.

pertes de charges pour (1 g de sel + 1.5 g de la chaux) et $Q = 50$ l/h						
N	L (cm)	t=0 (min)	t=15 (min)	t=30 (min)	t=45 (min)	t=60 (min)
1	0	0	0	0	0	0
2	5	1,2	2,5	3,2	4,5	5,9
3	10	2,5	4,2	5,8	8	10,4
4	12,5	3	5	6,7	9,3	11,9
5	15	3,5	5,6	7,7	10,5	13,3
6	17,5	4	6,2	8,4	11,4	14,5
7	20	4,5	6,8	9	12,2	15,5
8	22,5	4,8	7,5	9,6	13	16,4
9	25	5,5	8	10,3	13,8	17,1
10	27,5	5,8	9,5	10,8	14,5	18
11	38,5	7,2	10,2	12,7	16,5	20,1
12	63	8,3	11,5	14	18	21,5

➤ Pour  $Q=70\text{l/h}$  :

Tableau N° II. 3.(6): pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1.5 g de la chaux et  $Q=70\text{l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation.

pertes de charges pour (1 g de sel + 1.5 g de la chaux) et $Q=70\text{l/h}$				
N	L (cm)	t=0 (min)	t=15 (min)	t=30 (min)
1	0	0	0	0
2	5	1,6	3,6	5,7
3	10	3,3	5,7	7,6
4	12,5	4	6,4	8,6
5	15	4,8	7	9
6	17,5	5,3	7,7	9,9
7	20	6	8,2	10,7
8	22,5	6,5	9,1	11,4
9	25	7,3	9,8	12,1
10	27,5	8	10,9	13,3
11	38,5	9,5	12,8	15
12	63	11,2	14,4	16,6

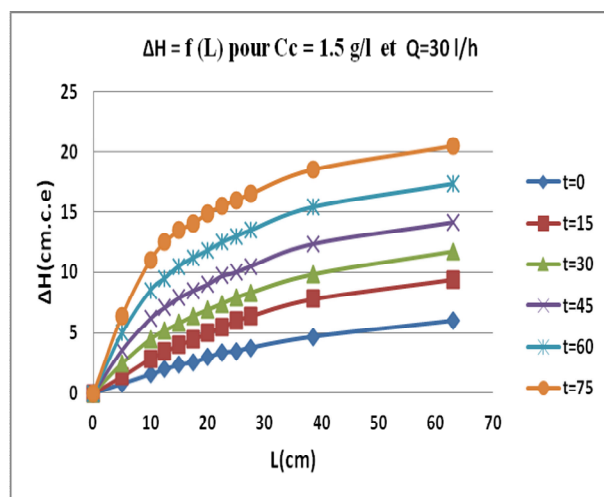


Figure N° II.3.(4): pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1.5g de la chaux et  $Q=30\text{l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation.

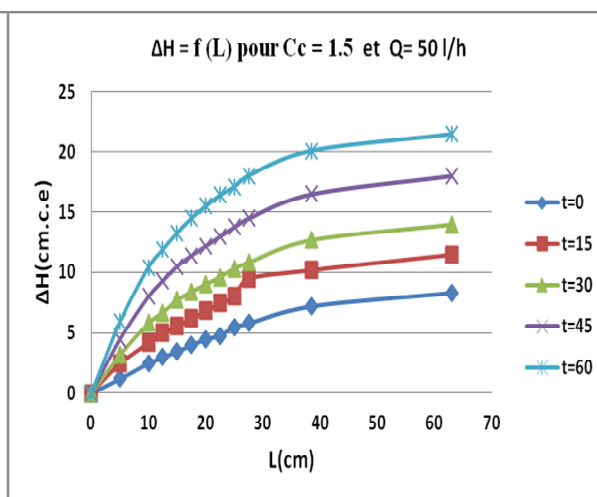


Figure N° II.3.(5): pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1.5g de la chaux et  $Q=50\text{l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation.

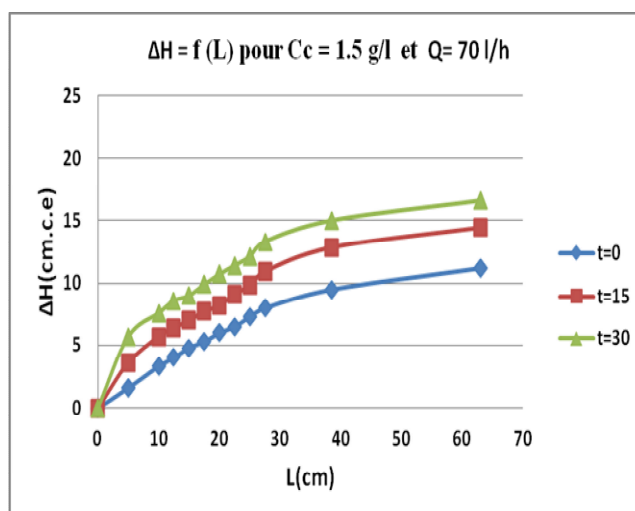


Figure N° II.3.(6): pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+1.5 g de la chaux et Q=70l/h) à plusieurs instants de la manipulation.

### II.3.3. Pour une concentration de la chaux de Cc= 2 g/l :

➤ Pour Q= 30l/h :

Tableau N° II. 3.(7): pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+2g de la chaux et Q=30l/h) à plusieurs instants de la manipulation.

pertes de charges pour (1 g de sel + 2 g de la chaux) et Q= 30l/h							
N	L (cm)	t=0 (min)	t=15 (min)	t=30 (min)	t=45 (min)	t=60 (min)	t=75 (min)
1	0	0	0	0	0	0	0
2	5	1,5	2,5	3,7	5	6,4	8,1
3	10	2,3	4	5,5	7,1	9,5	12,8
4	12,5	2,7	4,5	6	7,8	10,5	14
5	15	3,2	5,1	6,5	8,4	11,1	14,7
6	17,5	3,5	5,7	7,2	9,1	11,8	15,2
7	20	3,9	6,3	7,6	9,5	12,5	16
8	22,5	4,1	6,6	8	9,8	13	16,5
9	25	4,3	7	8,5	10,2	13,7	17
10	27,5	4,5	7,2	9,1	11	14,7	17,5
11	38,5	5,6	8,2	10,2	12,8	16,6	20
12	63	7	10,2	11,8	14,6	18,8	22,4



➤ Pour  $Q=50\text{l/h}$  :

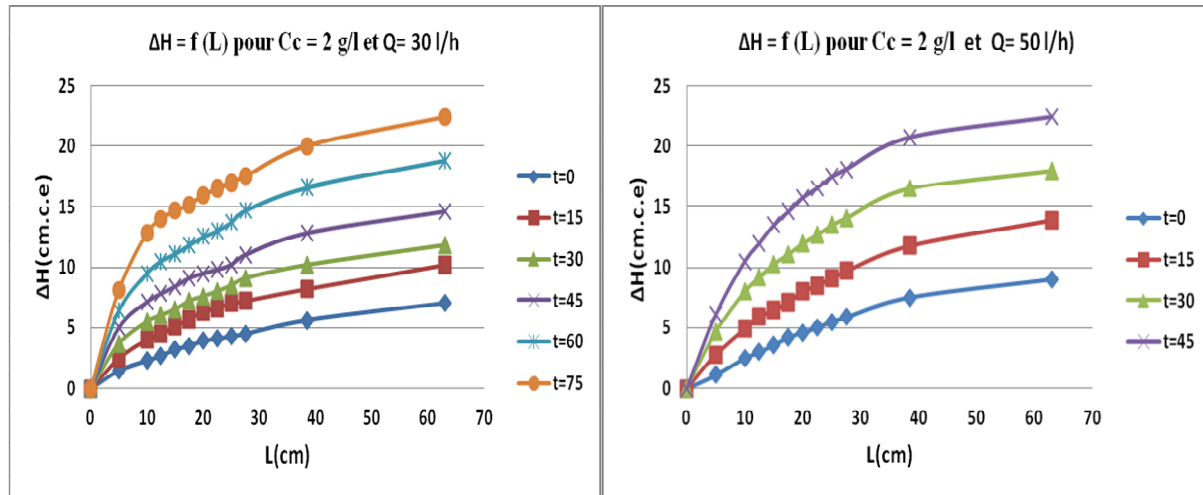
**Tableau N° II. 3.(8):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+2g de la chaux et  $Q=50\text{l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation.

pertes de charges pour (1 g de sel + 2 g de la chaux) et $Q=50\text{l/h}$					
N	L (cm)	t=0 (min)	t=15 (min)	t=30 (min)	t=45 (min)
1	0	0	0	0	0
2	5	1,1	2,8	4,7	6,1
3	10	2,5	4,9	8	10,5
4	12,5	3	5,9	9,2	12
5	15	3,6	6,5	10,3	13,5
6	17,5	4,2	7,1	11,1	14,6
7	20	4,6	8	12	15,7
8	22,5	5	8,5	12,7	16,5
9	25	5,5	9,1	13,5	17,5
10	27,5	5,9	9,7	14,1	18,1
11	38,5	7,5	11,8	16,5	20,7
12	63	9	13,9	18	22,4
					<b>Q=47 l/h</b>

➤ Pour  $Q=70\text{l/h}$  :

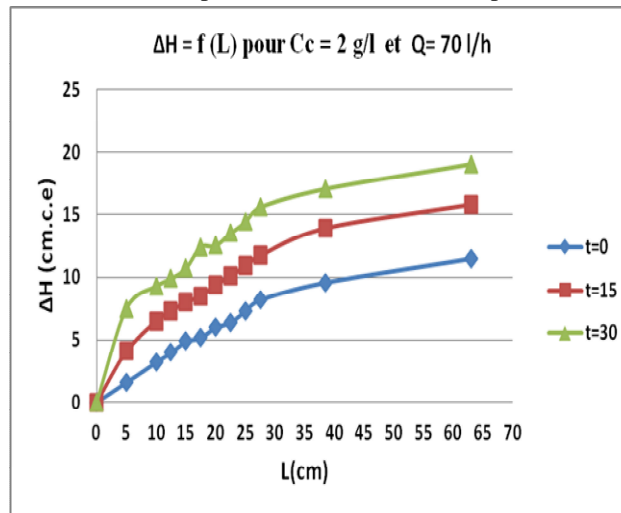
**Tableau N° II. 3.(9):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+2g de la chaux et  $Q=70\text{l/h}$ ) à plusieurs instants de la manipulation.

pertes de charges pour (1 g de sel + 2 g de la chaux) et $Q=70\text{l/h}$				
N	L (cm)	t=0 (min)	t=15 (min)	t=30 (min)
1	0	0	0	0
2	5	1,6	4,1	7,5
3	10	3,2	6,5	9,3
4	12,5	4	7,3	9,9
5	15	4,9	8	10,7
6	17,5	5,2	8,5	12,4
7	20	6	9,4	12,5
8	22,5	6,4	10,1	13,5
9	25	7,3	10,9	14,4
10	27,5	8,2	11,7	15,6
11	38,5	9,6	13,9	17,1
12	63	11,5	15,8	19,1



**Figure N° II.3.(7):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+2 g de la chaux et  $Q=30$ l/h) à plusieurs instants de la manipulation.

**Figure N° II.3.(8):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+2 g de la chaux et  $Q=50$ l/h) à plusieurs instants de la manipulation.



**Figure N° II.3.(9):** pertes de charge selon l'épaisseur du sable (1g de sel+2 g de la chaux et  $Q=70$ l/h) à plusieurs instants de la manipulation.

Ces figures montrent la variation des pertes de charges en fonction de l'épaisseur du filtre à différents instants du temps de filtration. A partir de ces figures on peut constater que :

- Plus l'épaisseur du sable est importante plus les pertes de charges augmentent. Donc les pertes de charges sont directement proportionnelles avec l'épaisseur du sable. Pertes de charges linéaires;
- Plus le temps augmente plus les pertes de charges selon l'épaisseur du sable augmente due au colmatage croissant du filtre;
- Les courbes des pertes de charges selon l'épaisseur du filtre ne sont pas linéaires, elles suivent plutôt une allure exponentielle ;

- Les pertes de charges sont croissantes selon le débit. Cette croissance est due surtout aux pertes de charges linaires;
- Plus la concentration de la chaux augmente plus les pertes de charges augmentent. Cette fois la croissance est due:
  - ✓ Au colmatage des pores internes du milieu filtrant. La diminution des ouvertures de ces pores fait augmenter la vitesse d'écoulement de l'eau ce qui provoque l'augmentation des frottements et par conséquent les pertes de charges ;
  - ✓ A la couche ou gâteau des dépôts de la chaux qui se forme à la surface du lit filtrant et qui rend difficile ou frêne l'écoulement de l'eau.

### III. Analyse physico-chimique :

Les paramètres physico-chimiques mesurés dans ce travail sont :

- ✓ La turbidité : TUR (NTU) ;
- ✓ La salinité : SAL (ppm) ;
- ✓ Le potentiel d'hydrogène : pH ;
- ✓ La température : T(C°).

#### III.2. Variation des différents paramètres physico-chimique selon le temps et la concentration de la chaux :

Cette partie est effectuée avec les deux sables. C'est une comparaison des analyses physico-chimiques obtenues selon le temps et la concentration de la chaux pour chaque débit de filtration, en fixant la concentration de sel à  $C_s = 1\text{g/l}$ . Le but est de voir l'influence de la concentration de la chaux sur la qualité de l'eau filtrée.

**Cc** : concentration de la chaux (g/l);

**Cs** : concentration de sel (g/l).

**t**: l'instant de prise de mesure des pertes de charge au niveau du filtre (min) ;

**Q** : débit de filtration (l/h).

#### II.1.1. 1<sup>er</sup> sable :

##### III.1.1.1. La turbidité :

Pour ce paramètre la comparaison est faite pour les valeurs de la turbidité trouvées et pour les taux d'élimination calculés comme suite.

$$\text{Taux d'élimination} = \frac{\text{TUR avant} - \text{TUR après}}{\text{TUR avant}}$$

➤ Pour Q=30 l/h :

Tableau N°III.1.(1(A)): donne l'évolution de la turbidité en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour Q=30 l/h.

variation de la TUR (NTU) pour Q=30l/h						
Temps (min)	1g/l de chaux		1,5g/l de chaux		2g/l de chaux	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	17,3	6,61	18,4	7,4	20	11,08
20		9,38		8,7		11,93
30		9,59		10,2		12,29
40		10,02		11,1		13,03
50		10,61		11,7		13,3
60		9,97		12,5		13,21
70		9,81		12,7		12,91

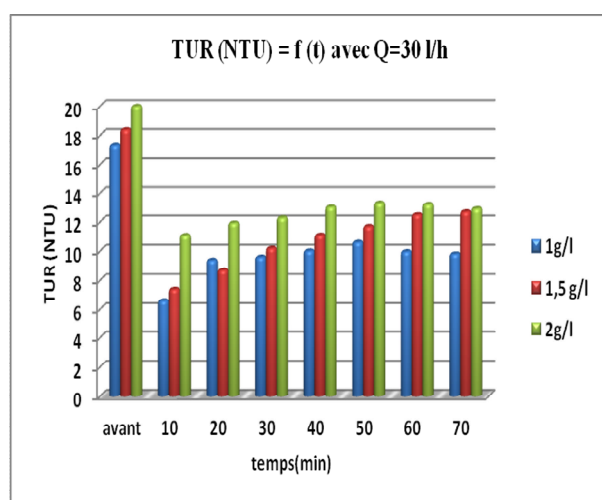


Figure N° III.1.(1(a)) : l'évolution de la turbidité en fonction du temps pour Q=30 l/h.

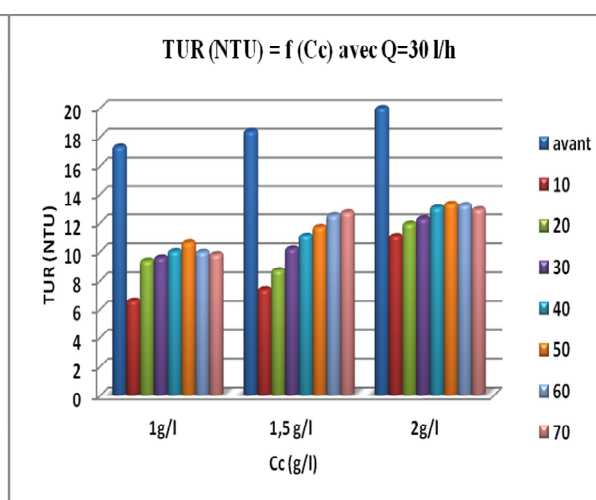
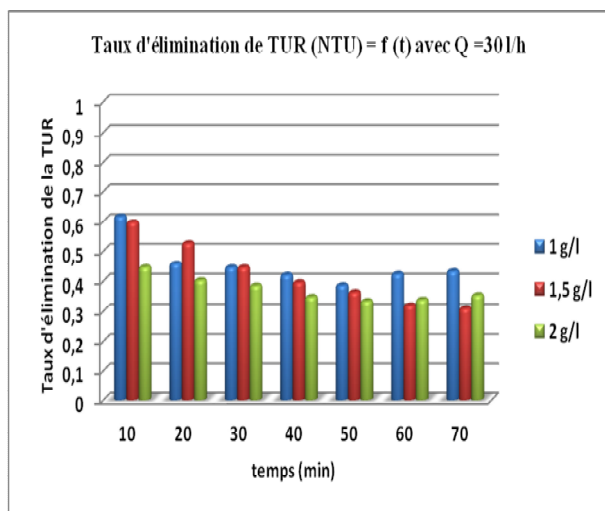


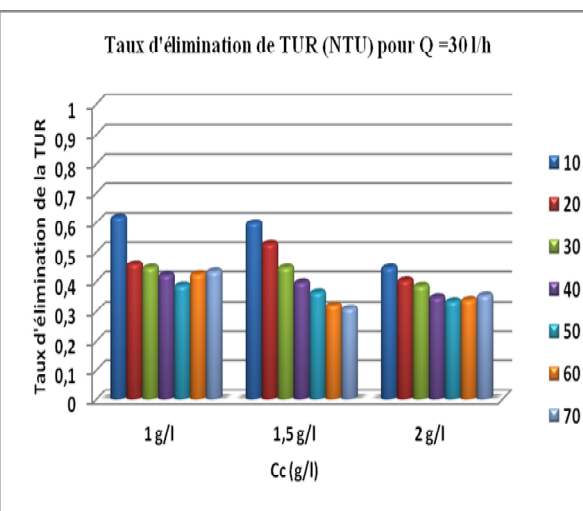
Figure N° III.1.(1(b)) : l'évolution de la turbidité en fonction de la concentration de la chaux pour Q=30 l/h.

**Tableau N° III.1.(1(B)):** donne le taux d'élimination de la turbidité en fonction du temps et la concentration de la chaux pour Q=30 l/h.

Taux d'élimination de la TUR (NTU) pour Q=30l/h						
Temps (min)	1g/l de chaux		1,5g/l de chaux		2g/l de chaux	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	17,3	0,61	18,4	0,59	20	0,44
20		0,45		0,52		0,40
30		0,44		0,44		0,38
40		0,42		0,39		0,34
50		0,38		0,36		0,33
60		0,42		0,32		0,33
70		0,43		0,30		0,35



**Figure N° III.1.(1(c)):** taux d'élimination de la turbidité en fonction du temps pour Q=30 l/h.



**Figure N° III.1.(1(d)) :** taux d'élimination de la turbidité en fonction la concentration de la chaux pour Q=30 l/h.

- D’après les figures N° III.1.(1 ; (a, b)) on constate que pour un débit de 30 l/h la turbidité au début de la filtration diminue puis elle augmente jusqu’à ce qu’elle se stabilise au cours du temps, et elle augmente aussi en fonction de la concentration de la chaux.
- Et à partir des figures N° III.1.(1 ; (c, d)) on peut confirmer que le taux de réduction de la turbidité est un peu meilleur pour une concentration de la chaux de 1g /l que pour 1.5 et 2 g/l. Donc la turbidité varie d’une façon proportionnelle avec le temps et la concentration de la chaux.

➤ Pour Q=50 l/h :

Tableau N° III.1.(2(A)): donne l’évolution de la turbidité en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour Q=50 l/h.

variation de la TUR (NTU) pour Q=50l/h						
Temps (min)	1g/l de chaux		1,5g/l de chaux		2g/l de chaux	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	17,3	9,67	18,4	11,75	20	14,29
20		10,28		12,71		15,04
30		10,44		11,94		15,79
40		10,89		13,23		15,04
50		10,74		13,23		15,51
60		10,89		12,97		15,98
70		10,9		13,1		15,51

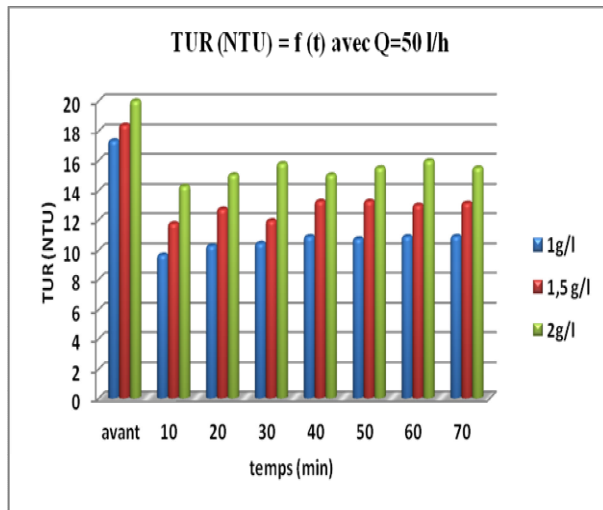


Figure N° III.1.(2(a)): l’évolution de la turbidité en fonction du temps pour Q=50 l/h.

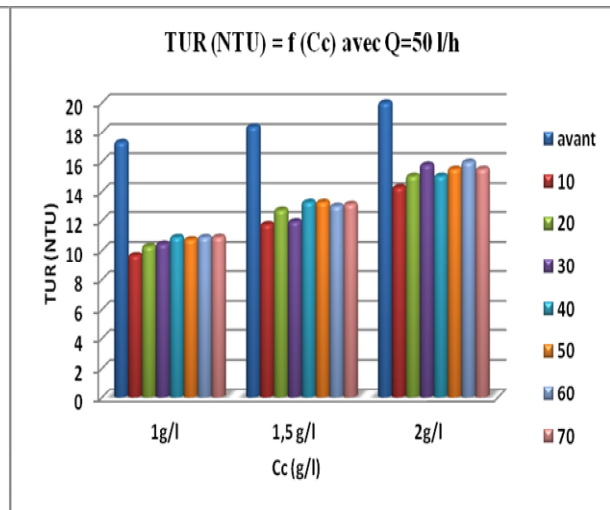
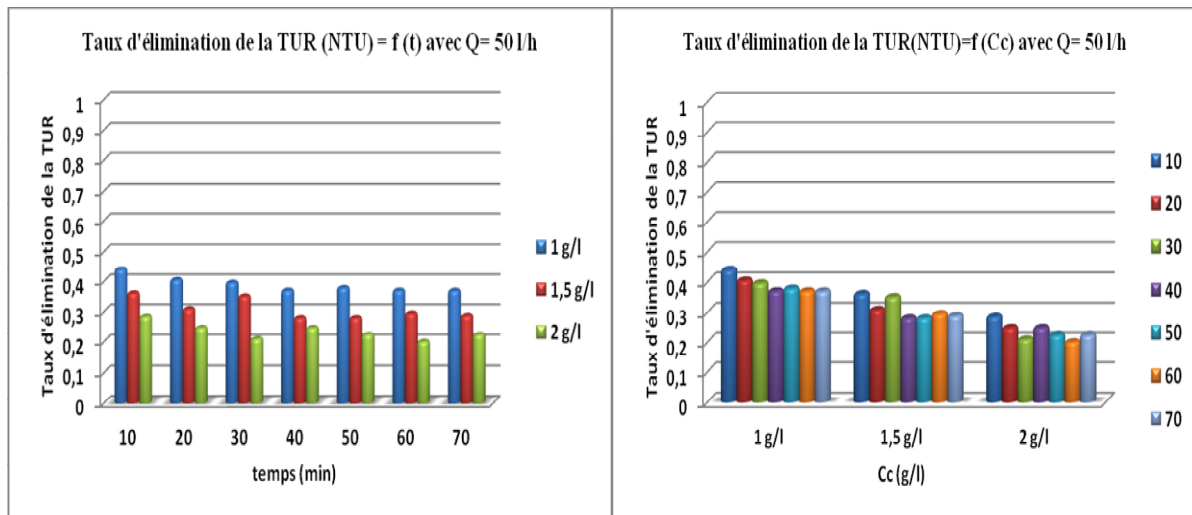


Figure N° III.1.(2(b)) : l’évolution de la turbidité en fonction de la concentration de la chaux pour Q=50 l/h.

**Tableau N° III.1.(2(B)):** donne le taux d'élimination de la turbidité en fonction du temps et la concentration de la chaux pour Q=50 l/h.

Taux d'élimination de la TUR (NTU) pour Q=50l/h						
Temps (min)	1g/l de chaux		1,5g/l de chaux		2g/l de chaux	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	17,3	0,44	18,4	0,36	20	0,28
20		0,40		0,30		0,24
30		0,39		0,35		0,21
40		0,37		0,28		0,24
50		0,37		0,28		0,22
60		0,37		0,29		0,20
70		0,36		0,28		0,22



**Figure N° III.1.(2(c)) :** taux d'élimination de la turbidité en fonction du temps pour Q=50 l/h.

**Figure N° III.1.(2(d)) :** taux d'élimination de la turbidité en fonction de la concentration de la chaux pour Q=50 l/h.

- On faisant une comparaison entre les figures N° III.1.(1 ; (a, b,)) et N° III.1.(2 ; (a, b)) on remarque que la turbidité : augmente jusqu'à ce qu'elle se stabilise en fonction du temps, augmente en fonction de la concentration de la chaux et même selon le débit de filtration.
- Et à partir de la figure N° III.1.(2 ; (c, d)) on constate encore une fois que le taux de réduction de la turbidité est meilleur pour une concentration de 1g /l que pour 1.5 et 2 g/l.



➤ Pour  $Q=70\text{l/h}$  :

Tableau N° III.1.(3(A)) : donne l'évolution de la turbidité en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour  $Q=70\text{ l/h}$ .

variation de la TUR (NTU) pour $Q=70\text{l/h}$						
Temps (min)	1g/l de chaux		1,5g/l de chaux		2g/l de chaux	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	17,3	12,3	18,4	11,75	20	15,79
20		12,3		12,95		13,92
30		12,2		13,49		12,71
40		12,2		13,77		14,01
50		11,6		12,34		14,29
60		11,4		12,71		15,32
70		10,9		14,28		15,23

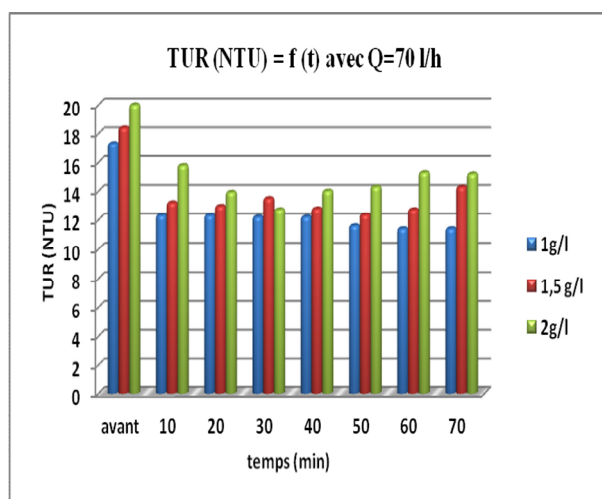


Figure N° III.1.(3(a)) : l'évolution de la turbidité en fonction du temps pour  $Q=70\text{ l/h}$

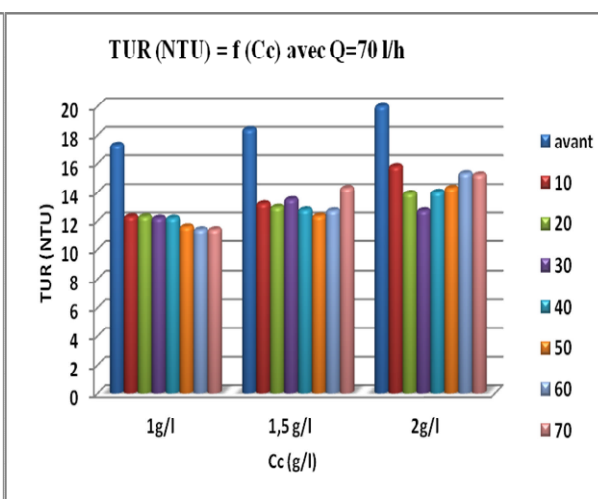
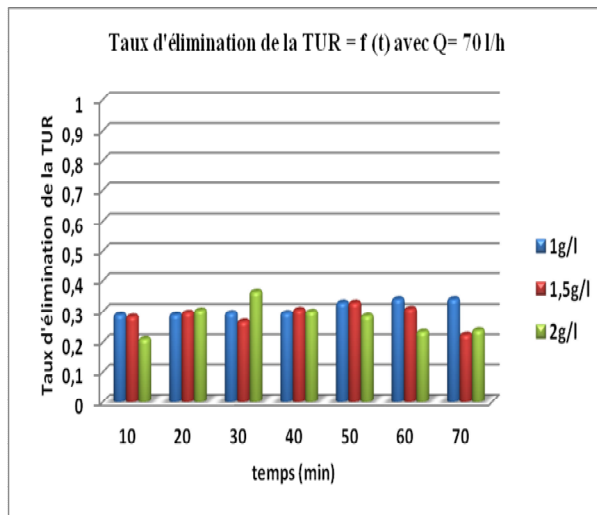


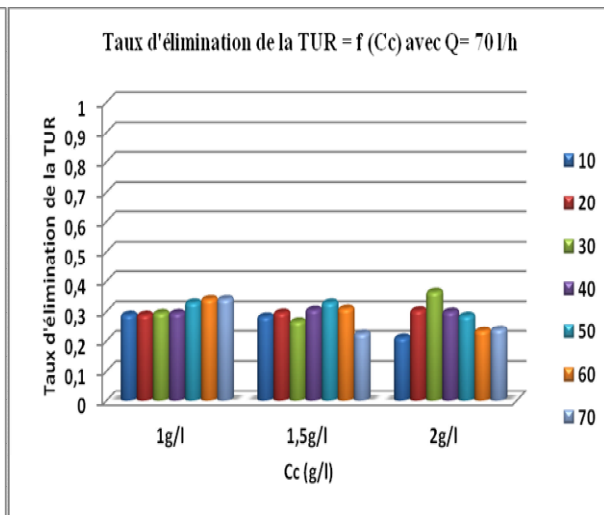
Figure N° III.1.(3(b)) : l'évolution de la turbidité en fonction de la concentration de la chaux pour  $Q=70\text{ l/h}$ .

**Tableau N° III.1.(3(B)) :** donne le taux d'élimination de la turbidité en fonction du temps et la concentration de la chaux pour Q=70 l/h.

Taux d'élimination de la TUR (NTU) pour Q=70l/h						
Temps (min)	1 g/l de chaux		1,5 g/l de chaux		2 g/l de chaux	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	17,3	0,28	18,4	0,28	20	0,21
20		0,28		0,29		0,30
30		0,29		0,26		0,36
40		0,29		0,30		0,29
50		0,32		0,32		0,28
60		0,34		0,30		0,23
70		0,34		0,22		0,23



**Figure N° III.1.(3(c)) :** taux d'élimination de la turbidité en fonction du temps pour Q=70 l/h.



**Figure N° III.1.(3(d)) :** taux d'élimination de la turbidité en fonction de la concentration de la chaux pour Q=70 l/h.

- En plus de ce qu'on a tiré à partir des premières figures N° III.1.(1 ; (a, b)) et N° III.1.(2 ; (a, b)) et on faisant maintenant une comparaison entre les figures N° III.1.(1 ; (a, b)) , N° III.1.(2 ; (a, b)) et N° III.1.(3 ; (a, b)) on peut voir que plus le débit augmente plus la turbidité devient instable au cours du temps.
- Et on faisant une comparaison entre les figures N° III.1.(3 ; (c, d)) et les figures précédentes (les figures N° III.1.(1 ; (c, d)) et N° III.1.(2 ; (c, d)) on confirme que plus le débit augmente plus le taux de réduction de la turbidité devient instable, soit au cours du temps, soit en fonction de la concentration de la chaux.

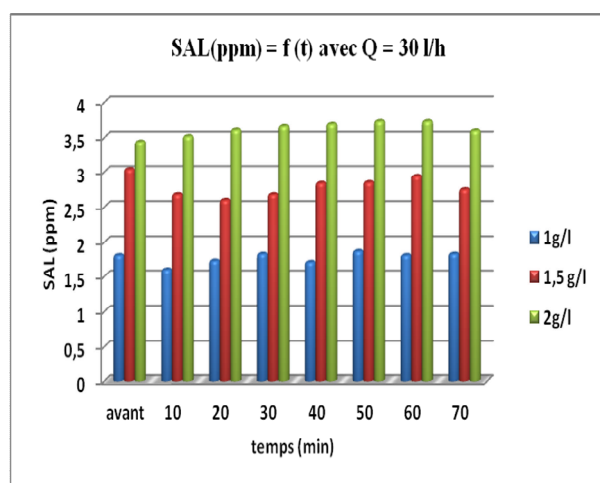
Tous ces résultats s'expliquent par le fait, que lorsque le débit augmente et les dimensions des pores du milieu filtrants deviennent plus petites à cause du colmatage croissant, la vitesse augmente à son tour et par conséquent l'écoulement de l'eau filtré devient turbulent. Cette turbulence provoque un détachement des particules retenues par le filtre est donc une turbidité plus élevée est instable au cours du temps.

**III.1.1.2. salinité :**

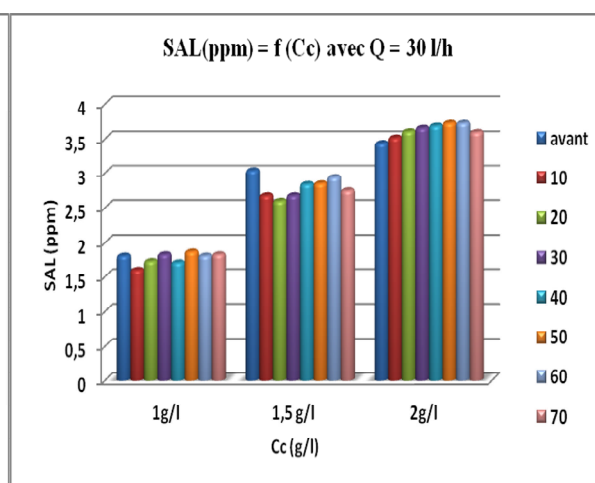
➤ Pour  $Q=30\text{l/h}$  :

**Tableau N° III.1.(4) :** donne l'évolution de la salinité en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour  $Q=30\text{ l/h}$ .

variation de la salinité (ppm) pour $Q=30\text{l/h}$						
Temps (min)	1g/l de chaux		1,5g/l de chaux		2g/l de chaux	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	1,81	1,6	3,04	2,68	3,44	3,52
20		1,73		2,6		3,61
30		1,83		2,68		3,66
40		1,71		2,84		3,69
50		1,87		2,85		3,73
60		1,81		2,94		3,73
70		1,83		2,75		3,6



**Figure N° III.1.(4(a)) :** l'évolution de la salinité en fonction du temps pour  $Q=30\text{ l/h}$ .



**Figure N° III.1.(4(b)) :** l'évolution de la salinité en fonction de la concentration de la chaux pour  $Q=30\text{ l/h}$ .

- A partir des figures N° III.1.(4 ; (a, b)) on peut voir très clairement que la salinité est directement proportionnelle avec la concentration de la chaux. Cette augmentation de salinité est due à la présence des  $\text{Ca}^{+2}$  qui s'ajoutent à l'eau par l'adjonction de la chaux  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .
- On constate aussi qu'au début de la filtration il y a eu des très petites diminutions de la salinité, cela peut être expliqué par la rétention d'une toute petite quantité des sels de  $\text{Ca}^{+2}$ , précipités pendant la filtration. Le taux de rétention est un peu plus remarquable lorsque les quantités de la chaux sont faibles, mais après un certain temps on observe une balance entre diminution et augmentation de la salinité. Cette variation est due peut être à une corrélation entre la rétention et le détachement des faibles quantités de sels déjà retenues par le lit filtrant.

➤ Pour  $Q=50\text{l/h}$  :

**Tableau N° III.1.(5)** : donne l'évolution de la salinité en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour  $Q=50\text{ l/h}$ .

variation de la salinité (ppm) pour $Q=50\text{l/h}$						
Temps (min)	1g/l de chaux		1,5g/l de chaux		2g/l de chaux	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	1,81	1,66	3,04	3,03	3,44	3,48
20		1,76		3,1		3,33
30		1,85		3,09		3,45
40		1,68		3,14		3,49
50		1,59		3,07		3,43
60		1,81		3,11		3,45
70		1,78		3		3,4

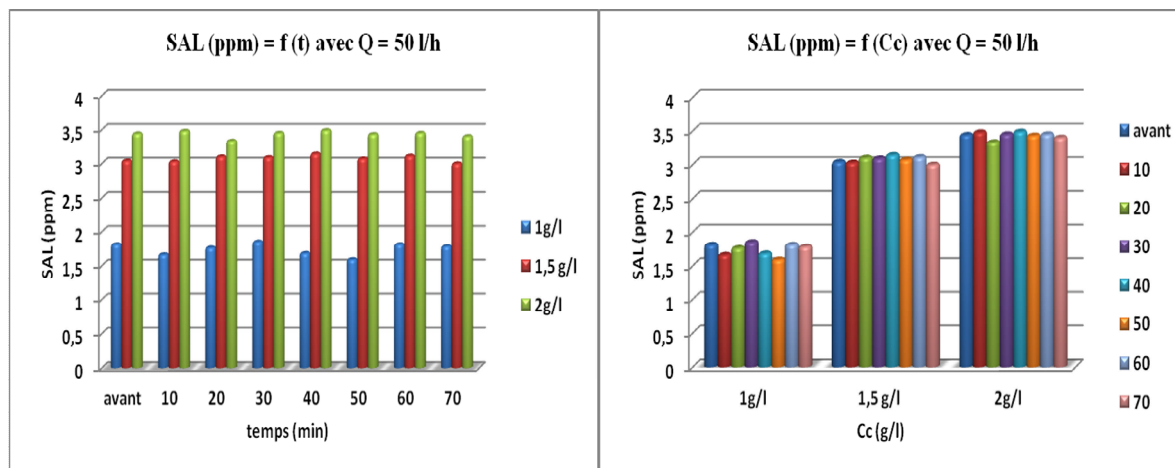


Figure N° III.1.(5(a)): l'évolution de la salinité en fonction du temps pour Q=50 l/h.

Figure N° III.1.(5(b)): l'évolution de la salinité en fonction de la concentration de la chaux pour Q=50 l/h.

- Comme pour les figures N°III.1.(4 ; (a, b)) et à partir des figures N°III.1.(5 ; (a, b)) on constate que la salinité augmente avec la concentration de la chaux et qu'il y a au début de la filtration une très faible diminution de cette salinité entre l'avant et l'après filtration, mais cette diminution, pour chaque concentration de la chaux, devient de plus en plus faible lorsque le débit augmente.

➤ Pour Q=70l/h :

Tableau N° III.1.(6) : donne l'évolution de la salinité en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour Q=70 l/h.

variation de la salinité (ppm) pour Q=70l/h						
Temps (min)	1g/l de chaux		1,5g/l de chaux		2g/l de chaux	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	1,81	1,79	3,04	3,05	3,44	3,66
20		1,85		3,07		3,79
30		1,88		2,99		3,91
40		1,9		3,03		3,88
50		1,86		3,08		3,87
60		1,89		3,07		3,91
70		1,9		3,04		3,89

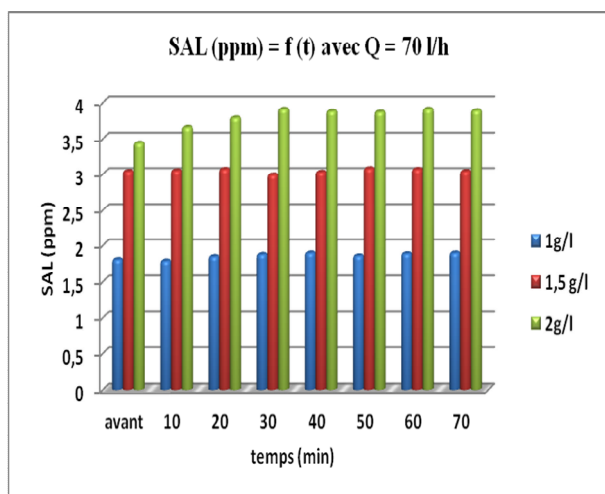


Figure N° III.1.(6(a)): l'évolution de la salinité en fonction du temps pour Q=70 l/h.

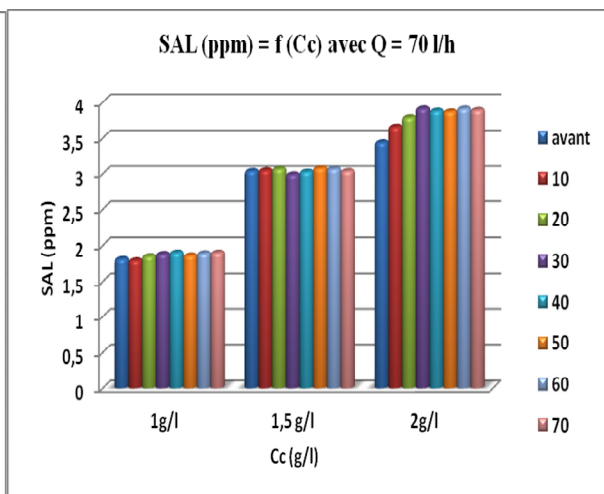


Figure N° III.1.(6(b)): l'évolution de la salinité en fonction de la concentration de la chaux pour Q=70 l/h.

- A partir des figures N° III.1.(6 ; (a, b)) on confirme tous ce que nous avons dit pour les figures N° III.1.(4; (a, b)) et N° III.1.(5; (a, b)) et cela pour les concentrations de 1 et 1.5 g/l de la chaux, mais en générale la filtration n'a pas d'influence sur la salinité.

### III.1.1.3. pH :

➤ Pour Q=30l/h :

Tableau N° III.1.(7) : donne l'évolution du pH en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour Q=30 l/h.

variation du pH pour Q=30 l/h						
Temps (min)	1g/l de chaux		1,5g/l de chaux		2g/l de chaux	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	7,83	7,82	8,6	8,6	8,8	8,7
20		7,79		8,6		8,8
30		7,8		8,6		8,8
40		7,83		8,5		8,7
50		7,82		8,6		8,7
60		7,84		8,5		8,8
70		7,81		8,6		8,6

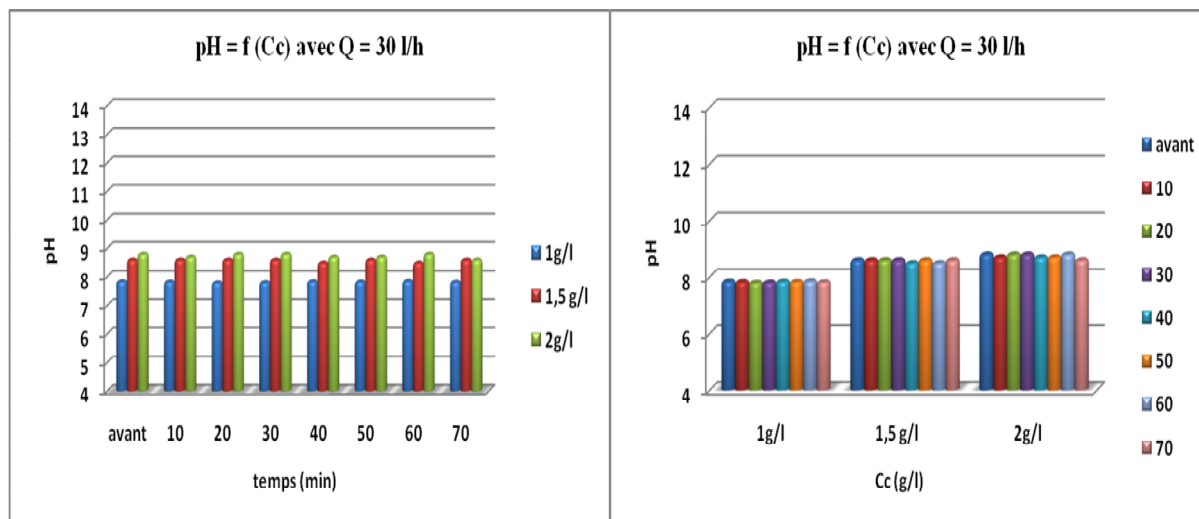


Figure N° III.1.(7(a)): l'évolution du pH en fonction du temps pour Q=30 l/h.

Figure N° III.1.(7(b)): l'évolution du pH en fonction de la concentration de la chaux pour Q=30 l/h.

- A partir des figures N° III.1.(7 ; (a, b)) on constate qu'il y a une légère augmentation du pH avec la concentration de la chaux mais il reste presque le même au cours du temps.

➤ Pour Q=50l/h :

Tableau N° III.1.(8) : donne l'évolution du pH en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour 1g/l de sel et Q=50 l/h.

variation du pH pour Q=50 l/h						
Temps (min)	1g/l de chaux		1,5g/l de chaux		2g/l de chaux	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	7,83	7,8	8,6	8,5	8,8	8,7
20		7,78		8,6		8,8
30		7,83		8,6		8,8
40		7,79		8,6		8,8
50		7,8		8,5		8,7
60		7,83		8,6		8,7
70		7,82		8,5		8,7

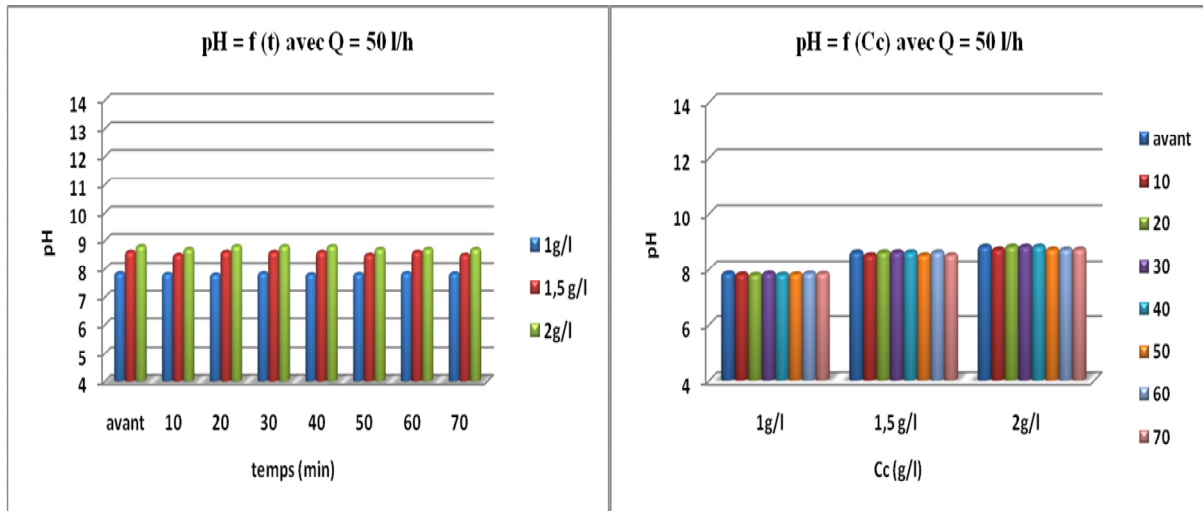


Figure N° III.1.(8(a)): l'évolution du pH en fonction du temps pour Q=50 l/h.

Figure N° III.1.(8(b)): l'évolution du pH en fonction de la concentration de la chaux pour Q=50 l/h.

- A partir des figures N° III.1.(8 ; (a, b)) et comme pour les figures N°III.1.(7; (a, b)) on constate qu'il y a une légère augmentation du pH selon la concentration de la chaux mais il reste presque le même au cours du temps et selon le débit.

➤ Pour Q=70l/h :

Tableau N° III.1.(9) : donne l'évolution du pH en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour 1g/l de sel et Q=70 l/h.

variation du pH pour Q=70 l/h						
Temps (min)	1g/l de chaux		1,5g/l de chaux		2g/l de chaux	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	7,83	7,83	8,6	8,5	8,8	8,6
20		7,8		8,6		8,6
30		7,85		8,6		8,7
40		7,82		8,6		8,5
50		7,8		8,6		8,6
60		7,79		8,6		8,6
70		7,83		8,6		8,6



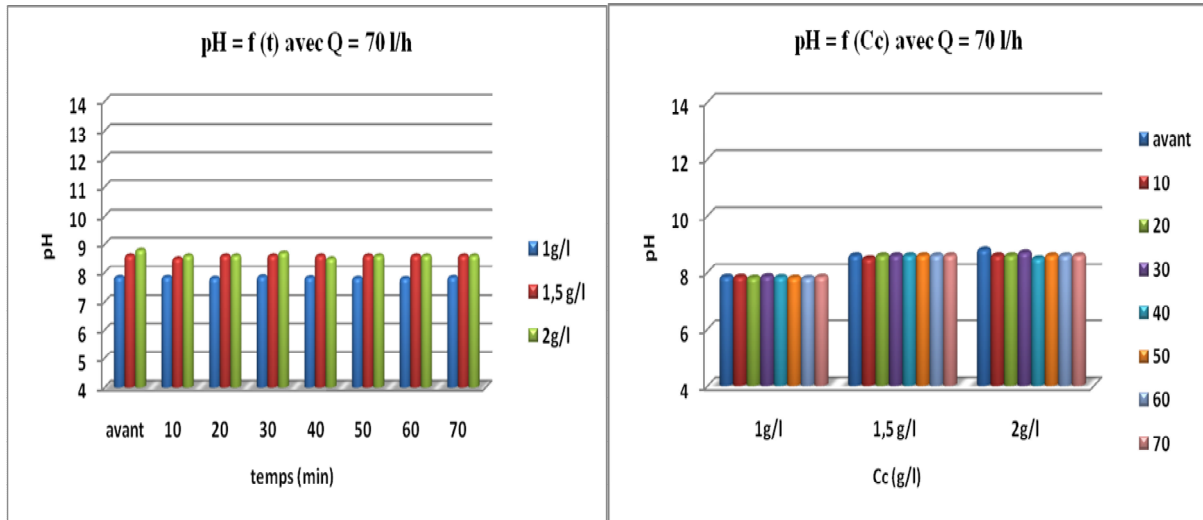


Figure N° III.1.(9(a)): l'évolution du pH en fonction du temps pour Q=70 l/h.

Figure N° III.1.(9(b)): l'évolution du pH en fonction de la concentration de la chaux pour Q=70 l/h.

- En faisant une comparaison entre les figures N° III.1.(7, 8, 9) on confirme ce qu'on a dit au par avant :
  - ✓ Il y a une légère augmentation du pH lorsque la concentration de la chaux augmente ;
  - ✓ Le pH ne varie pas, ni entre l'avant et l'après filtration, ni au cours du temps de filtration ni même avec la variation du débit.
 Donc la filtration n'a pas d'influence sur le pH.

III.1.1.4. température :

➤ Pour Q=30l/h :

Tableau N° III.1.(10) : l'évolution de la température en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour 1g/l de sel et Q=30 l/h.

variation de la température T (°C) pour Q=30 l/h						
Temps (min)	1g/l de chaux		1,5g/l de chaux		2g/l de chaux	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	17	17	18	19	17	17,5
20		17,5		19,5		18
30		18		20		18,5
40		18,5		20,5		19
50		19		21		19,5
60		19,5		21,5		20
70		20		22		20,5

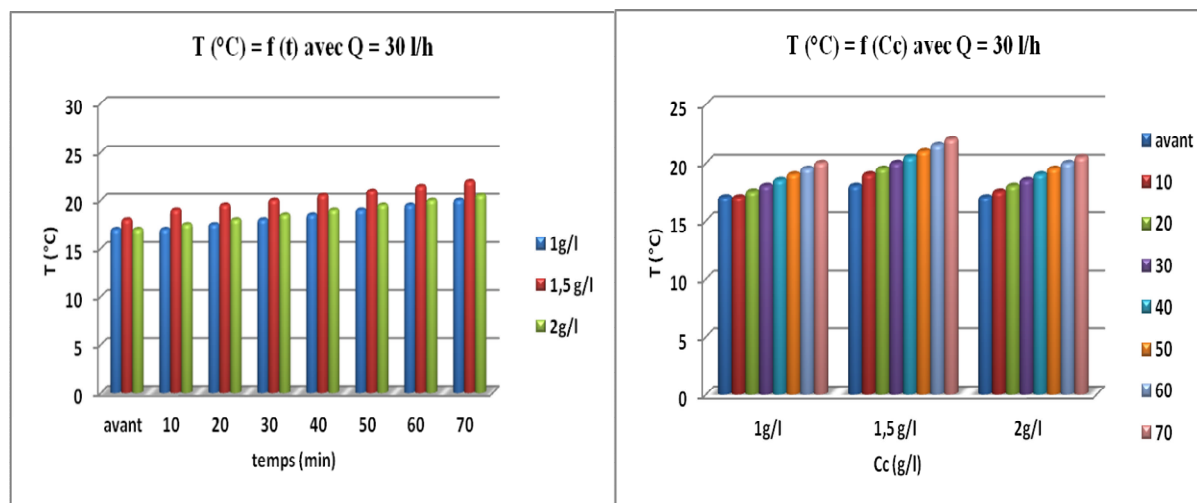


Figure N° III.1.(10(a)): l'évolution de la température en fonction du temps pour Q=30 l/h.

Figure N° III.1.(10(b)): l'évolution de la température en fonction de la concentration de la chaux pour Q=30 l/h.

➤ Pour Q=50l/h :

Tableau N° III.1.(11) : donne l'évolution de la température en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour 1g/l de sel et Q=50 l/h.

variation de la température T (°C) pour Q=50 l/h						
Temps (min)	1g/l de chaux		1,5g/l de chaux		2g/l de chaux	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	20	20	18	19	24,5	24,5
20		21		19,5		25
30		21,5		20		25,5
40		21,7		21		26
50		22		21,5		26,5
60		22,5		21,5		27
70		23		22		27,5

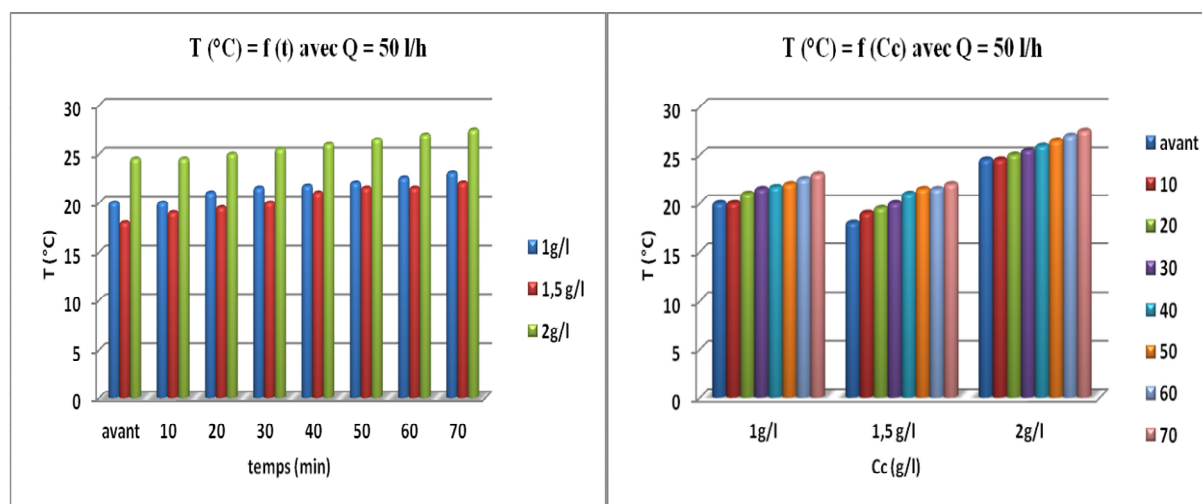


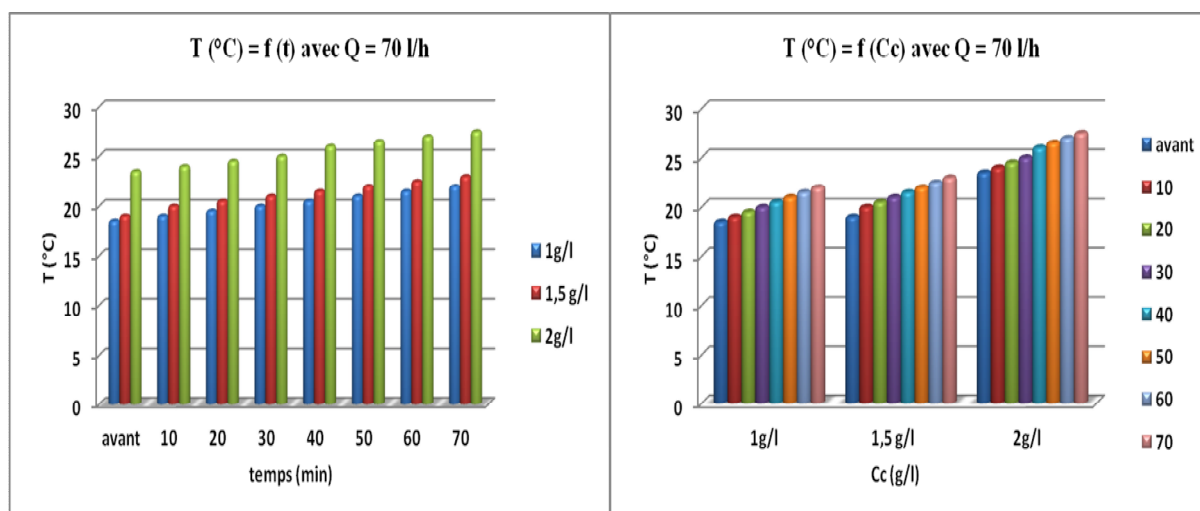
Figure N° III.1.(11(a)) : l'évolution de la température en fonction du temps pour Q=50 l/h.

Figure N° III.1.(11(b)) : l'évolution de la température en fonction de la concentration de la chaux pour Q=50 l/h.

➤ Pour Q=70l/h :

Tableau N° III.1.(12) : donne l'évolution de la température en fonction du temps et de la concentration de la chaux pour 1g/l de sel et Q=70 l/h.

variation de la température T (°C) pour Q=70 l/h						
Temps (min)	1g/l de chaux		1,5g/l de chaux		2g/l de chaux	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	18,5	19	19	20	23,5	24
20		19,5		20,5		24,5
30		20		21		25
40		20,5		21,5		26
50		21		22		26,5
60		21,5		22,5		27
70		22		23		27,5



**Figure N° III.1.(12(a)) :** l'évolution de la température en fonction du temps pour Q=70 l/h.

**Figure N° III.1.(12(b)) :** l'évolution de la température en fonction de la concentration de la chaux pour Q=70 l/h.

- A partir des figures N° III.1.(10, 11 , 12) on constate, que la température augmente selon le temps due aux pertes d'énergies que dégage l'eau au cours de la filtration et cela due aux phénomènes de frottement, qui augmentent à leur tour :
  - ✓ selon le débit donc selon la vitesse d'écoulement et par conséquent selon les pertes de charges linéaires ;
  - ✓ selon la concentration de la chaux et donc selon les pertes de charges due au colmatage du milieu filtrant.

Il faut ajouter la chaleur qui provienne de l'agitation avec la pompe.

### II.1.2. 2<sup>ème</sup> sable :

Pour le deuxième sable on a fait :

- 1) Une filtration seulement en fixant un débit de Q=30l/h, une concentration de sel de 5 g/l et une concentration de la chaux de 2g/l mais en variant la hauteur du sable ;
- 2) Une filtration avec un traitement préalable en gardant le même débit et concentration de sel que (1) mais en fixant une concentration de la chaux de 1g/l et une hauteur de H=50 cm.

Les séries de traitement sont :

- ✓ Coagulation-filtration ;
- ✓ Coagulation- décantation-filtration.

**1) Variation de la hauteur du sable :****➤ Mode opératoire :**

Pour cette partie la quantité utilisée de sel est de 5g/l et 2g/l de la chaux.

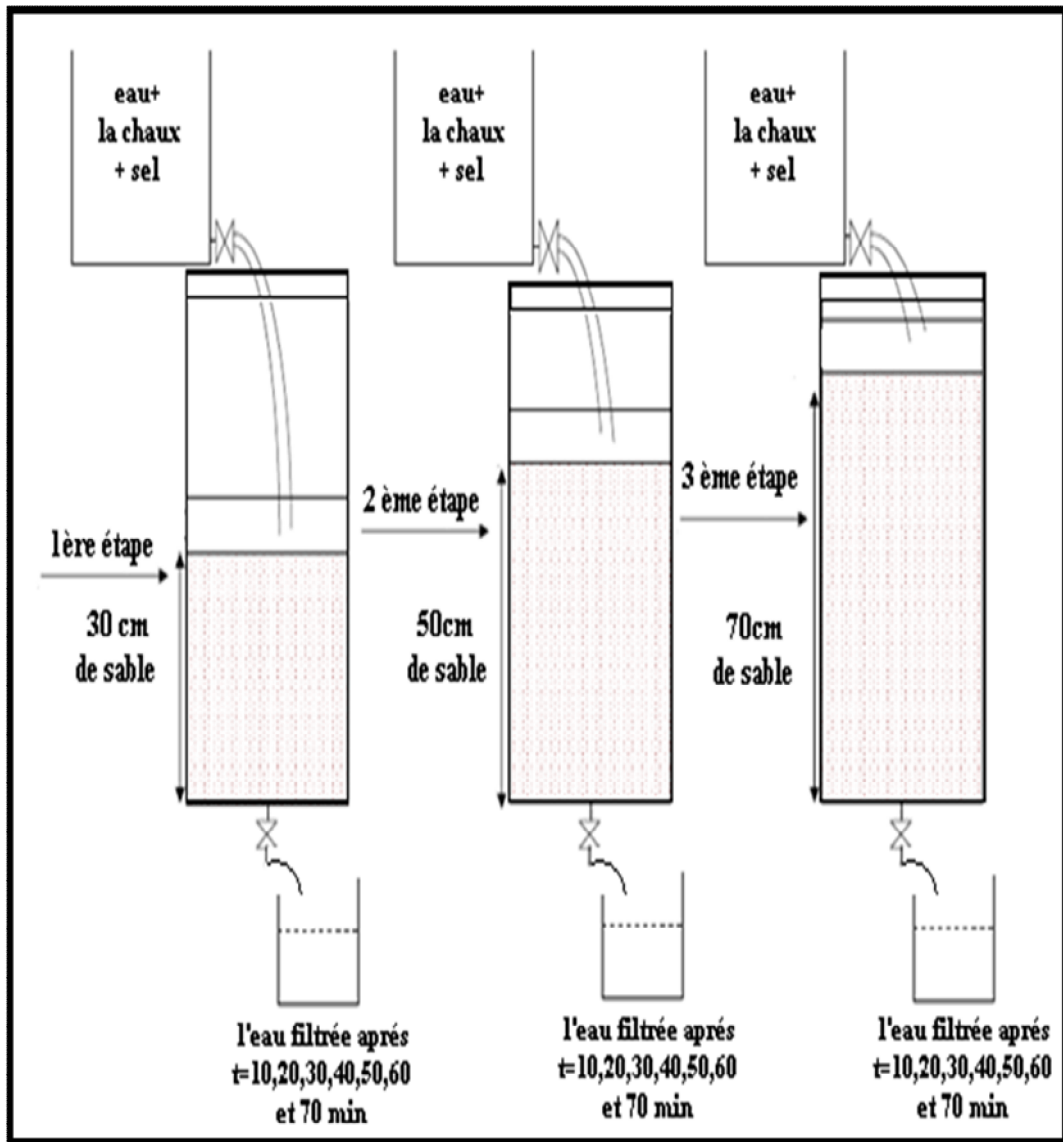
Au début de la filtration, on a réglé le débit de filtration à  $Q = 30$  l/h cela à l'aide de la vanne de réglage VR1. L'eau mélangée avec le sel et la chaux s'écoule à travers les différentes hauteurs de lit de sable, ces hauteurs sont 30, 50 et 70 cm.

A une hauteur de 30 cm on prélève des échantillons d'eau filtrée à des temps prédéterminés : 10 ; 20 ; 30; 40; 50, 60 et 70 min, l'expérience est schématisée dans la figure N° **III.1.(13)**.

Après cette étape on refait la même expérience que précédemment en utilisant une hauteur de sable 50 cm et on refait la même chose pour une hauteur de sable de 70 cm.

Les prélèvements d'eaux filtrées sont faits dans les mêmes conditions que la première étape.

Une analyse est effectuée pour déterminer : la turbidité, la salinité, le pH et la température, et on dresse le tableau N° **III.1.(13)**.



**Figure N° III.1.(13):** Représentation schématique de la filtration sur un lit constitué avec le 2<sup>ème</sup> sable avec variation de l'épaisseur.

Les résultats de cette partie sont assignés dans le tableau N° III.1.(13).

**Tableau N° III.1.(13):** donne les résultats de l'analyse après filtration pour les différentes hauteurs de sable.

Temps (min)	La hauteur du lit de sable (cm)	TUR (NTU)	SAL (ppm)	pH	T (C°)
0		20	7,64	8.8	25
10	<b>H<sub>1</sub> = 30</b>	10,57	7.82	8.7	25.3
	<b>H<sub>2</sub> = 50</b>	10,12	7.74	8.8	26.5
	<b>H<sub>3</sub> = 70</b>	9,53	7.65	8.7	26.5
20	<b>H<sub>1</sub> = 30</b>	12,5	8.10	8.8	25,7
	<b>H<sub>2</sub> = 50</b>	11,28	7.94	8.8	27
	<b>H<sub>3</sub> = 70</b>	10.42	7.76	8.8	27
30	<b>H<sub>1</sub> = 30</b>	12,60	8.01	8.7	26
	<b>H<sub>2</sub> = 50</b>	11,52	7.64	8.8	27.5
	<b>H<sub>3</sub> = 70</b>	10,60	7.60	8.8	28
40	<b>H<sub>1</sub> = 30</b>	7,815(avec Q=20l/h)	7.89	8.8	26,5
	<b>H<sub>2</sub> = 50</b>	11,86	7.57	8.7	28
	<b>H<sub>3</sub> = 70</b>	10.53	7.62	8.8	28.5
50	<b>H<sub>1</sub> = 30</b>	colmatage	/	/	/
	<b>H<sub>2</sub> = 50</b>	11,41	7.72	8.7	28.5
	<b>H<sub>3</sub> = 70</b>	10.65	7.67	8.7	29
60	<b>H<sub>1</sub> = 30</b>	colmatage	/	/	/
	<b>H<sub>2</sub> = 50</b>	11,29	7.64	8.8	29
	<b>H<sub>3</sub> = 70</b>	10.63	7.59	8.8	29.5
70	<b>H<sub>1</sub> = 30</b>	colmatage	/	/	/
	<b>H<sub>2</sub> = 50</b>	11,75	7.59	8.8	29.5
	<b>H<sub>3</sub> = 70</b>	10.63	7.61	8.8	30

➤ **Interprétation des résultats :**

Pour une analyse large des résultats trouvés, enregistrés dans le **tableau N° III.1.(13)**, on a tracé les histogrammes déterminants l'évolution des différents paramètres physico-chimiques en fonction du temps de filtration puis en fonction de la hauteur de filtration.

## A. La turbidité :

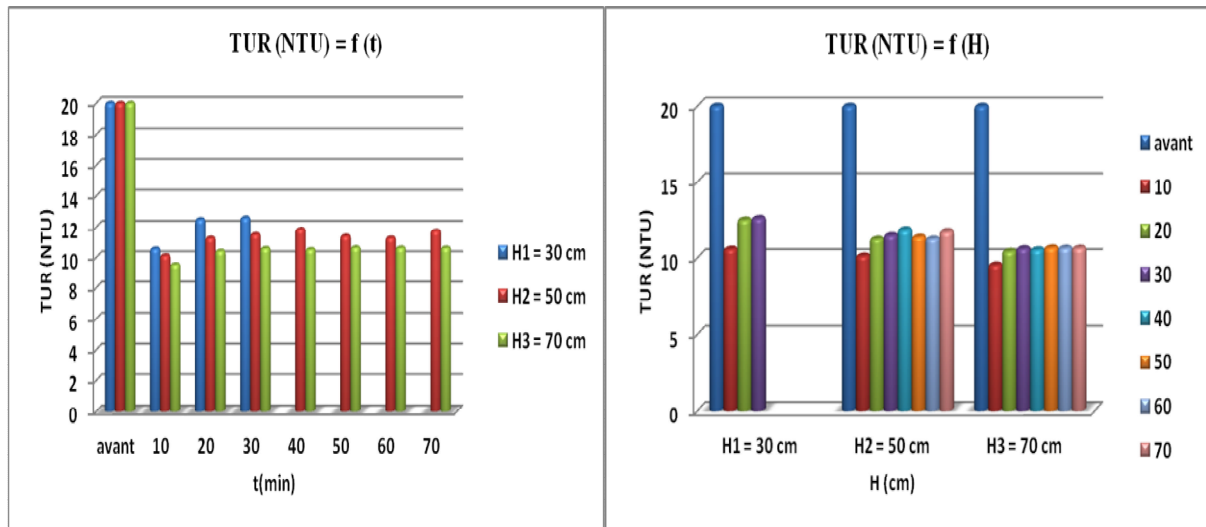


Figure N° III.1.(13(a)) : un histogramme qui représente l'évolution de la turbidité en fonction du temps.

Figure N° III.1.(13(b)) : un histogramme qui représente l'évolution de la turbidité en fonction de la hauteur du sable.

D'après les histogrammes des figures N° III.1.(13 ; (a , b)) on remarque que la turbidité diminue après filtration né au moins elle augmente avec le temps jusqu'à ce qu'elle se stabilise et diminue en fonction de la hauteur du lit filtrant jusqu'à atteindre une valeur constante de **10.63 NTU** pour une hauteur de **70 cm** et un temps de **70 min**. Cette valeur est plus faible que celles trouvés avec les hauteurs de **30** et **50 cm** pour le même temps de filtration. Avec cette hauteur, l'eau est clarifiée de **50%**, alors que le taux d'élimination pour les deux autres est un peu moins.

Donc, la hauteur du lit de sable joue un rôle très important ; plus la hauteur augmente, meilleur sera la filtration.



**B. Salinité :**

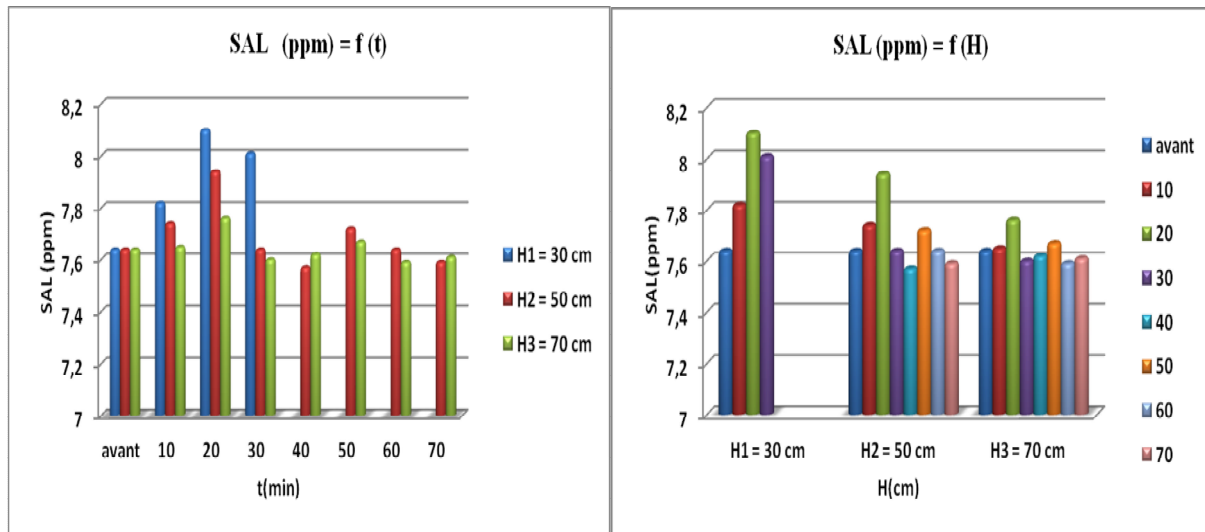


Figure N° III.1.(13(c)): un histogramme qui représente l'évolution de la salinité en fonction du temps.

Figure N° III.1.(13(d)): un histogramme qui représente l'évolution de la salinité en fonction de la hauteur de sable.

- En ce qui concerne la salinité on ne voit pas une influence de la hauteur du sable sur ce paramètre.

**C. Le pH :**

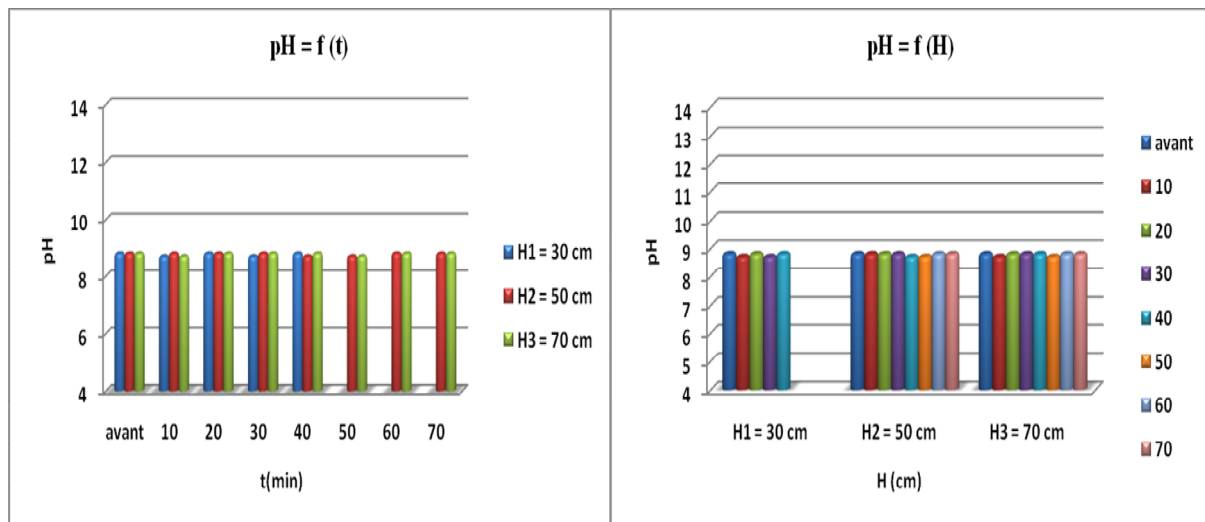
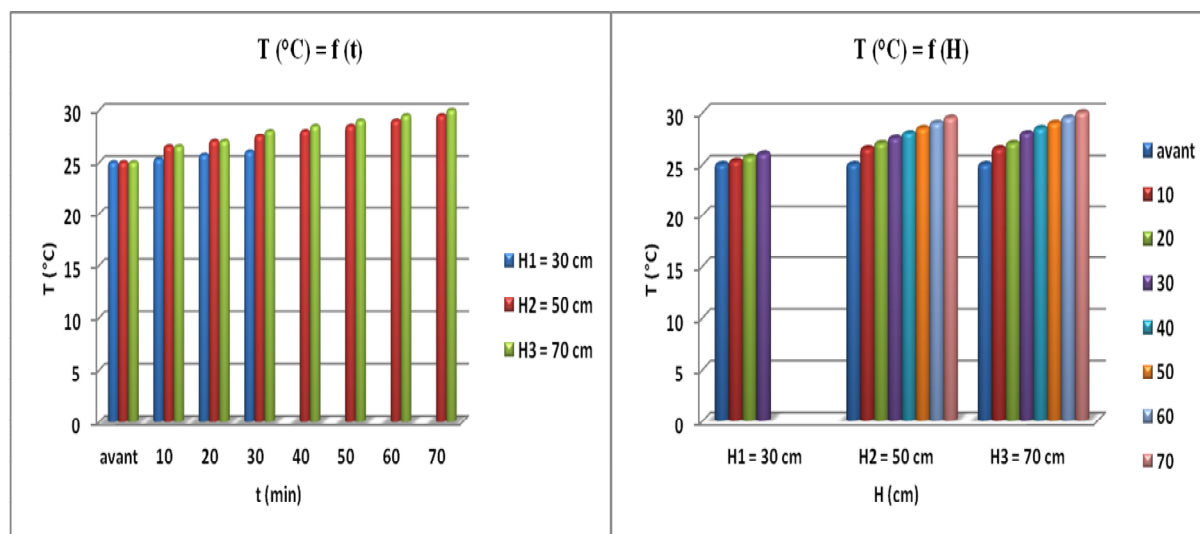


Figure N° III.1.(13(e)): un histogramme qui représente l'évolution du pH en fonction du temps.

Figure N° III.1.(13(f)): un histogramme qui représente l'évolution pH en fonction de la hauteur de sable.

- A partir des figures N° III.1.(13;(e, f)), on remarque que le pH reste le même au cours du temps et selon la hauteur du sable. Donc la hauteur du sable n'a aucune influence sur le pH.

**D. Température :**

**Figure N° III.1.(13(g)):**un histogramme qui représente l'évolution de la température en fonction du temps. **Figure N° III.1.(13(h)):**un histogramme qui représente l'évolution de la température en fonction de la hauteur de sable.

- A partir des figures N° III.1.(13;(g , h)), on constate que la température augmente selon le temps.

**2) Une filtration avec un traitement préalable :**

On se propose dans cette partie, de comparer les caractéristiques physico-chimiques de l'eau filtré, sans et avec des traitements préalables, afin de mettre en évidence l'efficacité de ces traitements.

Pour cette manipe et pour une filtration avec un traitement préalable de coagulation seulement ou de coagulation-décantation, ont été obligés de faire un petit changement sur le pilote. On a changé la cuve de la solution et la pompe du pilote TE 400 avec une cuve d'un autre pilote (TE 600 pilote de traitement de coagulation-floculation et décantation) qui a une pompe immergé de faible puissance, afin d'agiter la solution de (l'eau + 5g de sel + 1g de la chaux et la concentration optimum du coagulant sulfate d'aluminium  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 18 \text{H}_2\text{O}$ ) sans détruire les floccs qui se forment durant l'agitation.

**Remarque :**

Pour le traitement avec une coagulation-filtration, le filtre a été rapidement colmaté après 20min de filtration. À cet effet on a fait la comparaison entre les différents types de traitement avec ce temps-là (20min).

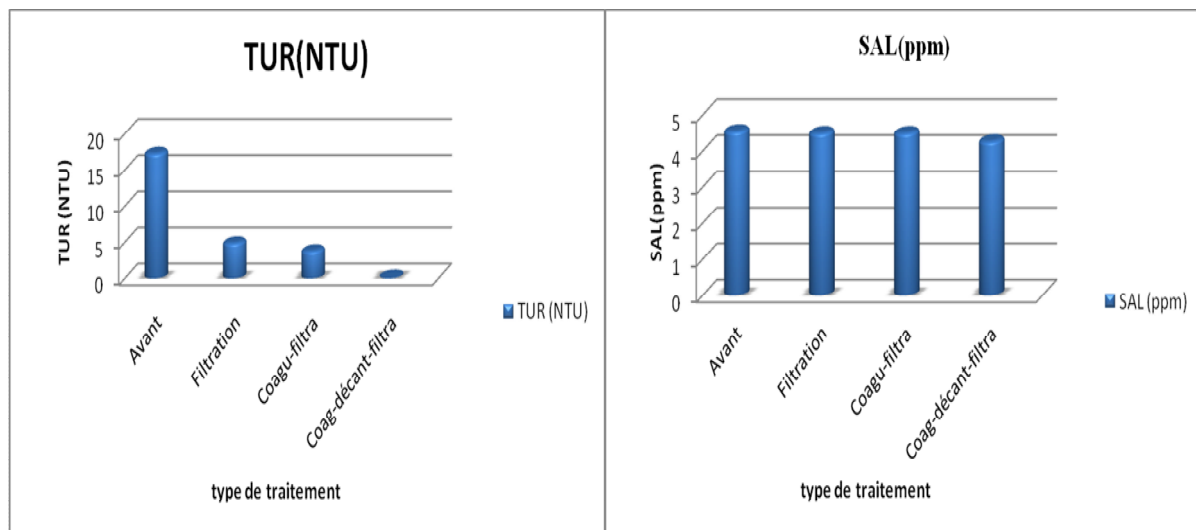
Les résultats de cette partie sont répertoriés dans le tableau suivant :

**Tableau N° III.1.(14):** donne les différents résultats de l’analyse après chaque type de traitement.

Type de traitement	TUR (NTU)		SAL ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )		pH		T (C°)	
	Avant	après	Avant	après	Avant	après	Avant	après
Filtration seulement	17,3	4,92	4,55	4,5	8,8	8,7	26	29
Coagulation-filtration		3,82		4,5		8,7	26,5	27
Coagulation-décantation-filtration		0.12		4,27		8,7	26,5	28,5

**A.La turbidité :**

**B.Salinité :**



**Figure N° III.1.(14(a)):** histogramme qui représente la turbidité après chaque type de traitement.

**Figure N° III.1.(14(b)):** histogramme qui représente la salinité après chaque type de traitement.

## C. Le pH

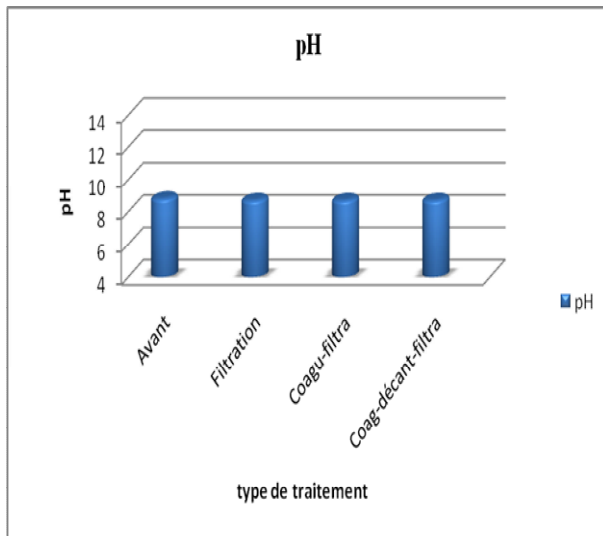


Figure N° III.1.(14(c)) : histogramme qui représente Le pH après chaque type de traitement.

## D. Température

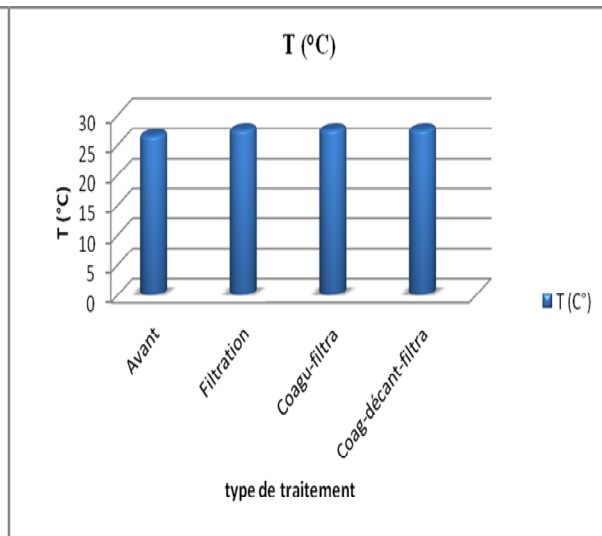


Figure N° III.1.(14(d)) : histogramme qui représente la température après chaque type de traitement.

- A partir de la figure N° III.1.(14(a)), on constate qu'avec un traitement préalable, la qualité obtenue, concernant la turbidité, est très bonne. Elle est de 3.82 NTU avec une coagulation-filtration et de 0.12 NTU avec une coagulation-décantation et filtration. On peut dire donc que la filtration nécessite un traitement préalable pour les eaux brutes qui ont une grande turbidité car la filtration est un traitement de finition.
- Concernant les autres paramètres (SAL, pH et température) et à partir des figures N° III.1.(14(b , c , d)) on remarque qu'il n'y a pas eu vraiment un changement.

### III.3. Variation des différents paramètres physico-chimique selon le temps et la concentration de sel:

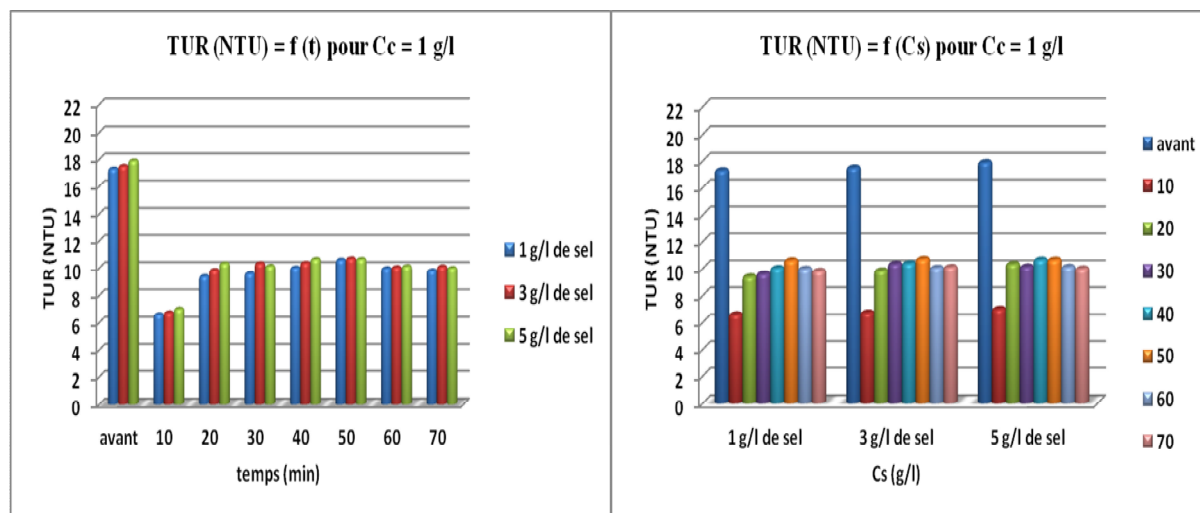
Cette partie est effectuée avec le premier sable seulement. On a fait une comparaison des analyses physico-chimiques obtenues selon le temps et la concentration de sel avec un débit  $Q=30l/h$ . Le but est de voir s'il y a une influence de la salinité sur la qualité de l'eau filtrée.

#### III.2.1. Turbidité :

➤ Pour  $C_c = 1g/l$  :

**Tableau N°III.2.(1):** donne l'évolution de la turbidité en fonction du temps et de la concentration de sel pour  $C_c = 1 g/l$ .

variation de la TUR (NTU) pour 1 g de la chaux				
Temps (min)	avant	après		
		1 g/l de sel	3 g/l de sel	5 g/l de sel
10	17.3	6,61	6,75	7,02
20		9,38	9,84	10,34
30		9,59	10,35	10,14
40		10,02	10,38	10,66
50		10,61	10,71	10,66
60		9,97	10,05	10,12
70		9,81	10,1	9,99



**Figure N° III.2.(1 (a)) :** l'évolution de la turbidité en fonction du temps pour  $C_c = 1g/l$ .

**Figure N° III.2.(1 (b)) :** l'évolution de la turbidité en fonction de la concentration de sel pour  $C_c = 1g/l$ .

➤ Pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$  :

Tableau N° III.2.(2) : donne l'évolution de la turbidité en fonction du temps et de la concentration de sel pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$ .

variation de la TUR (NTU) pour 1.5 g de la chaux				
Temps (min)	avant	après		
		1 g/l de sel	3 g/l de sel	5 g/l de sel
10	18.4	7,4	7,16	7,21
20		8,7	9,5	9,36
30		10,2	10,67	10,95
40		11,1	11,41	11,39
50		11,7	11,97	11,82
60		12,5	12,32	12,19
70		12,7	12,76	12,67

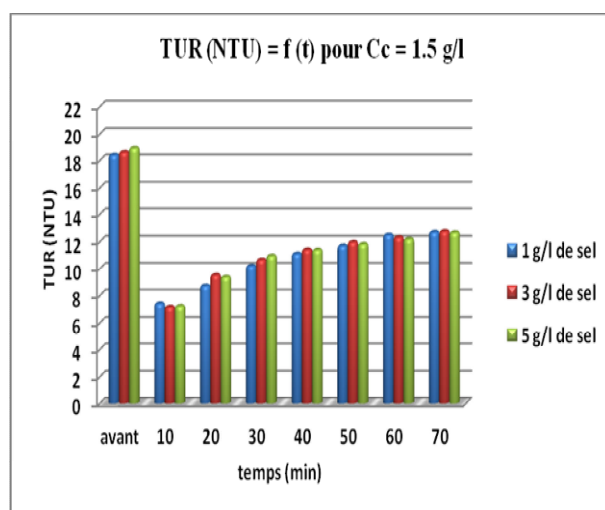


Figure N° III.2.(2 (a)) : l'évolution de la turbidité en fonction du temps pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$ .

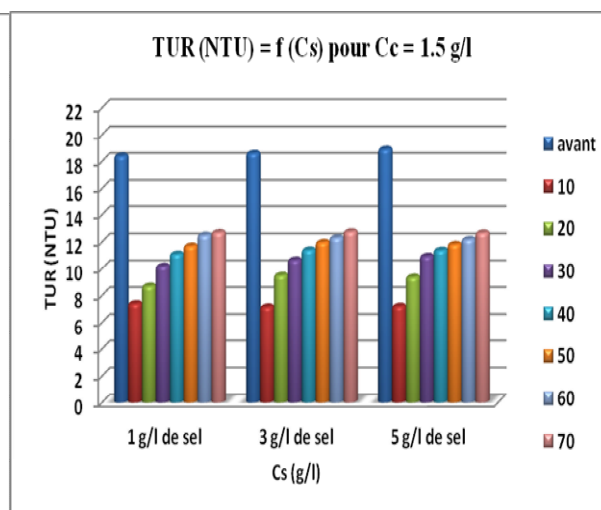


Figure N° III.2.(2 (b)) : l'évolution de la turbidité en fonction de la concentration de sel pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$ .

➤ Pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$  :

Tableau N° III.2.(3) : donne l'évolution de la turbidité en fonction du temps et de la concentration de sel pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$ .

variation de la TUR (NTU) pour 2 g de la chaux				
Temps (min)	avant	après		
		1 g/l de sel	3 g/l de sel	5 g/l de sel
10	20	11,08	10,97	11,5
20		11,93	11,6	11,91
30		12,29	12,6	12,95
40		13,03	12,6	13,25
50		13,3	13	13,64
60		13,21	12,8	13,25
70		12,91	12,85	13,45

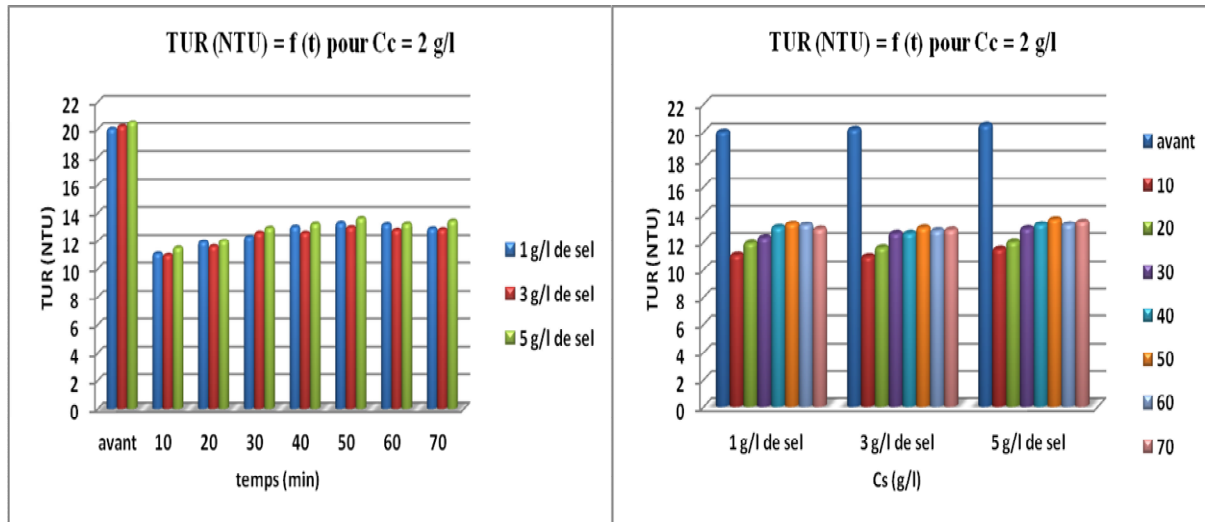


Figure N° III.2.(3 (a)) : l'évolution de la turbidité en fonction du temps pour Cc = 2g/l.

Figure N° III.2.(3 (b)) : l'évolution de la turbidité en fonction de la concentration de sel pour Cc = 2g/l.

- A partir des figures N° III.2.(1, 2 , 3) on constate que la concentration en sel n'a pas d'influence sur la turbidité. Il n'y a pas vraiment une grande différence entre les valeurs obtenues avec 1, 3 et 5 g de sel et cela pour chaque concentration de la chaux que nous avons utilisée. Les faibles différences peuvent être dues à plusieurs causes:
  - ✓ Le sel emporte comme même une petite turbidité à l'eau parce qu'il n'est pas propre ;
  - ✓ Le lavage du filtre, où pour chaque lavage les grains de sable se changent de place selon leurs poids et la pression de l'eau d'alimentation (de lavage);
  - ✓ Le colmatage qui n'est pas le même pour chaque filtration, il y a toujours une différence.

Donc la concentration de sel n'a pas d'influence sur ce paramètre.

III.2.2. La salinité :

➤ Pour  $C_c = 1\text{ g/l}$  :

Tableau N° III.2.(4) : donne l'évolution de la salinité en fonction du temps et de la concentration de sel pour  $C_c = 1\text{ g/l}$ .

variation de la salinité pour 1 g de la chaux						
Temps (min)	1 g/l de sel		3 g/l de sel		5 g/l de sel	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	1.81	1,6	3.89	3,89	4.55	4,57
20		1,73		3,94		4,55
30		1,83		3,94		4,57
40		1,71		3,90		4,59
50		1,87		3,92		4,59
60		1,81		3,90		4,54
70		1,83		3,88		4,56

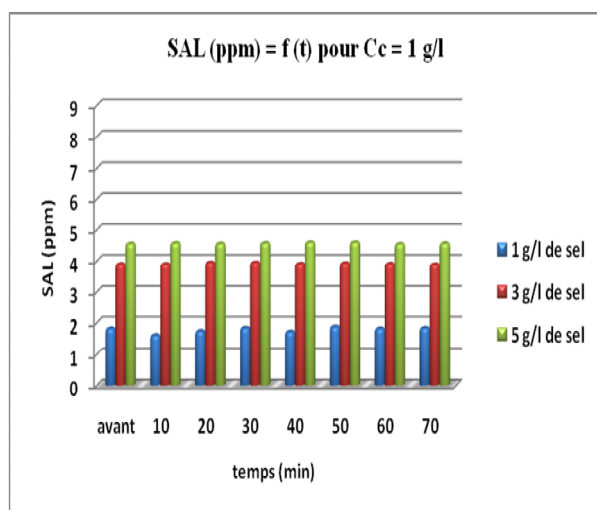


Figure N° III.2.(4 (a)) : l'évolution de la salinité en fonction du temps pour  $C_c = 1\text{ g/l}$ .

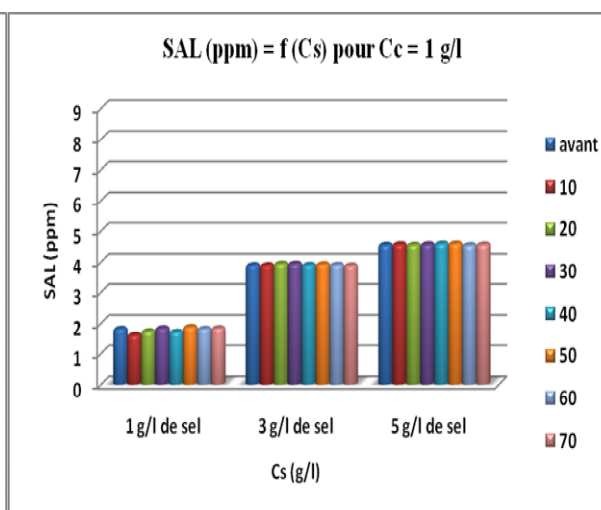


Figure N° III.2.(4 (b)) : l'évolution de la salinité en fonction de la concentration de sel pour  $C_c = 1\text{ g/l}$ .



➤ Pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$  :

Tableau N° III.2.(5): donne l'évolution de la salinité en fonction du temps et de la concentration de sel pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$ .

variation de la salinité pour 1.5 g de la chaux et $Q=30 \text{ l/h}$						
Temps (min)	1 g/l de sel		3 g/l de sel		5 g/l de sel	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	3,04	2,68	4,92	4,97	5,88	5,89
20		2,6		4,92		5,87
30		2,68		4,92		5,91
40		2,84		4,88		5,92
50		2,85		4,92		5,93
60		2,94		4,93		5,90
70		2,75		4,97		5,98

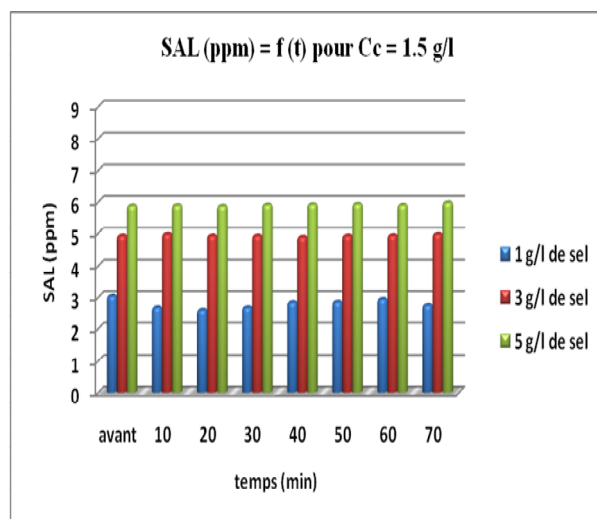


Figure N° III.2.(5 (a)): l'évolution de la salinité en fonction du temps pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$ .

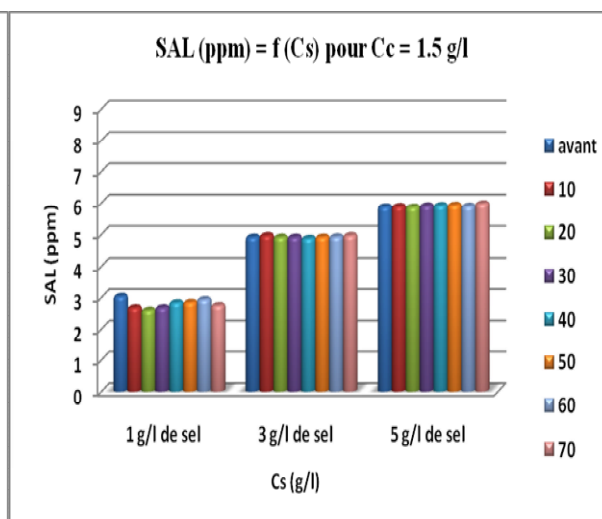


Figure N° III.2.(5 (b)): l'évolution de la salinité en fonction de la concentration de sel pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$ .

➤ Pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$ :

Tableau N° III.2.(6): donne l'évolution de la salinité en fonction du temps et de la concentration de sel pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$ .

variation de la salinité pour 2 g de la chaux et $Q=30 \text{ l/h}$						
Temps (min)	1 g/l de sel		3 g/l de sel		5 g/l de sel	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	3,44	3,52	5,88	5,90	7,64	7,65
20		3,61		5,89		7,68
30		3,66		5,85		7,67
40		3,69		5,88		8,67
50		3,73		5,87		7,65
60		3,73		5,91		7,67
70		3,6		5,89		7,63

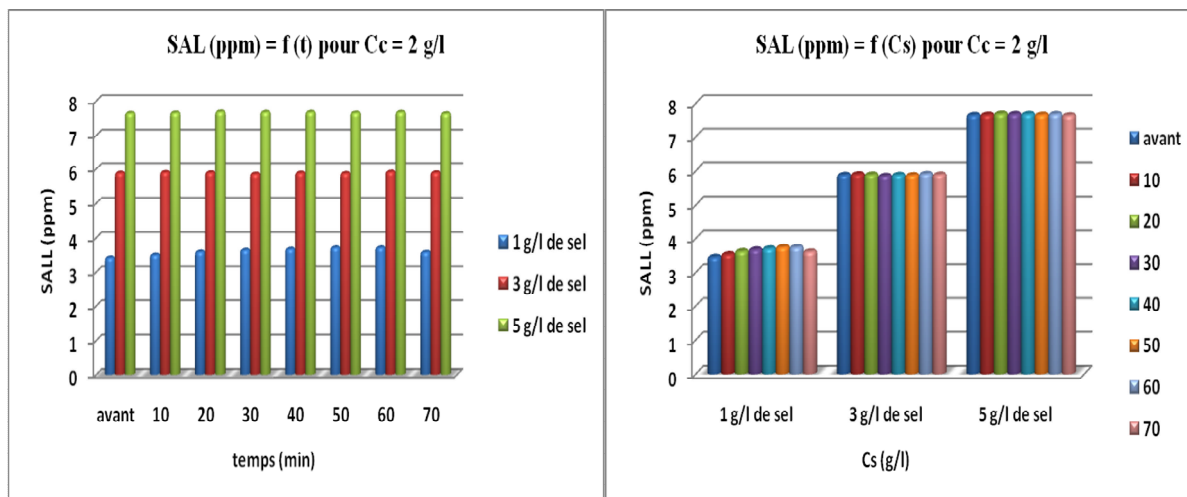


Figure N° III.2.(6 (a)) : l'évolution de la salinité en fonction du temps pour Cc = 2g/l.

Figure N° III.2.(6 (b)) : l'évolution de la salinité en fonction de la concentration de sel pour Cc = 2g/l.

- A partir des figures N° III.2.(4 , 5 , 6) et comme on la déjà dit au par avant, plus la quantité de sel et de la chaux augmente plus la salinité augmente. On constate aussi que la filtration n'a aucune influence sur la salinité.

**III.2.3. pH :**

➤ Pour Cc = 1g/l:

**Tableau N° III.2.(7):** donne l'évolution du pH en fonction du temps et de la concentration de sel pour Cc = 1 g/l.

variation du pH pour 1 g de la chaux						
	1 g/l de sel		3 g/l de sel		5 g/l de sel	
Temps (min)	avant	après	avant	après	avant	après
10	7,83	7,82	8,4	8,4	8,4	8,3
20		7,79		8,4		8,4
30		7,8		8,3		8,3
40		7,83		8,4		8,3
50		7,82		8,4		8,3
60		7,84		8,3		8,4
70		7,81		8,4		8,4

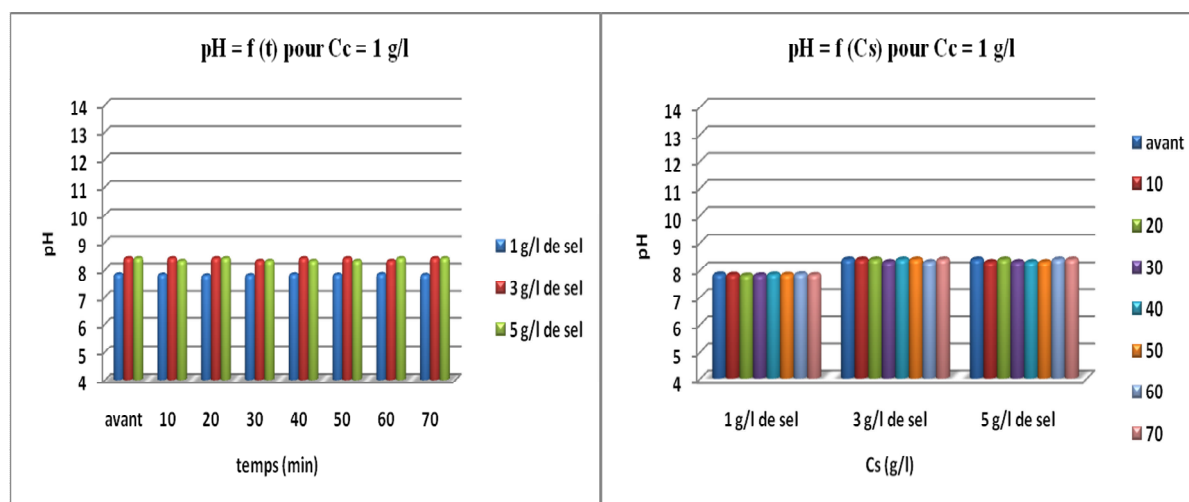


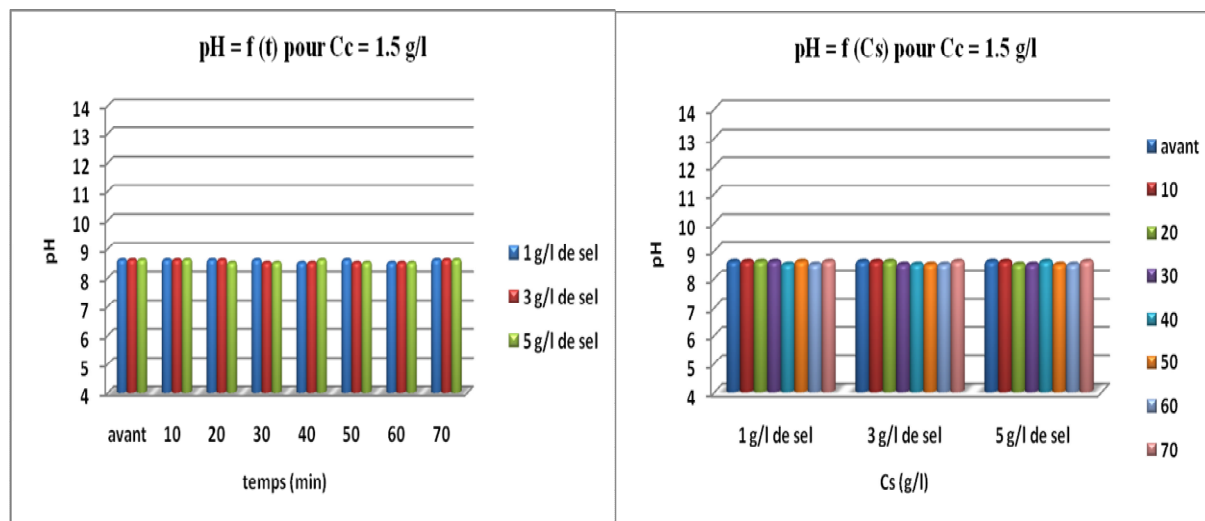
Figure N° III.2.(7 (a)) : l'évolution du pH en fonction du temps pour Cc = 1 g/l.

Figure N° III.2.(7 (b)) : l'évolution du pH en fonction de la concentration de sel pour Cc = 1 g/l.

➤ Pour Cc = 1.5 g/l :

Tableau N° III.2.(8): donne l'évolution du pH en fonction du temps et de la concentration de sel pour Cc = 1.5 g/l.

variation du pH pour 1.5 g de la chaux						
Temps (min)	1 g/l de sel		3 g/l de sel		5 g/l de sel	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6
20		8,6		8,6		8,5
30		8,6		8,5		8,5
40		8,5		8,5		8,6
50		8,6		8,5		8,5
60		8,5		8,5		8,5
70		8,6		8,6		8,6



➤ Pour  $C_c = 2$  g/l :

**Tableau N° III.2.(9):** donne l'évolution du pH en fonction du temps et de la concentration de sel pour  $C_c = 2$  g/l.

variation du pH pour 2 g de la chaux						
Temps (min)	1 g/l de sel		3 g/l de sel		5 g/l de sel	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	8,8	8,7	8,8	8,7	8,8	8,6
20		8,8		8,7		8,7
30		8,8		8,7		8,8
40		8,7		8,8		8,8
50		8,7		8,8		8,7
60		8,8		8,7		8,7
70		8,6		8,7		8,7

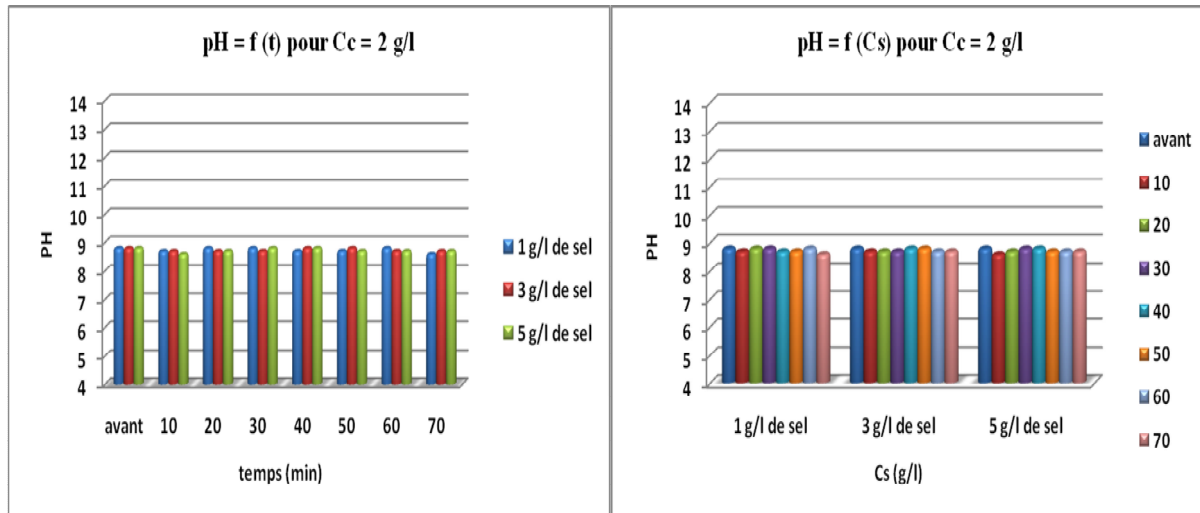


Figure N° III.2.(9 (a)): l'évolution du pH en fonction du temps pour Cc = 2 g/l.

Figure N° III.2.(9 (b)): l'évolution du pH en fonction de la concentration de sel pour Cc = 2 g/l.

- La concentration de sel n'a pas d'influence sur ce paramètre, il y a une légère augmentation due à l'augmentation de la concentration de la chaux seulement.

**III.2.4. Température :**

➤ Pour Cc = 1g/l :

Tableau N° III.2.(10): donne l'évolution de la température en fonction du temps et de la concentration de sel pour Cc =1 g/l.

variation de la température pour 1 g de la chaux						
Temps (min)	1 g/l de sel		3 g/l de sel		5 g/l de sel	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	17	17	25,5	25,5	22	22,5
20		17,5		26		23
30		18		26,5		23,5
40		18,5		27		24
50		19		27,5		24,5
60		19,5		28		25
70		20		28.5		25,5

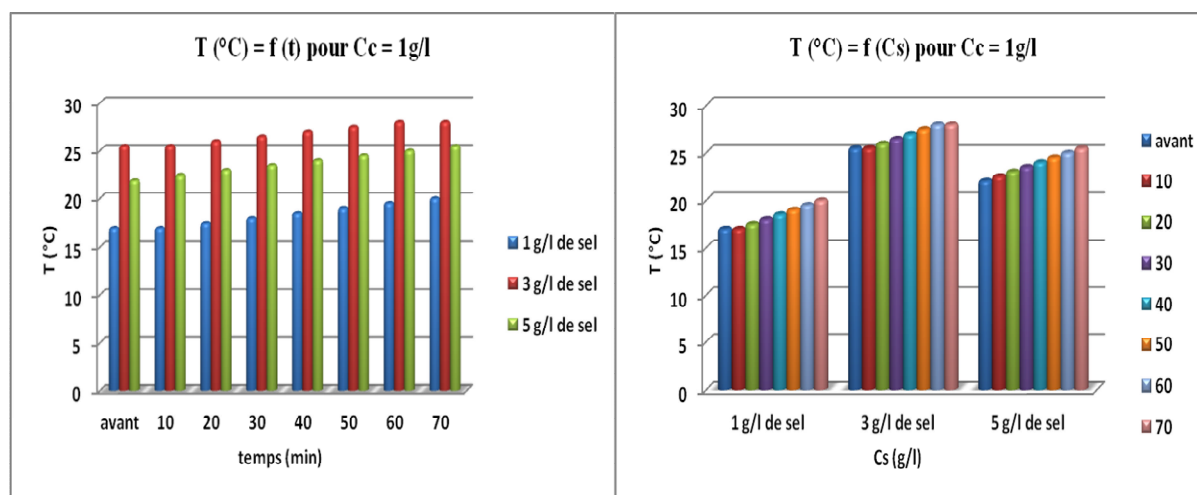


Figure N° III.2.(10 (a)): l'évolution de la température en fonction du temps pour  $C_c = 1 \text{ g/l}$ .

Figure N° III.2.(10 (b)): l'évolution de la température en fonction de la concentration de sel pour  $C_c = 1 \text{ g/l}$ .

➤ Pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$ :

Tableau N° III.2.(11): donne l'évolution de la température en fonction du temps et de la concentration de sel pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$ .

variation de la température pour 1.5 g de la chaux et $Q=30 \text{ l/h}$						
	1 g/l de sel		3 g/l de sel		5 g/l de sel	
Temps (min)	avant	après	avant	après	avant	après
10	18	19	23	24	21,5	22
20		19,5		24,5		23
30		20		25		23,5
40		20,5		25,5		24
50		21		26		24,5
60		21,5		26,5		25
70		22		27		25,5

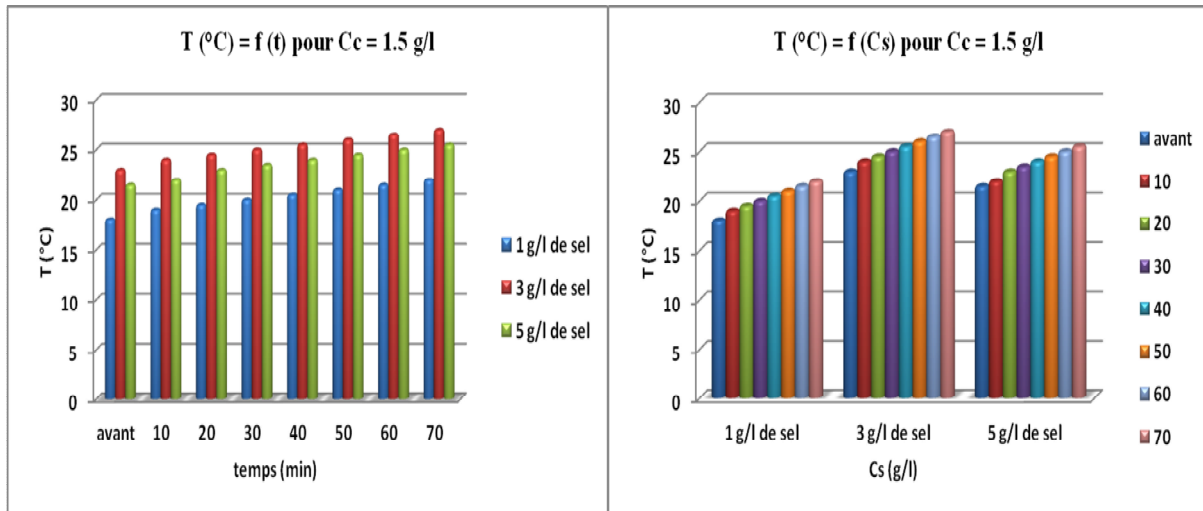


Figure N° III.2.(11 (a)) : l'évolution de la température en fonction du temps pour  $C_c = 1.5$  g/l.

Figure N° III.2.(11 (b)) : l'évolution de la température en fonction de la concentration de sel pour  $C_c = 1.5$  g/l.

➤ Pour  $C_c = 2$  g/l :

Tableau N° III.2.(12): donne l'évolution de la température en fonction du temps et de la concentration de sel pour  $C_c = 2$  g/l.

variation de la température pour 2 g de la chaux et $Q=30$ l/h						
Temps (min)	1 g/l de sel		3 g/l de sel		5 g/l de sel	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	17	17,5	25	25,5	21	21
20		18		26		22
30		18,5		26,5		22,5
40		19		27		23
50		19,5		27,5		23,5
60		20		28		24
70		20,5		28,5		24,5

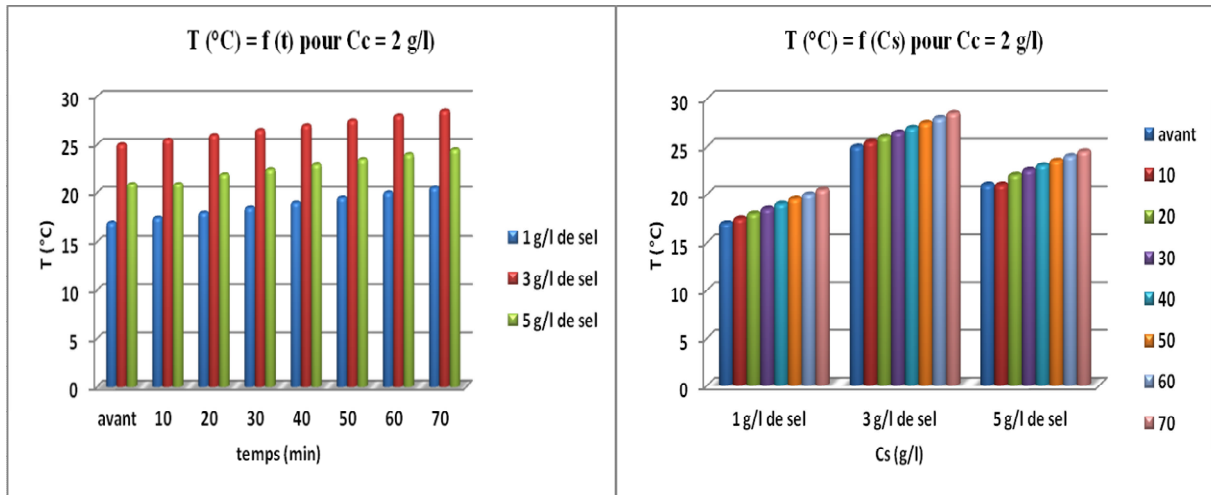


Figure N° III.2.(12 (a)) : l'évolution de la température en fonction du temps pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$ .

Figure N° III.2.(12(b)) : l'évolution de la température en fonction de la concentration de sel pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$ .

- La concentration en sel n'a pas d'influence sur ce paramètre, l'évolution de la température au cours du temps est due seulement au frottement et à l'énergie fournie par la pompe.



### III.3. Variation des différents paramètres en fonction du temps et le débit :

Cette partie est effectuée avec le premier sable seulement. La comparaison des analyses physico-chimiques obtenues est faite selon le temps et la variation du débit, pour chaque concentration de la chaux et pour une seule concentration de sel  $C_s = 1\text{g/l}$ . Le but est de voir l'influence de la variation du débit sur la qualité du filtra.

#### III.3.1. Turbidité :

➤ Pour  $C_c = 1\text{g/l}$  :

Tableau N°III.3.(1): donne l'évolution de la turbidité en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+1g de la chaux).

TUR (NTU) (1 g de sel + 1 g de la chaux)						
Temps (min)	Q= 30l/h		Q= 50l/h		Q= 70l/h	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	17,3	6,61	17,3	9,67	17,3	12,3
20		9,38		10,28		12,3
30		9,59		10,44		12,2
40		10,02		10,89		12,2
50		10,61		10,74		11,6
60		9,97		10,89		11,4
70		9,81		10,9		11,4

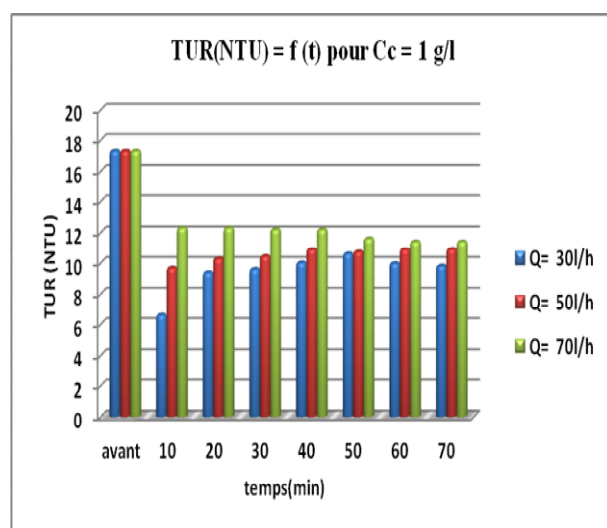


Figure N° III.3.(1(a)) : l'évolution de la turbidité en fonction du temps pour  $C_c = 1\text{g/l}$ .

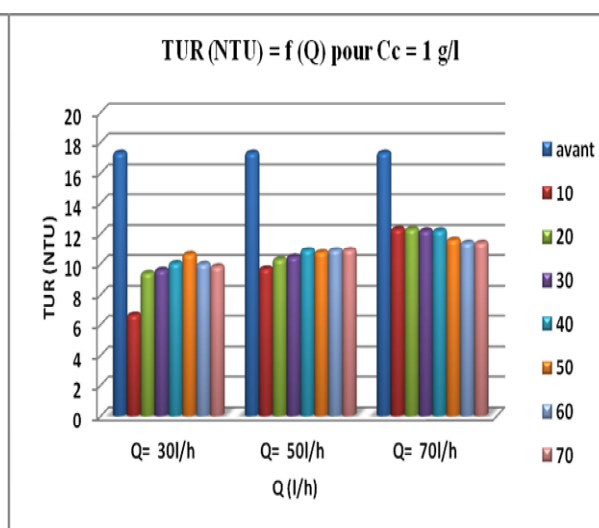


Figure N° III.3.(1(b)) : l'évolution de la turbidité en fonction du débit pour  $C_c = 1\text{g/l}$ .

- D’après la figure N° III.3.(1(a)), la turbidité diminue au début de la filtration puis elle augmente jusqu’à ce qu’elle se stabilise au cours du temps.

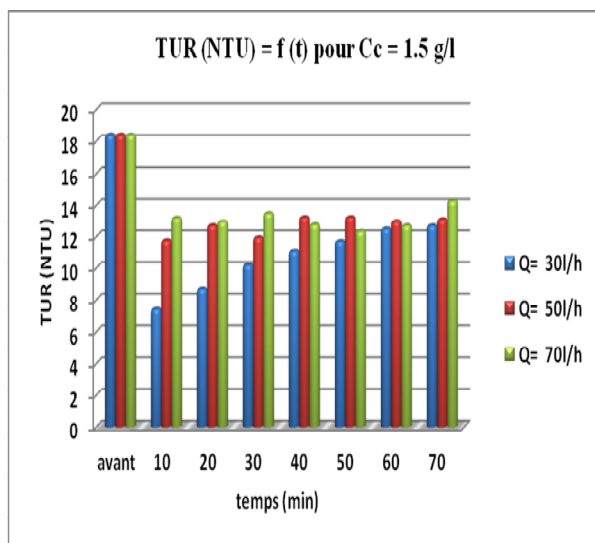
On peut expliquer cela comme suite : au début de la filtration, les particules sont retenues par le milieu poreux qui commence à se colmater après un certain temps. Ce colmatage rend les ouvertures des pores de ce milieu plus petites qu’avant d’où l’écoulement de l’eau devient turbulent et par conséquence, il y’aura un détachement des particules déjà retenues par le filtre. C’est ce qui a fait augmenter la turbidité.

On peut voir aussi que cette turbulence est croissante selon le débit ce qui est prouvé par le faite que la turbidité a augmenté lorsqu’on a augmenté le débit (figure N° III.3.(1(b))).

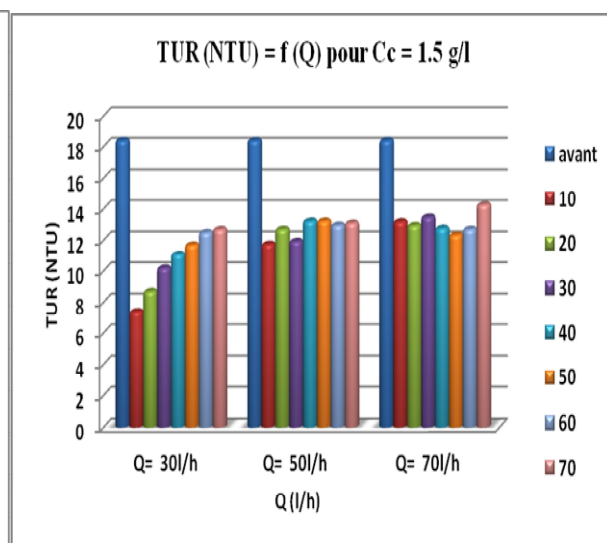
➤ Pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$  :

**Tableau N° III.3.(2) :** donne l’évolution de la turbidité en fonction du temps et selon les débits pour (1 g de sel+1.5 g de la chaux).

TUR(NTU) (1 g de sel + 1,5 g de la chaux)						
Temps (min)	Q= 30l/h		Q= 50l/h		Q= 70l/h	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	18,4	7,4	18,4	11,75	18,4	13,19
20		8,7		12,71		12,95
30		10,2		11,94		13,49
40		11,1		13,23		12,77
50		11,7		13,23		12,34
60		12,5		12,97		12,71
70		12,7		13,1		14,28



**Figure N° III.3.(2(a)):** l’évolution de la turbidité en fonction du temps pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$ .



**Figure N° III.3.(2(b)):** l’évolution de la turbidité en fonction du débit pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$ .

- D’après les figures N° III.3.(1 , 2), on peut constater que plus la concentration de la chaux augmente plus la turbidité du filtra augmente en fonction du temps et du débit. Un colmatage plus rapide du filtre.

➤ Pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$  :

Tableau N° III.3.(3): donne l’évolution de la turbidité en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+2g de la chaux).

TUR(NTU) (1 g de sel + 2 g de la chaux)						
	Q= 30l/h		Q= 50l/h		Q= 70l/h	
Temps (min)	avant	après	avant	après	avant	après
10	20	11,08	20	14,29	20	15,79
20		11,93		15,04		13,92
30		12,29		15,79		12,71
40		13,03		15,04		14,01
50		13,3		15,51		14,29
60		13,21		15,98		15,32
70		12,91		15,51		15,23

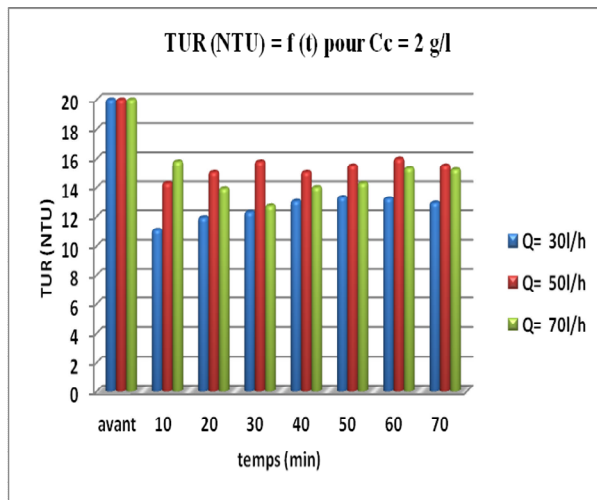


Figure N° III.3.(3(a)): l’évolution de la turbidité en fonction du temps pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$ .

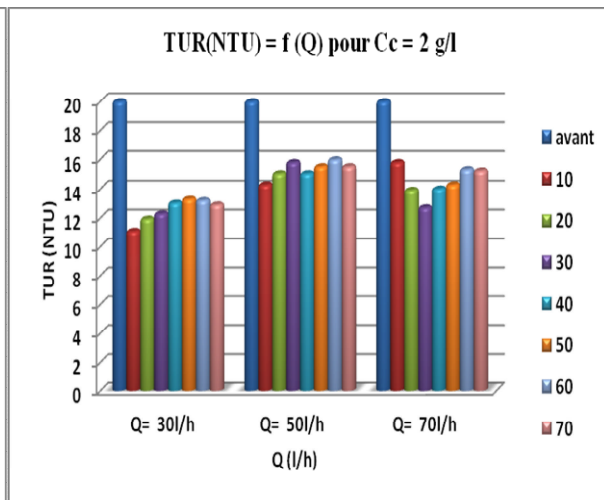


Figure N° III.3.(3(b)): l’évolution de la turbidité en fonction du débit pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$ .

- A partir des figures N° III.3.(1 , 2 , 3) on peut dire que plus la turbidité avant filtration est importante plus en a intérêt à faire la filtration avec un débit faible, l’utilisation d’un débit fort devient inutile. Donc il faut trouver la valeur du débit optimum pour chaque turbidité afin d’obtenir la qualité désirée ou bien de l’amélioré.

III.3.2. Salinité :

➤ Pour  $C_c = 1\text{g/l}$  :

Tableau N° III.3.(4): donne l'évolution de la salinité en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+1g de la chaux).

SAL (ppm) (1 g de sel + 1 g de la chaux)						
Temps (min)	Q= 30l/h		Q= 50l/h		Q= 70l/h	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	1,81	1,6	1,81	1,66	1,81	1,79
20		1,73		1,76		1,85
30		1,83		1,85		1,88
40		1,71		1,68		1,9
50		1,87		1,59		1,86
60		1,81		1,81		1,89
70		1,74		1,78		1,9

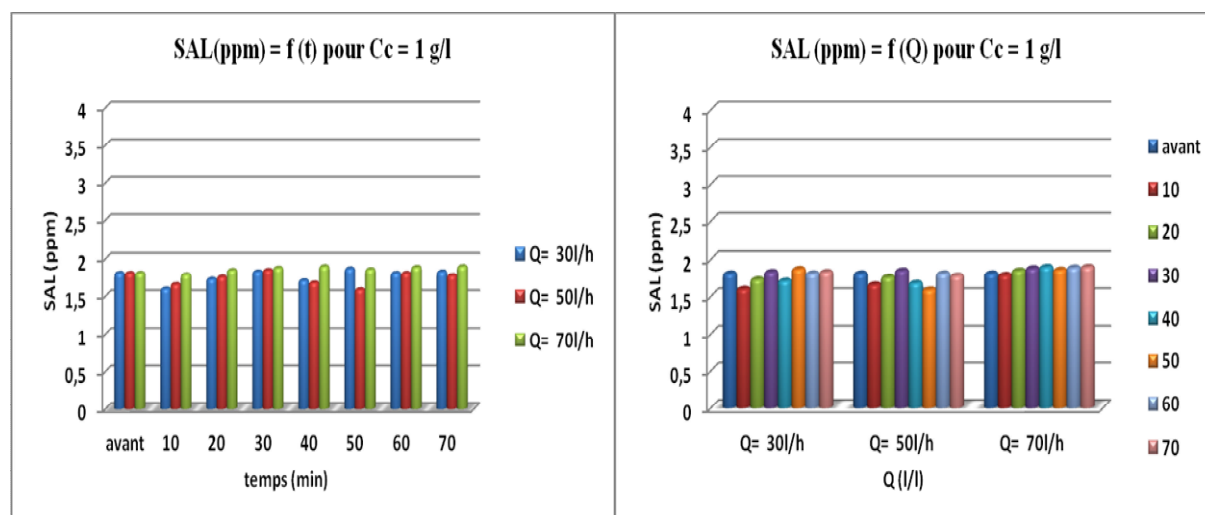


Figure N° III.3.(4(a)): l'évolution de la salinité en fonction du temps pour  $C_c = 1\text{g/l}$ .

Figure N° III.3.(4(b)): l'évolution de la salinité en fonction du débit pour  $C_c = 1\text{g/l}$ .

- A partir des figure N°III.3.(4 ; (a, b)) on constate que la filtration sur sable n'a pas une influence sur la salinité des eaux saumâtres.

➤ Pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$  :

Tableau N° III.3.(5): donne l'évolution de la salinité en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+1.5 g de la chaux).

SAL (ppm) (1 g de sel + 1,5 g de la chaux)						
Temps (min)	Q= 30l/h		Q= 50l/h		Q= 70l/h	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	3,04	2,68	3,04	3,04	3,04	3,05
20		2,6		3,1		3,07
30		2,68		3,09		2,99
40		2,84		3,14		3,03
50		2,85		3,07		3,08
60		2,94		3,11		3,07
70		2,75		3		3,04

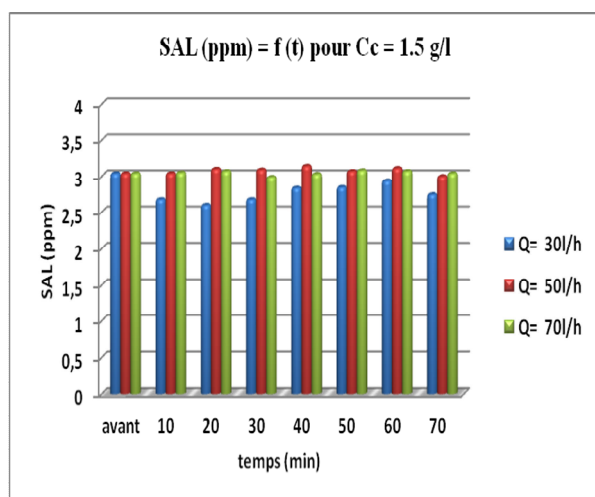


Figure N° III.3.(5 (a)): l'évolution de la salinité en fonction du temps pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$ .

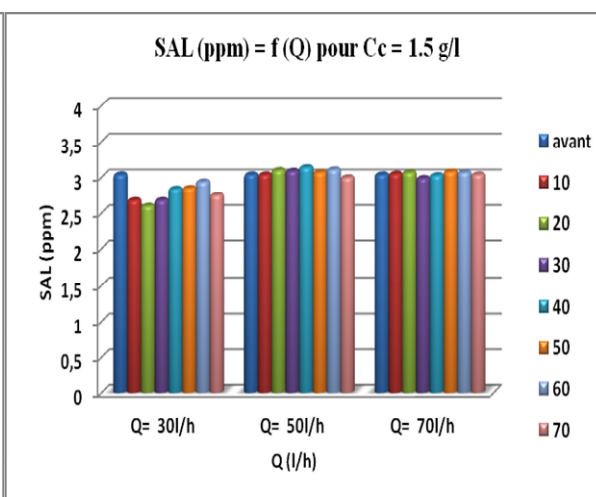


Figure N° III.3.(5(b)): l'évolution de la salinité en fonction du débit pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$ .

➤ Pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$  :

Tableau N° III.3.(6): donne l'évolution de la salinité en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+2 g de la chaux).

SAL (ppm) (1 g de sel + 2 g de la chaux)						
	Q= 30l/h		Q= 50l/h		Q= 70l/h	
Temps (min)	avant	après	avant	après	avant	après
10	3,44	3,52	3,44	3,48	3,44	3,66
20		3,61		3,33		3,79
30		3,66		3,45		3,91
40		3,69		3,49		3,88
50		3,73		3,43		3,87
60		3,73		3,45		3,91
70		3,6		3,4		3,89

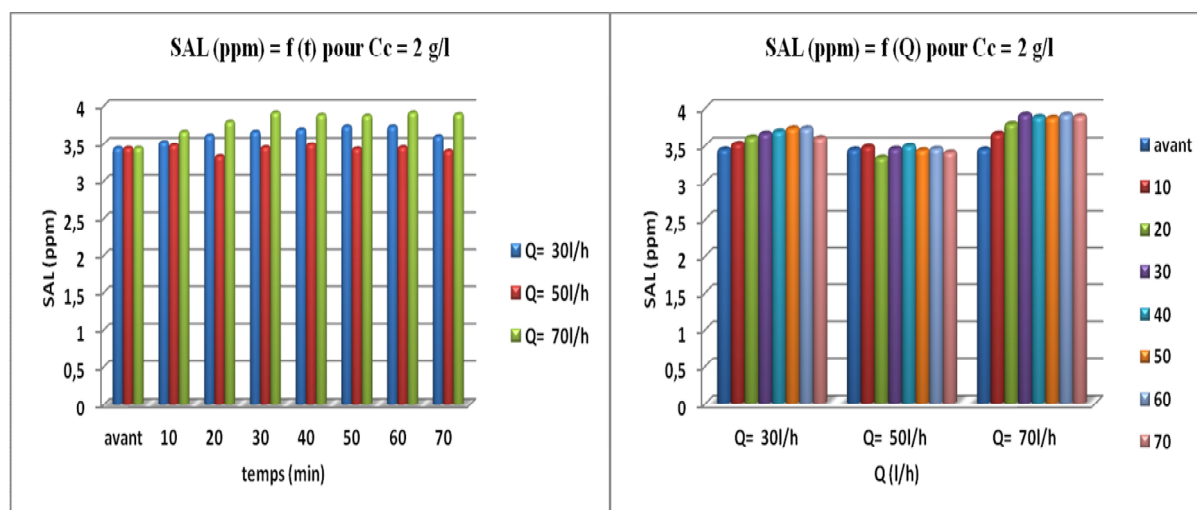


Figure N° III.3.(6(a)) : l'évolution de la salinité en fonction du débit pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$ .

Figure N° III.3.(6(b)) : l'évolution de la salinité en fonction du débit pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$ .

- Comme pour les figures N° III.3.(4 ; (a, b)) et à partir des figures N° III.3.(5 ; (a, b)) et N° III.3.(6 ; (a, b)) on confirme que la variation du débit et la filtration elle-même n'ont pas d'influence sur la salinité.

III.3.3. pH :

➤ Pour  $C_c = 1\text{g/l}$  :

Tableau N° III.3.(7): donne l'évolution du pH en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+1g de la chaux).

pH (1 g de sel + 1 g de la chaux)						
Temps (min)	Q= 30l/h		Q= 50l/h		Q= 70l/h	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	7,83	7,82	7,83	7,8	7,83	7,83
20		7,79		7,78		7,8
30		7,8		7,83		7,85
40		7,83		7,79		7,82
50		7,82		7,8		7,8
60		7,84		7,83		7,79
70		7,81		7,82		7,83

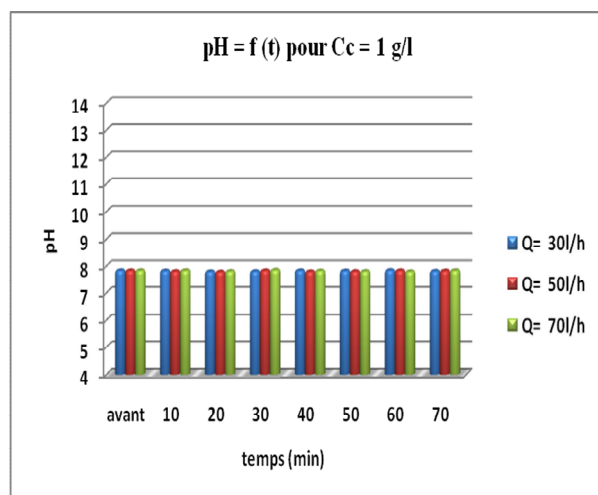


Figure N° III.3.(7(a)): l'évolution du pH en fonction du temps pour  $C_c = 1\text{ g/l}$ .

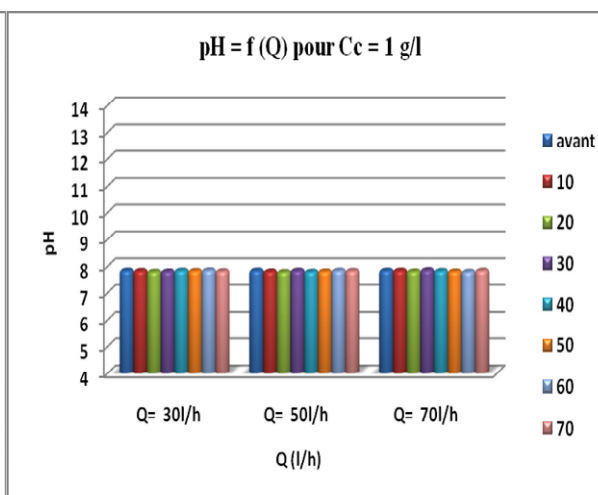


Figure N° III.3.(7(b)): l'évolution du pH en fonction du débit pour  $C_c = 1\text{ g/l}$ .

➤ Pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$  :

Tableau N° III.3.(8): l'évolution du pH en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+1.5 g de la chaux).

pH (1 g de sel + 1,5 g de la chaux)						
	Q= 30l/h		Q= 50l/h		Q= 70l/h	
Temps (min)	avant	après	avant	après	avant	après
10	8,6	8,6	8,6	8,5	8,6	8,5
20		8,6		8,6		8,6
30		8,6		8,6		8,6
40		8,5		8,6		8,6
50		8,6		8,5		8,5
60		8,5		8,6		8,6
70		8,6		8,5		8,5

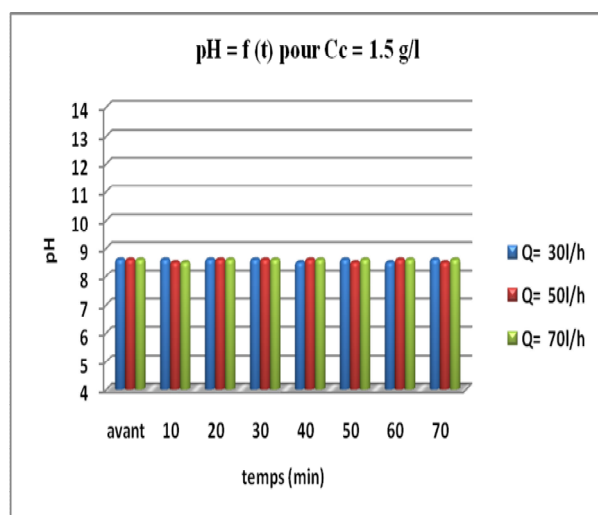


Figure N° III.3.(8 (a)): l'évolution du pH en fonction du temps pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$ .

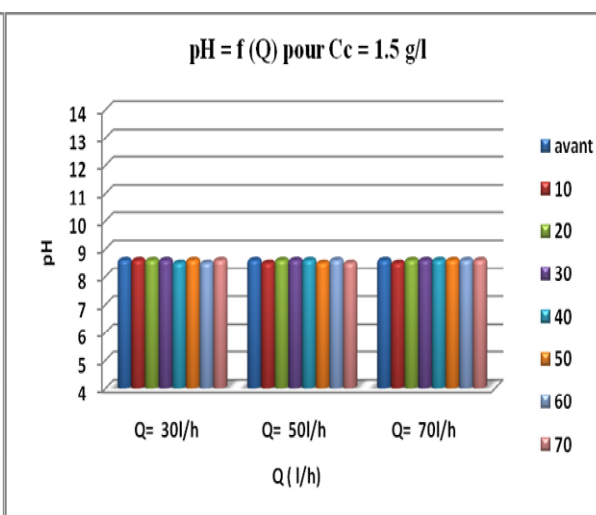


Figure N° III.3.(8(b)): l'évolution du pH en fonction du débit pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$ .



➤ Pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$  :

Tableau N° III.3.(9): donne l'évolution du pH en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+2 g de la chaux).

pH (1 g de sel + 2 g de la chaux)						
	Q= 30l/h		Q= 50l/h		Q= 70l/h	
Temps (min)	avant	après	avant	après	avant	après
10	8,8	8,7	8,8	8,7	8,8	8,6
20		8,8		8,8		8,6
30		8,8		8,8		8,7
40		8,7		8,8		8,5
50		8,7		8,7		8,6
60		8,8		8,7		8,6
70		8,6		8,7		8,6

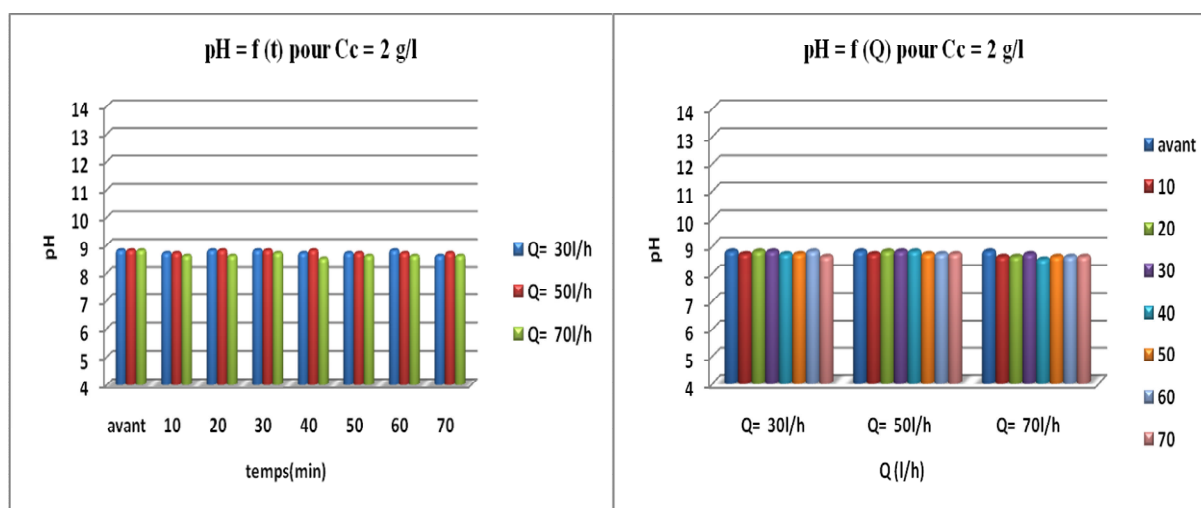


Figure N° III.3.(9(a)) : l'évolution du pH en fonction du temps pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$ .

Figure N° III.3.(9(b)): l'évolution du pH en fonction du débit pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$ .

- A partir des figures N° III.3.(7, 8, 9) on peut voir que le pH est presque le même soit en fonction du temps soit en fonction du débit pour une même concentration de la chaux. Par contre il augmente un petit peu en fonction de cette dernière. Donc la variation du débit de filtration n'a pas une influence sur ce paramètre-là.

III.3.4. La température:

➤ Pour  $C_c = 1\text{g/l}$  :

Tableau N° III.3.(10): donne l'évolution de la température en fonction du temps et selon les débits pour (1 g de sel+1g de la chaux).

T(C°) (1 g de sel + 1 g de la chaux)						
Temps (min)	Q= 30l/h		Q= 50l/h		Q= 70l/h	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	17	17	20	20	18,5	19
20		17,5		21		19,5
30		18		21,5		20
40		18,5		21,7		20,5
50		19		22		21
60		19,5		22,5		21,5
70		20		23		22

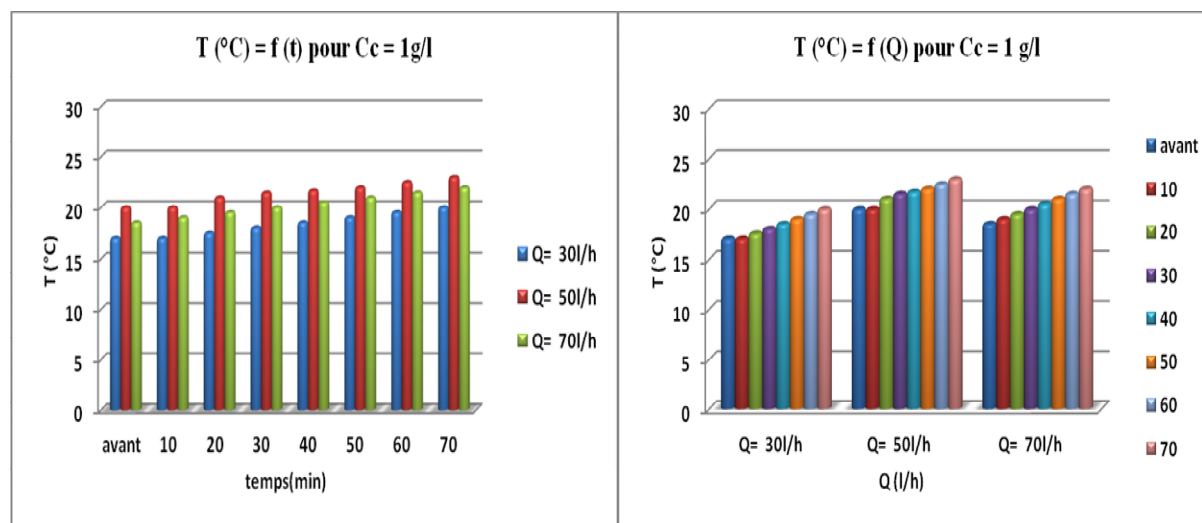


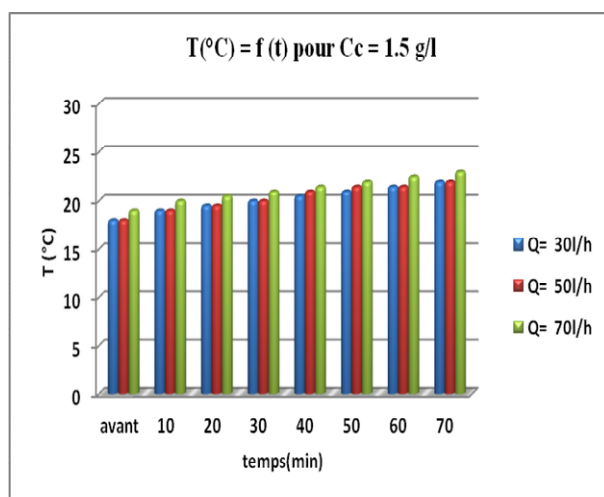
Figure N° III.3.(10(a)): l'évolution de la température en fonction du temps pour  $C_c = 1\text{ g/l}$ .

Figure N° III.3.(10(b)): l'évolution de la température en fonction du débit pour  $C_c = 1\text{ g/l}$ .

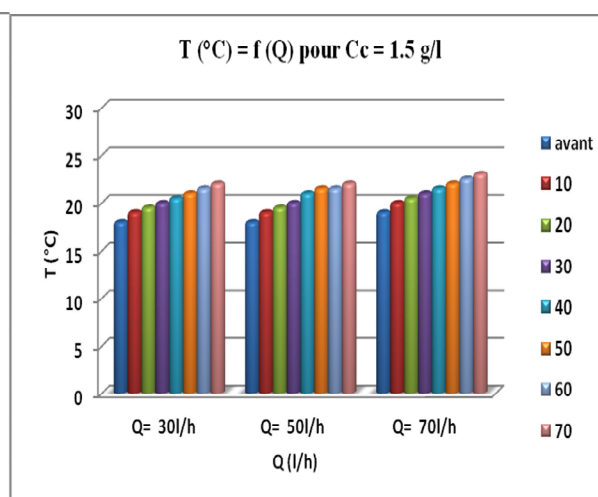
➤ Pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$  :

**Tableau N° III.3.(11):** donne l'évolution de la température en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+1.5 g de la chaux).

T(C°) (1 g de sel + 1,5 g de la chaux)						
Temps (min)	Q= 30l/h		Q= 50l/h		Q= 70l/h	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	18	19	18	19	19	20
20		19,5		19,5		20,5
30		20		20		21
40		20,5		21		21,5
50		21		21,5		22
60		21,5		21,5		22,5
70		22		22		23



**Figure N° III.3.(11(a)):** l'évolution de la température en fonction du temps pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$ .



**Figure N° III.3.(11(b)):** l'évolution de la température en fonction du débit pour  $C_c = 1.5 \text{ g/l}$ .

➤ Pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$  :

Tableau N° III.3.(12): donne l'évolution de la température en fonction du temps et selon les débits pour (1g de sel+2 g de la chaux).

T(C°) (1 g de sel + 2 g de la chaux)						
Temps (min)	Q= 30l/h		Q= 50l/h		Q= 70l/h	
	avant	après	avant	après	avant	après
10	17	17,5	24,5	24,5	23,5	24
20		18		25		24,5
30		18,5		25,5		25
40		19		26		26
50		19,5		26,5		26,5
60		20		27		27
70		20,5		27,5		27,5

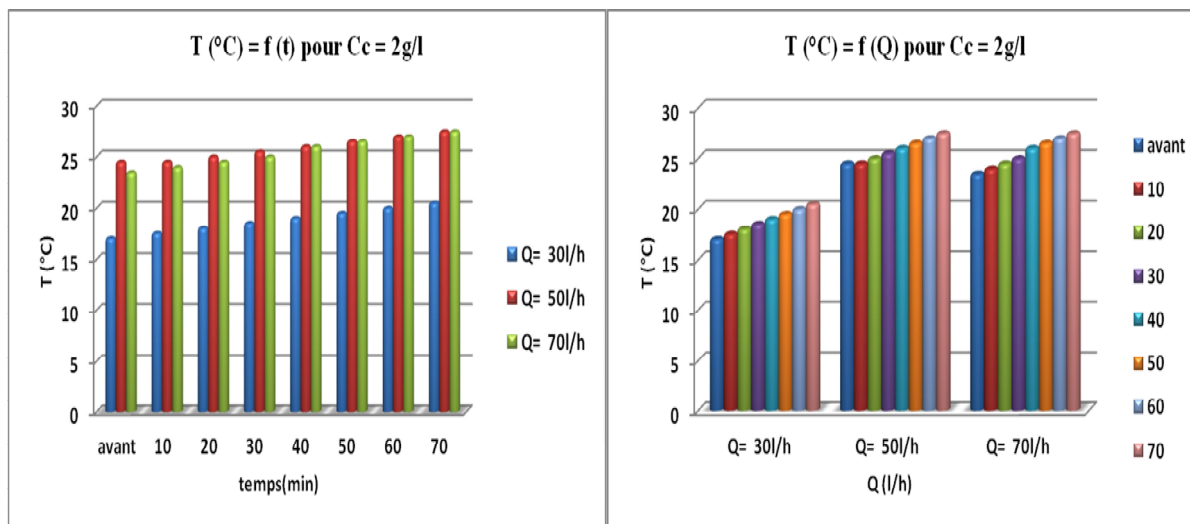


Figure N° III.3.(12 (a)): l'évolution de la température en fonction du temps pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$ .

Figure N° III.3.(12(b)): l'évolution de la température en fonction du débit pour  $C_c = 2 \text{ g/l}$ .

- A partir des trois figures N° III.3.(10 , 11 , 12) on confirme ce qu'on a dit au par avant ; que la température augmente selon le temps due aux phénomènes de frottement et l'énergie fournie par la pompe.

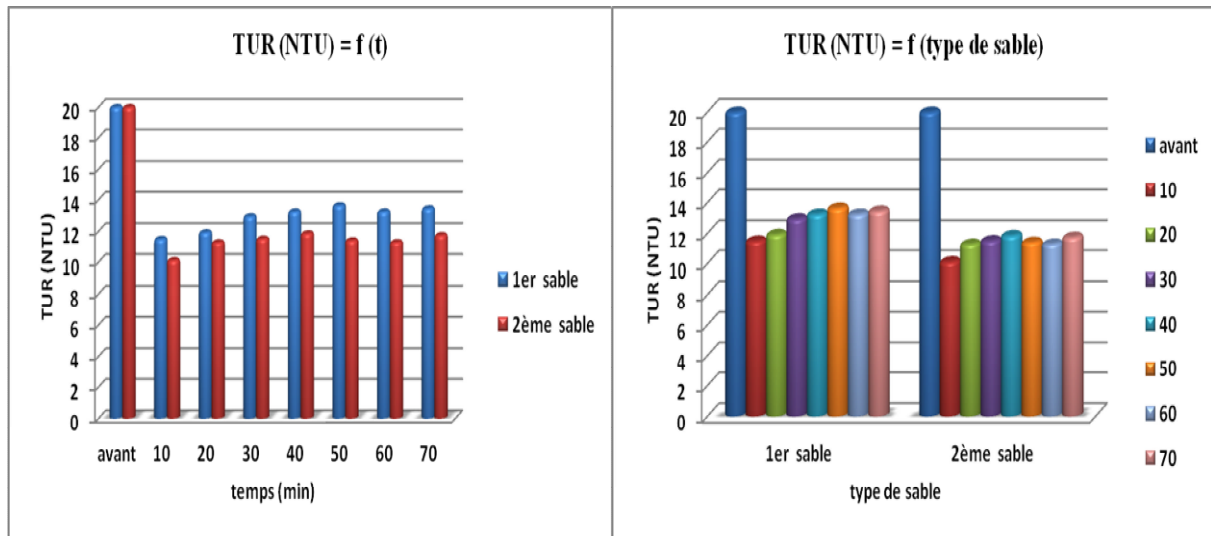
**III.4. Comparaison des paramètres physico-chimique des deux sables :**

Cette comparaison est faite en fixant la concentration en sel à  $C_s = 5$  g/l, la concentration de la chaux à  $C_c = 2$  g/l et enfin le débit à  $Q = 30$  l/h.

**Tableau N° III.4.(1) :** donne l'évolution de la turbidité selon le temps pour les deux types de sable.

Temps (min)	La hauteur du lit de sable (cm)	TUR (NTU)	SAL (ppm)	pH
Avant filtration	1 <sup>er</sup> sable	20	7,64	8,8
	2 <sup>ème</sup> sable	20	7,64	8,8
10	1 <sup>er</sup> sable	11,5	7,65	8,6
	2 <sup>ème</sup> sable	10,12	7,74	8,8
20	1 <sup>er</sup> sable	11,93	7,68	8,7
	2 <sup>ème</sup> sable	11,28	7,94	8,8
30	1 <sup>er</sup> sable	12,95	7,67	8,8
	2 <sup>ème</sup> sable	11,52	7,64	8,8
40	1 <sup>er</sup> sable	13,25	7,67	8,8
	2 <sup>ème</sup> sable	11,86	7,57	8,7
50	1 <sup>er</sup> sable	13,64	7,65	8,7
	2 <sup>ème</sup> sable	11,41	7,72	8,7
60	1 <sup>er</sup> sable	13,25	7,67	8,7
	2 <sup>ème</sup> sable	11,29	7,64	8,8
70	1 <sup>er</sup> sable	13,45	7,63	8,7
	2 <sup>ème</sup> sable	11,75	7,59	8,8

## III.4.1. Turbidité :



**Figure N° III.4.(1(a)):** un histogramme qui représente l'évolution de la turbidité selon le temps pour les deux types de sable.

**Figure N° III.4.(1(b)):** un histogramme qui représente l'évolution de la turbidité selon le type de sable.

- Les figures N° III.4.(1(a, b)) montrent que la turbidité obtenue pour le 2<sup>ème</sup> sable est plus faible que celle obtenue pour le 1<sup>er</sup> sable. Cette différence est expliquée par le fait que le deuxième sable a une granulométrie plus faible que le premier sable est une forme arrondie des grains qui donne une faible perméabilité au milieu filtrant et qui permettent donc d'avoir une meilleure rétention des particules de la chaux en suspension.

Donc la granulométrie et la forme des grains d'un milieu filtrant ont une grande influence sur la turbidité.

III.4.2. Salinité :

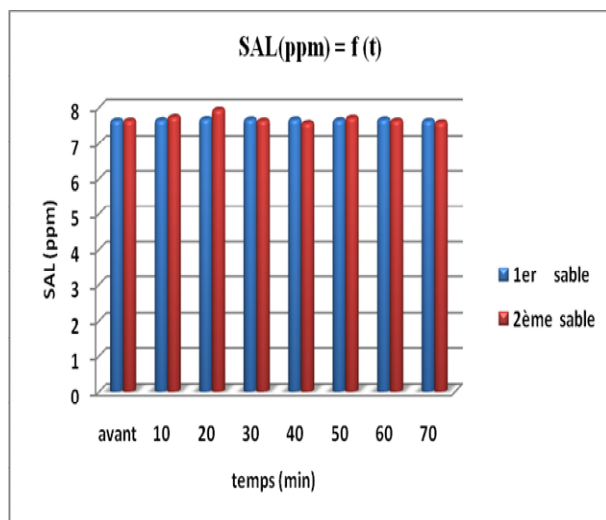


Figure N° III.4.(1(c)): un histogramme qui représente l'évolution de la salinité selon le temps pour les deux types de sable.

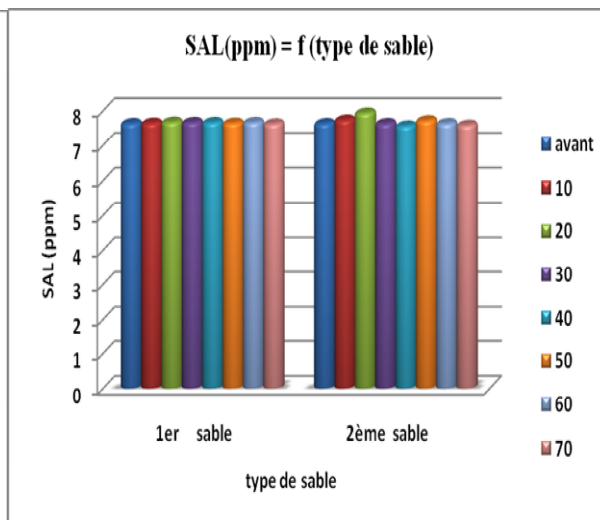


Figure N° III.4.(1(d)) : un histogramme qui représente l'évolution de la salinité selon le type de sable.

- En ce qui concerne la salinité, la granulométrie des sables n'a pas d'influence sur la salinité du filtrat.

III.4.3. Le pH :

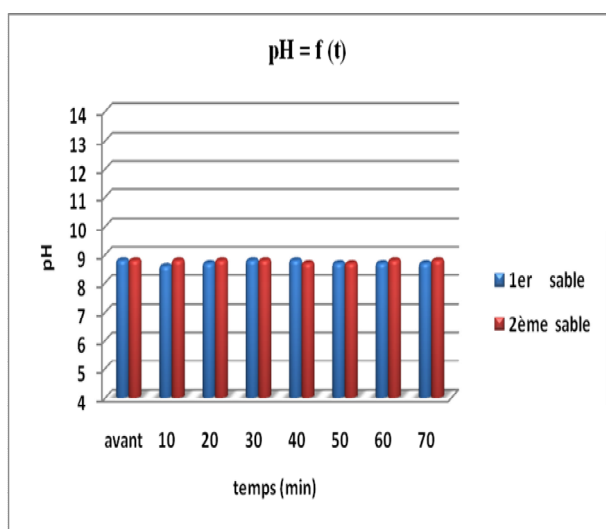


Figure N° III.4.(1(e)): un histogramme qui représente l'évolution du pH selon le temps pour les deux types de sable.

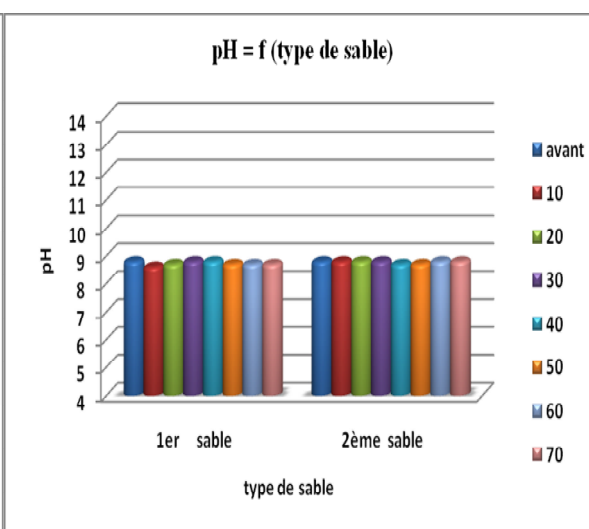


Figure N° III.4.(1(f)) : un histogramme qui représente l'évolution du pH selon le type de sable.

- Le pH reste presque le même au cours du temps et selon le type de sable. Donc la granulométrie du sable n'a pas une influence sur ce paramètre.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

La filtration sur sable est généralement l'étape finale du traitement de clarification. C'est une opération qui permet de retenir les dernières particules solides en suspensions échappées des traitements de coagulation- floculation et puis décantation. Dans ce modeste travail on a effectué une filtration sans ces traitements précités.

Notre étude de l'influence de la filtration sur sable sur le traitement des eaux saumâtres nous a permis ; en premier lieu d'étudier pratiquement les pertes de charges dans un filtre à sable (à vide et au cours de la filtration) et puis d'analyser quelques paramètres de qualité des eaux filtrées : la turbidité, la salinité, le pH et la température. La discussion et la comparaison des résultats de cette étude nous à ramené à conclure que :

### ➤ **Pour les pertes de charges :**

- Les pertes de charges s'influence par les différents caractéristiques du médiateur filtrante, tel que le diamètre des grains où elles sont inversement proportionnelles avec ce dernier;
- Elles sont linéaires selon l'épaisseur du sable dans un filtre à vide ;
- Suivent une allure exponentielles selon l'épaisseur du sable au cours de la filtration ;
- Directement proportionnelle selon le débit et donc selon la vitesse de filtration;
- Plus l'eau est chargée plus les pertes de charges augmentent (colmatage rapide du filtre).

### ➤ **Concernant l'analyse des eaux filtrées :**

- La filtration permet une bonne diminution de la turbidité avec un taux de réduction qui peut dépasser les 50 %, ce dernier :
  - ✓ diminue de plus en plus que les matières en suspension d'eau brute augmentent.
  - ✓ Augmente de plus en plus que le débit de filtration est faible.
  - ✓ Il est inversement proportionnel avec le diamètre des grains du médiateur filtrante ;
  - ✓ Directement proportionnel avec l'épaisseur du lit de filtration ;
  - ✓ Il n'est pas influencé par la concentration du sel.



- La filtration n'a pas d'influence sur les autres paramètres (la salinité, le pH et la température), où la variation de ces paramètres est négligeable entre l'avant et après filtration et même au cours du temps.

La conclusion la plus importante c'est que la filtration rapide sur sable sans des traitements préalables de coagulation-floculation et décantation, peut être un prétraitement très efficace pour le traitement des eaux saumâtres de faible turbidité ; alors que les eaux qui ont une très grande concentration en matières en suspensions et colloïdales tel que les eaux saumâtres superficielles nécessitent un traitement physico-chimique préalable afin de réduire le problème du colmatage rapide des lits filtrants.

# liste des abréviations

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**MES** : matières en suspension.

**DBO<sub>5</sub>** : La demande biochimique d'oxygène à cinq jours.

**DCO** : La demande chimique d'oxygène.

**$\gamma_s$**  : densité relative du sable.

**$m_e$**  : masse d'eau (g).

**$m_s$**  : masse du sable sec (g).

**$m_{es}$**  : masse du mélange d'eau et de sable (g).

**$\epsilon$**  : La porosité totale ou géométrique.

**$V_v$**  : Volume totale des vides (matériau sec) ( $m^3$ ).

**$V_s$**  : Volume des solides ( $m^3$ ).

**$V$**  : Volume apparent (totale) ( $m^3$ ).

**$\epsilon_e$**  : La porosité efficace.

**$V_e$**  : Volume efficace ( $m^3$ ).

**$K$**  : coefficient de perméabilité (m/s).

**$Q$**  : débit de l'eau filtré en ( $m^3/s$ ).

**$A$**  : l'aire de la couche saturée en ( $m^2$ ).

**$\Delta L$**  : l'épaisseur de la couche filtrante en (m).

**$\Delta H$**  : la chute totale de pression à travers la couche filtrante (pertes de charges totales) en (m.c.e).

**$W_a$**  : Perte de charge du filtre « propre » après lavage avant un nouveau cycle de filtration (m.c.e).

**$W_v$**  : Perte de charge due à la déposition de matières retenues en profondeur du filtre (m.c.e).

**$W_k$**  : Perte de charge due à la matière déposée sur la couche filtrante (m.c.e).

**$V$**  : vitesse apparente de filtration (m/s).

**$H$**  : Hauteur du matériau de remplissage dans le filtre (m).

**$V_R$**  : vitesse réelle d'écoulement dans les pores (m/s).

**$g$**  : accélération de la pesanteur ( $m/s^2$ ).

**$\nu$**  : viscosité cinématique de l'eau ( $m^2/s$ ).

**$R_H$**  : rayon hydraulique du filtre (**m**).

**$S_p$**  : surface d'un grain de sable (**m<sup>2</sup>**).

**$V_p$**  : volume d'un grain de sable (**m<sup>3</sup>**).

**N** : nombre de grains par unité de volume.

**D** : diamètre d'un grain (**m**).

**T** : température (°C).

**$H_W$**  : hauteur de la colonne d'eau au dessus du filtre (**m.c.e**).

**$K'$  et  $K''$**  : sont des constantes.

**S** : facteur de compressibilité.

**Mc** : Masse des refus cumulés (**g**).

**Pr** : Pourcentage des refus cumulés (%).

**Pt** : Pourcentage des tamisats cumulés (%).

**$D_{10}$**  : La taille effective (**mm**).

**Cu** : coefficients d'uniformités.

**L** : l'épaisseur du sable dans la colonne de filtration (**cm**).

**N°** : numéro des piézomètres.

**Cc** : concentration de la chaux (**g/l**).

**Cs** : concentration de sel (**g/l**).

**t** : l'instant de prise de mesure des pertes de charge au niveau du filtre (**min**).

**TUR** : La turbidité (**NTU**).

**SAL** : La salinité (**ppm**).

**pH** : Le potentiel d'hydrogène.

# Références

[1]-SAOUDI. A; L'influence de la filtration sur sable sur la qualité des eaux potables; 2009-2010; Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Tlemcen.

[2]-SLIMANI.A et TOUATI.H ; Etude de la filtration sur sable; 2003-2004; Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de D.E.U.A en hydraulique, Tlemcen.

[3]-MOUS.S et DAHMANI.S; Etude de la filtration sur support ; 2002-2003; Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Tlemcen.

[4]-Desjardins.R; Le traitement des eaux; deuxième édition : Presses internationales polytechnique; janvier 1990; Montréal.

[5]-[fr.wikipedia.org/wiki/Production d'eau potable](http://fr.wikipedia.org/wiki/Production_d'eau_potable)

[6]-Traitement des eaux de surface ; LENNTECH ; 2011 ; consulté le 22 mars 2012.

- <http://www.lenntech.fr/procedes/surface/eau-surface.htm>

[7]-A.KETTAB ; traitement des eaux : les eaux potable ; Edition Office des publications universitaires, 1 place centrale de Ben-Aknoun, Alger.

[8]-Eau de mer ; consulté le 23 mars 2012.

- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau de mer](http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_de_mer)

[9]-Eau saumâtre ; consulté le 10 avril 2012.

- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau saum%C3%A2tre](http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_saum%C3%A2tre)

[10]-Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres ; Publié le 18 novembre 2003, consulté le 10 avril 2012.

- <http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/le-dessalement-de-leau-de-mer-et-des-eaux-saumatres-840>

[11]-BAUMONT.S; Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France; Étude réalisée à l'Observatoire régional de santé d'Ile-de-France; Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France ; consulté le 28 mars 2012.

[12]-BELAID.N; Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques; 15 janvier 2010; École Nationale d'Ingénieurs : Génie de l'environnement et de l'aménagement de Sfax .

[13]-Vilaginès.R; Eau, environnement et santé publique « introduction à l'hydrologie » ; deuxième édition: LAVOISER, Médicales internationales et TEC & DOC; 2003.

[14]-Règlement sur la qualité de l'eau potable; article publié par le © Gouvernement du Québec, 2002 ; consulté le 29 mars 2012.

- <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/brochure/parties-1-2-3.htm#21>

[15]-Normes de l'OMS sur l'eau potable ; consulté le 01 avril 2012 ;

- <http://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.htm>

[16]-Le traitement de l'eau « station de traitement d'eau potable de Lillion »; consulté le 30 mars 2012.

- <http://www2.ac-rennes.fr/cst/doc/dossiers/eaubrequigny/traitement.htm>

[17]- BLINDU.I; Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques; 12 maie 2004; thèse de doctorat de l'école nationale supérieure des mines de Saint-Etienne et de l'université Jean Monnet ; consulté le 28 mars 2012.

- [http://www.emse.fr/site/themerecherche/Blindu Chapitre I.pdf](http://www.emse.fr/site/themerecherche/Blindu_Chapitre_I.pdf)

[18]-HAMIDI Mohamed .N et NOUAH Chems Eddine; 1996-1997; Etude de la vulnérabilité à la pollution et la propagation des pollutions dans la nappe de Maghnia; projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique.

[19]-Exploitation et qualité des eaux de pluie ; publié le 2011; consulté le 22 mars 2012.

- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau de surface](http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_de_surface)

[20]-Traitement des eaux de boisson ; Publié le 9 juin 2011 sur Toxikoa : Blog des étudiants en pharmacie de Constantine ; consulté le 26 mars 2012.

- **lien court:** <http://Toxikoa.tk>
- <http://toxikoa.wordpress.com/2011/06/09/traitement-des-eaux-de-boisson/>

[21]-Dégrillage ; Dernière modification le 3 janvier 2012; consulté le 30 mars 2012.

- <http://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9grillage>

[22]-Traitement des eaux usées ; publié par hydranet traitement des eaux; consulté le 30 mars 2012.

- [http://www.hydranet.fr/doc/621 Degrillage.pdf](http://www.hydranet.fr/doc/621_Degrillage.pdf)

[23]-Règlement sur la qualité de l'eau potable ; dernière modification le 04 décembre 2006; consulté le 20 mars 2012.

- <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/guide/documents/volume2.pdf>

[24]-Éliminez vos problèmes de sédimentation et d'abrasion; consulté le 31 mars 2012.

- <http://www.atlantiqueindustrie.fr/pretraitement-dessablage-deterrage.php>

[25]-Dessablage ; consulté le 31 mars 2012.

- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Dessablage>

[26]-Le déshuilage ; consulté le 31 mars 2012.

- <http://hmf.enseiht.fr/travaux/CD0304/optsee/bei/5/binome4/eauxres.htm>

[27]-Traitement des eaux usées ; Dernière modification le 21 décembre 2011; consulté le 31 mars 2012.

- [http://fr.wikimini.org/wiki/Traitement\\_des\\_eaux\\_us%C3%A9es](http://fr.wikimini.org/wiki/Traitement_des_eaux_us%C3%A9es)

[28]-<http://www.camy-info-eau.fr/Techniquesdetraitement/Fili%C3%A8reEau/tabid/1604/language/fr-FR/Default.aspx>

[29]-Le dessablage ; 2010 Communauté d'Agglomération du Pays Ajaccien; consulté le 31 mars 2012.

- <http://www.ca-ajaccien.fr/la-station-d-epuration-de-campo-dello/presentation-de-louvrage/traitement-des-eaux/le-dessablage>

[30]-La distillation et la distillation multi-effets ; consulté le 17 mars 2012.

- <http://tpedessaler.e-monsite.com/pages/dessalement/2-la-distillation-et-la-distillation-multi-effets.html>

[31]- DUPONT.A; hydraulique urbain : hydrologie-captage et traitement des eaux ; 4<sup>ème</sup> édition : EYROLLES; 1978 ; 61 boulevard Sand – Germain-Paris.

[32]-EZZIANE.S; Traitement des eaux de rejets de l'unité CERAMIT « TENES » ; 2006-2007; thèse de magistère, Université HASSIBA BEN BOUALI de CHLEF, Faculté des Sciences et Sciences de l'ingénieur, Département de Génie des procédés Spécialité : Eau et environnement.

[33]- MAUREL.A; Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtre et autre procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce ; deuxième édition : LAVOISIER; 2006.

[34]-Adsorption ; dernière modification le 11 mars 2012 ; consulté le 18 mars 2012.

- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Adsorption>

[35]-RODRIGUEZ GARCIA.A; Etude de la congélation comme technique de traitement des eaux : Applications spécifiques; 10 décembre 2004; En vue de l'obtention du Grade de Docteur; Ecole Doctorale Sciences des Procédés Spécialité : Génie des Procédés et de l'Environnement ; consulté le 28 mars 2012.

- <http://eprint.insa-toulouse.fr/archive/00000058/01/Rodriguez.pdf>

[36]-Dr. BESSEDIK Madani ; Traitement de l'eau II

- [m\\_bessedik@mail.univ-tlemcen.dz](mailto:m_bessedik@mail.univ-tlemcen.dz)
- [mabessedik@yahoo.fr](mailto:mabessedik@yahoo.fr)

[37]-Traitement de potabilisation des eaux de surface : La désinfection chimique de l'eau ; Conf2006 par EAU DE PARIS : société anonyme de gestion des eaux de paris ; consulté le 30 mars 2012.

- <http://step.ipgp.fr/images/1/10/DESINFECTION.pdf>

[38]-Réutilisation des eaux usées traitées – perspectives opérationnelles et recommandation pour l'action ; Agence Française de développement ; Rapport final Février 2011 ; consulté le 20 mars 2012.

- [rotbardta@afd.fr](mailto:rotbardta@afd.fr)

[39]-Norme de Qualité : Eaux superficielles utilisées pour la production de l'eau potable; 2007 ; S.E.E.E « Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement » ; consulté le 26 mars 2012.

- [http://www.eau-tensift.net/fileadmin/user\\_files/pdf/publications/2\\_Eau\\_potable.pdf](http://www.eau-tensift.net/fileadmin/user_files/pdf/publications/2_Eau_potable.pdf)

[40]- Hernández Héctor.R; Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau Potable ; 2006 ; En vue de l'obtention du titre de Docteur de l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse Spécialité Systèmes Automatiques ; Préparée au Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes du CNRS ; consulté le 28 mars 2012.

- <http://eprint.insa-toulouse.fr/archive/00000111/01/HERNANDEZ.pdf>

[41]-Traitement de potabilisation des eaux de surface : La filtration ; Conf2006 par EAU DE PARIS : société anonyme de gestion des eaux de paris ; consulté le 20 mars 2012 ;

- <http://step.ipgp.fr/images/4/4b/FILTRATION.pdf>

[42]-Technique de traitement : Santé de l'environnement et du milieu de travail ; Santé Canada [www.sc-hc.gc.ca](http://www.sc-hc.gc.ca); dernière modification le 07 janvier 2008 ; consulté le 23 mars 2012.

- [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/turbidity/chap\\_7-fra.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/turbidity/chap_7-fra.php);

[43]-BEDDIAF.A et GLAOUI.H; filtration sur sable sur pilote au laboratoire; 2007-2008; Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydrologie, Tlemcen.

[44]-Bulletin Technique : pilote de filtration sur sable TE 400 ; DELTALAB. 38340 VOREPPE – France.