

FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT HYDRAULIQUE  
N° :.....



OPTION : HYDRAULIQUE URBAINE

## PROJET DE FIN D'ETUDES de MASTER ACADEMIQUE

Présenté par :

Adar Nacereddine et H'maitiche Salheddine

### Thème

**ETUDE DES SYSTEMES DE TRAITEMENT D'EAU  
DOMESTIQUE ET LA FABRICATION DU FILTRE A CHARBON  
ACTIF EN BLOC**

Réalisé par :

Dr Dougha Mostafa

Devant le jury composé de :

|       |            |           |
|-------|------------|-----------|
| ..... | Université | Président |
| ..... | Université | Encadreur |
| ..... | Université | Examineur |

# *Dédicace*

*Pour la mère, que Dieu lui fasse miséricorde*

*Ma famille et tous mes oncles et leurs fils*

*Mon partenaire Salah*

*Mes collègues et amis de l'université*

*Mes amis dans la vie*

*Nacer Eddine*

# *Dédicace*

*A mes chers parents*

*Mes frères et sœurs*

*Ma fiancée*

*Ma famille et tous mes cousins*

*Mon partenaire Nacereddine*

*Mes collègues et amis*

*Salheddine*

# *Remerciements*

L'hamdou li Allah tout-puissant et nous le remercions de nous avoir donné la force, le courage et la patience pour faire ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à notre encadreur, M. Mostafa Dougha pour avoir accepté de diriger ce travail et pour sa patience avec nous.

En plus de ses précieux conseils et de ses encouragements constants à notre égard tout au long de cette période.

Nous remercions également le doctorant, Mr. Taher Salmane, pour son aide précieuse et son suivi continu jusqu'à la réalisation de ce travail.

Nous remercions également le responsable du Laboratoire de Mécanique des Sols à la Faculté de Technologie, Université de M'Sila, pour le soutien et l'assistance.

Je remercie également, M. Kamal Seghiri et Arioua Nour Eddine, chef des laboratoires de la Faculté des sciences naturelles et chef des laboratoires de la Faculté des sciences des matériaux, pour nous avoir fourni les produits chimiques dont nous avons besoin.

Nos sincères remerciements aux membres du jury qui ont supervisé la correction de cette mémoire.

Nos sincères remerciements à tous les professeurs du département d'hydraulique

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué même un peu à la réalisation de ce travail.

## Sommaire

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Introduction Générale..... | 1 |
|----------------------------|---|

### Chapitre I

|  |    |
|--|----|
| I. Généralité Sur Le Traitement.....                   | 4  |
| I.1 Introduction.....                                  | 4  |
| I.2 Objectif Du Traitement.....                        | 4  |
| I.3 Définition Des Objectifs Du Traitement.....        | 4  |
| I.4 Les Etapes Du Traitement De L'eau.....             | 4  |
| I.4.1 Dégrillage et tamisage.....                      | 5  |
| I.4.2 Oxydation.....                                   | 5  |
| I.4.3 Clarification.....                               | 5  |
| I.4.4 Désinfection.....                                | 10 |
| I.4.5 Stérilisation.....                               | 10 |
| I.4.6 Autres traitements.....                          | 10 |
| I.5. Les Types Des Filtres À Eau Domestique.....       | 12 |
| I.5.1 Filtration des sédiments.....                    | 13 |
| I.5.1.1. Mécanisme.....                                | 14 |
| I.5.2. Filtration au charbon actif.....                | 15 |
| I.5.2.1. Charbon actif en granulaire (CAG).....        | 15 |
| I.5.2.2 Filtration au bloc de charbon actif (CAB)..... | 17 |
| I.5.2.3 Filtre à osmose inverse.....                   | 19 |
| I.5.2.3.1 Osmose inverseMembrane.....                  | 20 |
| I.5.2.3.2 Systèmes de membranes en spirale.....        | 20 |
| I.5.2.4 Le filtre minéral.....                         | 21 |
| I.5.2.5 Réservoir de stockage.....                     | 22 |
| I.6 conclusion.....                                    | 24 |

### Chapitre II

|  |    |
|--|----|
| II.1 Introduction.....                 | 26 |
| II .2 Historique.....                  | 26 |
| II.3 Définition De Charbon Actif.....  | 27 |
| II.4 Fabrication Du Charbon Actif..... | 28 |

|  |    |
|--|----|
| II.5 Phase De Carbonisation .....                                    | 28 |
| II.6 Phase D'activation .....  | 29 |
| II.6.1 Activation Physique.....                                      | 29 |
| II.6.2 Activation Chimique.....                                      | 30 |
| II.7 Comparaison Des Deux Procèdes D'activation.....                 | 30 |
| II.8 Description Et Propriétés Des Charbons Actifs.....              | 31 |
| II .8.1 Charbon Actif En Poudre (CAP) .....                          | 31 |
| II.8.2 Charbon actif en grains (CAG).....                            | 32 |
| II.8.3 Charbon actif texture(CAT).....                               | 34 |
| II.9 Production Mondiale Du Charbon Actif.....                       | 35 |
| II.10 Précurseurs Utilises Pour La Fabrication Du Charbon Actif..... | 36 |
| II.10 Utilisations.....  | 37 |
| II.10.1 Filtration .....   | 37 |
| II.10.2 Chimie.....  | 38 |
| II.10.3 Industrie .....  | 38 |
| II.10.4 Alimentation .....   | 38 |
| II.10.5 Raffinage de la canne à sucre .....                          | 38 |
| II.10.6 Produits alimentaires biochimiques .....                     | 39 |
| II.10.7 Lactose.....   | 39 |
| II.10.8 Aromatisants .....   | 39 |
| II.10.9 Huiles végétales et huiles de poissons .....                 | 39 |
| II.10.10 Décaféinassions du café ou du thé.....                      | 40 |
| II.10.11 Médecine.....   | 40 |

### ***Chapitre III***

|  |    |
|--|----|
| III.1 Introduction .....                       | 42 |
| III.2 Définition.....                          | 42 |
| III.3 Principe.....                            | 43 |
| III .4 Les Différents Types D'adsorption ..... | 43 |
| III.4.1 Adsorption physique.....               | 43 |
| III.4.2 Adsorption chimique .....              | 43 |
| III.5 Le mécanisme d'adsorption .....          | 44 |

|  |    |
|--|----|
| III.6 Facteurs Influençant Les Paramètres D'adsorption ..... | 45 |
| III.6.1 Concentration .....                                  | 45 |
| III.6.2 Vitesse d'adsorption .....                           | 45 |
| III.6.3 Nature de l'adsorbant .....                          | 45 |
| III.6.4 La nature de l'adsorbat .....                        | 45 |
| III.7 Classification Des Isothermes D'adsorption .....       | 46 |
| III.8 Expressions Mathématiques De Quelques Isothermes ..... | 47 |
| III.8.1 Modèle de Langmuir .....                             | 47 |
| III.8.2 Modèle de Freundlich.....                            | 48 |
| III.8.3 Modèle d'Elovich.....                                | 49 |
| III.8.4 Modèle de Temkin.....                                | 49 |
| III.9 Charbon Actif Comme Adsorbant.....                     | 50 |
| III.10 Les Propriétés Des Adsorbants.....                    | 50 |
| III.10.1 Le volume poreux et la taille des pores .....       | 50 |
| III.10.2 La surface spécifique (BET).....                    | 51 |
| III.11 Propriétés Du Charbon Actif.....                      | 51 |
| III.11.1 L'indice d'iode .....                               | 51 |
| III.11.2 Indice de mélasse.....                              | 52 |
| III.11.3 Indice Tanin.....                                   | 53 |
| III.11.4 Indice de bleu de méthylène .....                   | 53 |
| III.11.5 Indice de butane.....                               | 53 |
| III.11.6 Indice de tétrachlorure de carbone .....            | 53 |
| III.11.7 Longueur de demi-valeur de dé chloration.....       | 53 |
| III.11.8 Densité.....  | 53 |
| III.11.10 Dureté / Nombre d'abrasion.....                    | 53 |
| III.11.11 Teneur en cendres.....                             | 54 |
| III.11.12 Porosité.....                                      | 54 |
| III.11.13 Répartition granulométrique.....                   | 54 |
| III.12 Conclusion.....                                       | 54 |
| <b>Chapitre IV</b>   |    |
| IV.1. Matériels Et Méthode .....                             | 56 |

|   |    |
|---|----|
| IV.1.1 Matériels et équipement utilisés .....                 | 56 |
| IV .1.1.1 broyeur .....                                       | 56 |
| IV.1.1.2 Analyse granulométrique .....                        | 57 |
| IV.1.1.3 Four .....   | 58 |
| IV.1.1.4 Micro-Deval .....                                    | 58 |
| IV.1.1.5 PH-mètre .....                                       | 59 |
| IV.1.1.6 La turbidimétrie.....                                | 60 |
| IV.1.2. Produits utilisés .....                               | 61 |
| IV.1.2.1 Charbon Végétal.....                                 | 61 |
| IV.1.2 L'hydroxyde De Potassium .....                         | 61 |
| IV.1.2.3 L'iode.....  | 62 |
| IV.2 Méthodes expérimentales .....                            | 62 |
| IV.2.1 Caractéristiques mécaniques .....                      | 62 |
| IV.2.2 Caractéristiques hydrauliques .....                    | 63 |
| IV.2.2.1 La perméabilité d'un milieu poreux .....             | 63 |
| IV.2.2.2. La Porosité .....                                   | 64 |
| IV.2.3 Caractéristiques chimiques .....                       | 65 |
| IV.2.3.1 Indice d'iode .....                                  | 65 |
| IV.2.3.2 Test du bleu de méthylène .....                      | 67 |
| IV.3. Fabrication De Filtres De charbon actif en bloc.....    | 68 |
| IV.3.1 Filtre commercial .....                                | 68 |
| IV.3.2 Description du filtre commercial .....                 | 69 |
| IV.3.3 Préparation des échantillons.....                      | 71 |
| IV.4.Fabriquer du filtre avec un liant hydraulique .....      | 76 |
| Test au bleu méthylène .....                                  | 80 |
| IV.4.4.3.5 Résultats .....                                    | 80 |
| IV.5 Conditionnement de filtre .....                          | 81 |
| IV.6 Test et contrôle du filtre CAP sur le banc d'essai ..... | 82 |
| IV.6.1 Résultat .....   | 84 |
| Mesure pH .....   | 84 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Mesure de turbidité .....    | 86 |
| Mesure de conductivité ..... | 88 |
| Mesure de chlore .....       | 89 |
| IV.7 Conclusion .....        | 91 |
| V. Conclusion générale.....  | 92 |
| Références .....             | 94 |

## *Liste des figures*

### *Chapitre I*

|   |    |
|---|----|
| Figure I.1. Processus de coagulation-floculation et de sédimentation .....      | 6  |
| Figure I.2. Traitement et stockage sûr de l'eau .....                           | 8  |
| Figure I.3. Traitement et stockage sûr de l'eau .....                           | 9  |
| Figure I.4. Charbon actif en fibres et granulés .....                           | 10 |
| Figure I.5. Schéma de la source du système de filtration d'eau domestique ..... | 12 |
| Figure I.6. Photos de Filtration des sédiments .....                            | 13 |
| Figure I.7. Le processus de filtration des sédiments .....                      | 14 |
| Figure I.8. Charbon actif en granulaire .....                                   | 15 |
| Figure I.9 photo de filtre de charbon granulaire .....                          | 16 |
| Figure I.10. Mécanisme de travail du charbon actif granulaire .....             | 17 |
| Figure I.11. Image de la filtration à bloc de carbone (CAB) .....               | 18 |
| Figure I.12. Mécanisme de travail du bloc de charbon actif .....                | 18 |
| Figure I.13. Filtre à osmose inverse .....                                      | 19 |
| Figure I.14. Principe de l'osmose inverse .....                                 | 20 |
| Figure I.15. Mécanisme de membranes en spirale .....                            | 21 |
| Figure I.16. Filtre minéral .....   | 22 |
| Figure I.17. Réservoir de stockage .....  | 23 |
| Figure I.18. Installation de réservoir de stockage .....                        | 23 |

### *Chapitre II*

|   |    |
|---|----|
| Figure II.1. Différentes structures du charbon actif vues au microscope électronique à balayage .....                           | 27 |
| Figure II.2. Réactions d'activation physique. ....  | 29 |
| Figure II.3. Schéma général de fabrication des charbons actifs. ....  | 30 |
| Figure II.4. Charbon actif en poudre .....  | 31 |
| Figure II.5. Charbon actif en grains .....  | 32 |
| Figure II.6. Représentation schématique des différents types de pores .....   | 35 |
| Figure II.7. Classification mondiale de la production de charbons actifs obtenus à partir de biomasses lino cellulosiques ..... | 36 |

### ***Chapitre III***

|  |    |
|--|----|
| Figure III.1. Phénomène D'adsorption .....   | 42 |
| Figure III.2. Le mécanisme d'adsorption .....  | 44 |
| Figure III.3. Les différentes courbes des isothermes d'adsorption .....                        | 47 |
| Figure III.4. (a) isotherme d'adsorption de Langmuir. ....                                     | 48 |
| (b) modélisation d'isotherme de Langmuir. ....   | 48 |
| Figure III.5. (a) isotherme d'adsorption de Freundlich. ....                                   | 49 |
| (b) modélisation d'isotherme de Freundlich. ....   | 49 |
| Figure III.6. Le volume poreux et la taille des pores .....                                    | 50 |
| Figure III.7. Représentation schématique de la surface interne et externe d'un adsorbant ..... | 51 |

### ***Chapitre IV***

|  |    |
|--|----|
| Figure IV.1. Broyeur .....   | 56 |
| Figure IV.2. Les tamis .....   | 57 |
| Figure IV.4. Four .....  | 58 |
| Figure IV.5. Micro-Deval .....   | 59 |
| Figure IV.6. PH-mètre .....  | 59 |
| Figure IV.07. La turbidimétrie .....   | 60 |
| Figure IV.8. Charbon végétal .....   | 61 |
| Figure IV.9. L'hydroxyde de potassium .....  | 62 |
| Figure IV.10. L'iode .....   | 62 |
| Figure IV.11. Filtration de Solution d'iode .....  | 66 |
| Figure IV.12. Opération de titrage .....   | 67 |
| Figure IV.13. Filtration d'une solution de bleu de méthylène à travers une couche en poudre de charbon actif ..... | 68 |
| Figure IV.14. Filtre commercial en charbon actif en bloc .....   | 69 |
| Figure IV.15. Eprouvette de test du filtre commercial (éprouvette de référence) .....                              | 70 |
| Figure IV.16. Moule en inox de préparation des éprouvettes de test .....   | 73 |
| Figure IV.17. Les échantillons préparés .....  | 74 |
| Figure IV.18. Dispositif de mesure de débit d'une éprouvette par méthode volumétrique .....                        | 75 |

|  |    |
|--|----|
| Figure IV.19. Mélange de carbone en poudre .....   | 77 |
| Figure IV.20. Procédé à l'activation de charbon .....  | 77 |
| Figure IV.21. Charbon en poudre activée .....  | 78 |
| Figure IV.22. Fabrication du filtre CAP avec un liant hydraulique (ciment) .....   | 79 |
| Figure IV.23. Courbe d'indice d'iode en fonction des quantités de charbon actif en poudre .....  | 80 |
| Figure IV.24. Photos montrant l'adsorption du charbon actif à travers le changement de couleur de la solution du bleu de méthylène avant et après filtration ..... | 80 |
| Figure IV.25. Composants d'habillage .....   | 81 |
| Figure IV.26. Processus final d'habillage .....  | 81 |
| Figure IV.27. Schéma de banc d'essai .....   | 83 |
| Figure IV.28. Photo prise lors de la mesure du Ph .....  | 84 |
| Figure IV.29. Courbes d'évolution de pH dans les premiers jours .....  | 85 |
| Figure IV.30. Photo prise lors de la mesure de turbidité .....   | 86 |
| Figure IV.31. Courbes d'évolution de turbidité dans les premiers jours .....   | 87 |
| Figure IV. 32. Photo prise lors de la mesure de la conductivité .....  | 88 |
| Figure IV.33. Courbes d'évolution de conductivité dans les premiers jours Figure .....   | 89 |
| Figure IV.33. Courbes d'évolution de chlorures dans les premiers jours .....   | 90 |

## ***Liste des tableaux***

### ***Chapitre II***

|  |    |
|--|----|
| TableauII.1 : Classification de la forme des charbons actifs .....                             | 35 |
| TableauII.2 : Classification de la taille des différents pores selon .....                     | 35 |
| Tableau 3 : Quelques différentes biomasses utilisées pour la production du charbon actif ..... | 38 |

### ***Chapitre IV***

|   |    |
|---|----|
| Tableau IV.1. Valeurs de perméabilité selon .....                             | 66 |
| Tableau IV.2. Dosage des échantillons (charbon poudre, ciment et l'eau) ..... | 72 |
| Tableau IV.3. Résumé des caractéristiques mécaniques des échantillons .....   | 74 |
| Tableau IV.4. Indice d'iode .....   | 80 |
| Tableau IV.5 Test de pH .....   | 85 |
| Tableau IV.6 Test de Turbidité.....   | 87 |
| Tableau IV.7 Test de la conductivité.....                                     | 89 |
| Tableau IV.8 Test de chlorures Cl.....  | 90 |

## *Introduction générale*

## Introduction générale

L'eau est un liquide incolore, inodore et insipide. L'eau est une ressource naturelle et renouvelable, et sa proportion atteint 70% du corps humain.

Par conséquent, nous nous soucions beaucoup de la qualité de l'eau potable, car elle est destinée à la consommation humaine, et nous disons qu'elle est propre à la consommation si elle contient des caractéristiques.

\_ Couleur claire et sans odeur

\_ Saveur délicieuse

\_ Minéraux responsables

\_ Manque de matière organique et d'agents pathogènes tels que les bactéries

Le domaine de l'industrie et de l'agriculture s'est développé ces dernières années, ce qui a entraîné la pollution des sources d'eau, et les gens souffrent de l'eau du robinet ou de l'eau de puits, car elle contient un pourcentage élevé de chlore et son odeur en plus de son mauvais goût. Il ne fait aucun doute que la pollution affecte la santé humaine en particulier et les organismes vivants en général en raison des maladies qu'elle provoque (choléra, diarrhée, typhoïde ..... etc.)

Ces problèmes ont incité les gens à chercher des solutions, et certains ont eu recours à l'achat de bouteilles d'eau minérale, mais cette solution est trop chère pour beaucoup de gens.

Transporter l'eau de source minérale dans des réservoirs et la revendre à des prix raisonnables, mais cela ne répond pas aux besoins de tous les habitants et le nombre d'utilisateurs de réservoirs d'eau minérale est peu élevé.

Dans le même contexte, des systèmes de purification d'eau contenant plusieurs filtres sont apparus sur le marché.

Filtre à membrane : filtre les particules telles que la saleté, la poussière et la rouille

Filtre à charbon actif (granulé et poudre) : réduit le chlore tout en éliminant le goût et l'odeur.

Le système d'osmose inverse élimine de nombreux problèmes de solides dissous et de pollution.

Ce système peut être coûteux parce qu'il est importé, mais il s'est avéré efficace pour éliminer les contaminants et rendre l'eau potable.

La technologie d'adsorption est l'une des différentes techniques appropriées pour éliminer le goût et l'odeur indésirables de l'eau.

Récemment, le charbon actif est considéré comme la solution la plus efficace dans la purification de l'eau en raison de sa composition, de sa surface spécifique élevée, de sa porosité élevée et de sa capacité d'adsorption élevée.

Le charbon actif peut être utilisé sous une variété de formes granulaires et en poudre

Il est important de comprendre comment fonctionne la technologie d'osmose inverse dans la purification de l'eau et d'étudier ses filtres

Dans ce premier chapitre de l'étude, nous donnons un aperçu de la purification de l'eau, nous concentrons sur le système d'osmose inverse et les filtres qu'il contient, et comprenons leur processus et les caractéristiques de chaque filtre.

Dans le deuxième chapitre, nous étudions le charbon et comprenons ses propriétés et comment l'activer

Dans le troisième chapitre, nous avons essayé de comprendre la technologie d'adsorption et comment cette propriété fonctionne et son importance

Dans le dernier chapitre résumant notre processus expérimental, nous avons fabriqué et simulé un filtre à charbon actif en bloc à l'aide d'un filtre commercial. D'un point de vue performance, en parallèle, on s'occupera de la conductivité, du pH, de chlorure et autres éléments physicochimiques avant et après la filtration.

# *Chapitre I*

## *Généralité sur le traitement des eaux*

## **I. Généralité sur Le Traitement**

### **I.1 Introduction**

Seules certaines eaux, dites minérales ou de source peuvent être commercialisées et consommées sans traitement. Cependant, pour les eaux de source par fois des traitements comme l'aération, la décantation et la filtration peuvent leur être appliquées. Toutes les autres eaux du milieu naturel dites 'brutes' ont besoin d'un traitement avant d'être consommées, afin de répondre aux normes en vigueur définissant une eau bonne pour la consommation humaine. Elles sont alors acheminées jusque dans une usine de production d'eau potable. Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, liée à son origine, l'eau principale traitée étant les eaux de surface et les eaux souterraines [1].

### **I.2 Objectif du traitement**

Le traitement doit être ajusté à la composition chimique de l'eau captée. Il varie donc d'un site à l'autre. Si, pour certaines eaux, un traitement partiel ou simple tel que la filtration rapide et la désinfection des eaux suffit, d'autres nécessitent un traitement complet plus ou moins complexe, voire des traitements spécifiques afin d'éliminer les polluants particuliers [2].

### **I.3 Définition des Objectifs du Traitement**

Ceux-ci peuvent être répartis en deux groupes :

-la santé publique, qui implique que l'eau distribuée ne doit apporter aux consommateurs ni substances toxiques (organiques ou minérales) ni organismes pathogènes. Elle doit donc répondre aux normes physicochimiques et bactériologiques [2].

-la protection du réseau de distribution, et aussi des installations des usagers (robinetterie, chauffe-eau...) contre l'entartrage et/ou corrosion. Dans tous les pays, ces objectifs se traduisent par une réglementation officielle. Cette dernière est fonction de critères de santé publique, du degré de développement du pays considéré et des progrès de la technologie [2].

### **I.4 Les Etapes du Traitement de L'eau**

Le traitement d'une eau brute après son captage dépend de sa qualité et de ses Constituants, critères qui varient dans le temps. L'eau puisée dans l'environnement doit donc être analysée en continu avant de subir le traitement de potabilisation approprié.

Ce contrôle exécuté, l'eau subit plusieurs traitements avant d'être distribuée dans les circuits d'eau potable [3].

#### **I.4.1 Dégrillage et tamisage**

Le passage de l'eau captée à travers des grilles et tamis élimine les plus gros débris [3].

#### **I.4.2 Oxydation**

Si la charge organique est très importante ou s'il y a de l'ammoniaque, du fer ou du manganèse en solution, l'oxydation facilite leur élimination lors de la phase de clarification. Cette étape d'oxydation peut se faire avec du chlore ou de l'ozone [3].

#### **I.4.3 Clarification**

La clarification regroupe les procédés de coagulation-floculation, décantation ou flottation et de la filtration. Le but est d'éliminer les MES (matières en suspension) minérales et organiques d'une eau brute ainsi qu'une partie des matières organiques dissoutes, fraction floculable. Suivant les concentrations des différents éléments indésirables, plusieurs techniques peuvent être mises en œuvre [4].

##### **I.4.3.1 Coagulation-Floculation**

Pour une eau brute présentant une légère turbidité, et/ou légèrement colorée, on ajoute un coagulant et éventuellement un floculant. Les doses utilisées doivent être faibles, car ces réactifs diminuent la durée des cycles de filtration entre deux lavages. Le processus de coagulation implique d'ajouter du fer ou de l'aluminium à l'eau comme du sulfate d'aluminium, sulfate ferrique, chlorure ferrique ou des polymères. Ces produits chimiques s'appellent des coagulants et ont une charge positive. La charge positive du coagulant neutralise la charge négative des particules dissoutes et suspendues dans l'eau. Quand cette réaction se produit, les particules se lient ensemble ou se coagulent (ce processus peut également s'appeler floculation). Les particules plus grosses ou plus lourdes se retrouvent rapidement au fond de l'approvisionnement en eau.

Ce processus s'appelle la sédimentation. Le diagramme suivant (Figure I.1) illustre les réactions et les processus de bases qui se produisent durant la coagulation. La coagulation peut enlever un grand nombre de particules organiques. La coagulation peut également enlever les particules suspendues, y compris les précipités inorganiques, tel que le fer. Par Contre, elle n'enlève pas

tous les virus et bactéries dans l'eau et elle ne peut pas produire de l'eau potable sûre. C'est, cependant, une étape primaire importante dans le processus de traitement de l'eau parce qu'elle enlève des particules, telle que le carbone organique dissout. Ainsi, moins de chlore est nécessaire pour désinfecter l'eau [5]. Après avoir subi le traitement de coagulation, l'eau va être transférée dans un autre bassin. C'est dans ce bassin où va commencer véritablement l'accrétion. En effet, rien ne s'oppose plus alors au rassemblement des colloïdes neutralisés. Il faut donc maintenir une agitation lente pour favoriser les accrétions. Celle-ci est accélérée par l'ajout d'un polymère c'est-à-dire d'une grande molécule constituée par la répétition d'un motif de base qui emprisonne les matières colloïdales agglomérées et formant ainsi des flocons volumineux qui se déposent par gravité. C'est le floc. Elle est aussi accélérée par une régulation d'un pH optimum pour obtenir la meilleure précipitation possible de l'ensemble des hydroxydes métalliques qui viennent d'apparaître grâce à la réaction de coagulation [4].

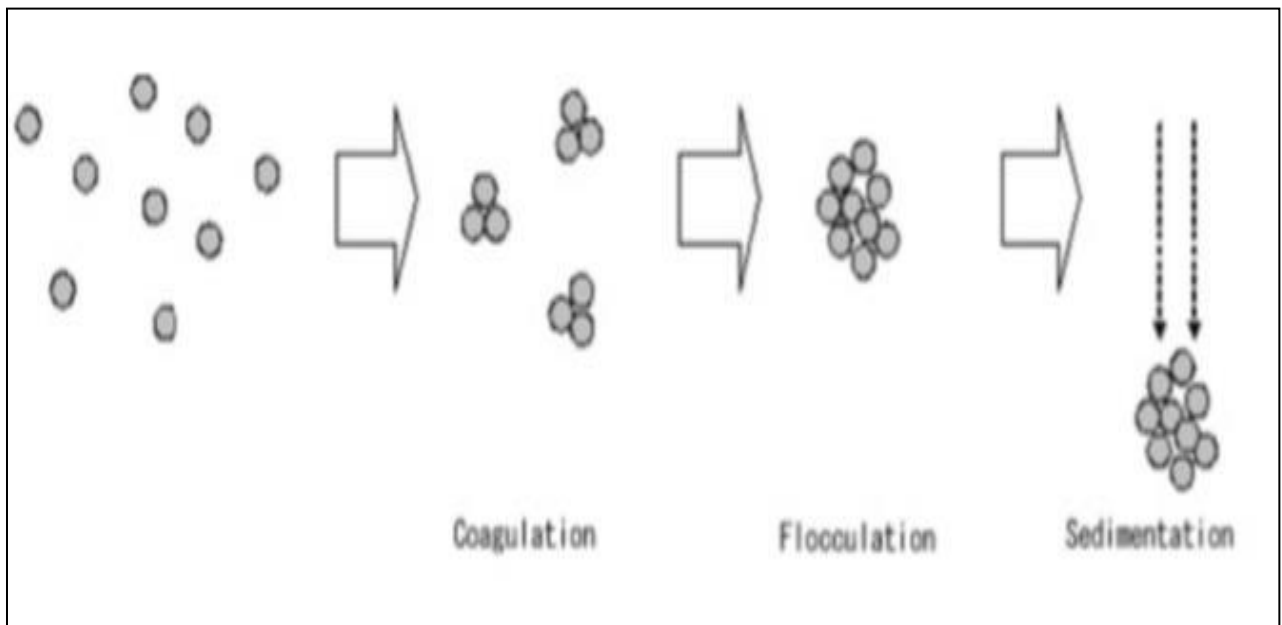


Figure I.1. Processus de coagulation-floculation et de sédimentation

#### I.4.3.2 Décantation

Après avoir rassemblé les différentes petites particules en beaucoup plus grosses, il va maintenant falloir faire décanter tout ceci. Dans un corps d'eau immobile, les particules en suspension plus lourdes que l'eau sont soumises à leur poids apparent.

### **I.4.3.3 Flottation**

Elle permet de séparer les matières rassemblées en flocc comme pour la décantation, mais s'applique aux matières qui ne décantent pas ou très lentement telles que les graisses, hydrocarbures [6].

### **I.4.3.4 Filtration**

Le système de filtration est composé de filtres avec des tailles différentes et se compose la plupart du temps de gravier, sable et de charbon de bois. Il y a deux types de filtration de base par le sable : la filtration lente par le sable et la filtration rapide par le sable. La filtration lente par le sable est un processus biologique parce qu'elle emploie des bactéries pour traiter l'eau. Les bactéries forment une couche sur la partie supérieure du sable et nettoient l'eau pendant qu'elle traverse, en digérant les contaminants dans l'eau. La couche de bactéries s'appelle le bio film. La filtration rapide par le sable est un processus physique qui enlève les solides en suspension dans l'eau. Cette filtration rapide est beaucoup plus répandue parce que les filtres de sable rapide ont des débits assez élevés et exigent peu d'espace pour fonctionner. Durant la filtration, le taux d'écoulement de l'eau peut aller jusqu'à 20 mètres par heure. Les filtres sont généralement nettoyés 2 fois par jour.

Les particules qui sont enlevées dans l'eau durant la filtration dépendent de la taille des filtres qui sont utilisés. La filtration lente enlève les bactéries, les virus et les protozoaires et produit essentiellement de l'eau propre. Il est recommandé d'employer un désinfectant comme mesure conservatoire. La filtration rapide enlève les particules suspendues, comme les bactéries, les virus et les protozoaires. Dans les installations de traitement, la filtration enlève un grand nombre de contaminants, mais exige toujours la désinfection pour produire de l'eau potable sûre. Même si la filtration rapide ne peut pas enlever toutes les bactéries et les virus, c'est une étape importante dans le processus de traitement. La coagulation et la filtration peuvent enlever les matières en suspensions et dissoutes, de sorte que la désinfection soit plus réussie avec une quantité réduite de chlore. Le principe du filtre sous gravier est d'imiter le cycle d'épuration de la nature en utilisant le fond sableux de l'aquarium. L'eau chargée d'impuretés organiques (essentiellement des déchets solides, des substances ammoniacales et des nitrites) est entraînée par un courant lent descendant à travers l'épaisseur de gravier. L'eau abandonne au passage ses impuretés solides dans le gravier [6 et 7].

#### I.4.3.4.1 Filtration sur sable

Il en existe deux types

##### \_ Le Filtre à sable de prétraitement

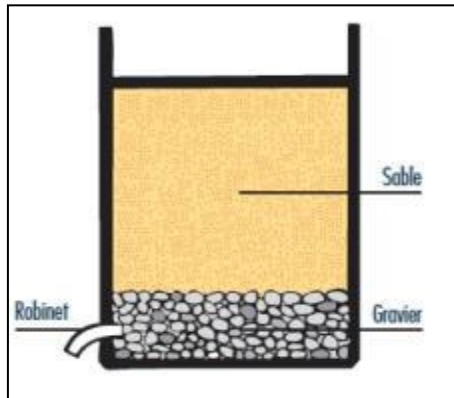


Figure I.2. Filtre à sable de prétraitement

Ce filtre est très simple à mettre en œuvre. Mais seul, il ne permet qu'un traitement sommaire de l'eau.

Il consiste à remplir un récipient, souvent un simple bac de béton pourvu d'un robinet ou d'un moyen de vidange, d'une couche de graviers plutôt assez fins et d'une couche beaucoup plus importante de sable sur laquelle on verse l'eau à traiter qu'il suffit de recueillir au bas du récipient.

Il est vraiment efficace lorsqu'il est utilisé en prétraitement d'autres méthodes de désinfection (par rayonnement solaire, par chloration ou par ébullition) lorsque l'eau brute dont on dispose est un peu trouble, mais ne suffit pas à lui seul [8].

## \_ Le Filtre à sable biologique

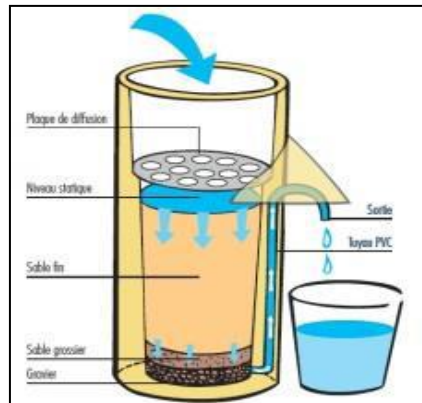


Figure I.3. Filtre à sable biologique

Les filtres à sable biologiques permettent un traitement complet et très efficace de l'eau. Grâce à un niveau de l'eau maintenu constant à l'intérieur du filtre, il y a installation d'une activité biologique qui élimine les germes pathogènes. Le filtre n'est pas efficace pendant les premières utilisations, car le filtre biologique n'a pas encore eu le temps de se former. Il faut environ 3 semaines à la couche biologique pour parvenir à sa complète maturité.

Le filtre possède une plaque de diffusion servant à éviter de creuser le sable quand on y verse l'eau. L'eau s'écoule à travers du sable fin. Le bas du filtre est composé d'une couche de sable grossier et d'une couche de graviers. Un tuyau en PVC remonte jusqu'à la hauteur du haut de la couche de sable, afin de maintenir le niveau d'eau constant à l'intérieur du filtre.

Le principal inconvénient de ce filtre est que l'eau s'écoule de plus en plus lentement au fur et à mesure qu'on l'utilise. Lorsque le traitement devient trop lent, il faut remplacer le sable [8].

### I.4.3.4.2 Filtration a charbon actif

Le charbon actif est utilisé depuis des siècles pour filtrer l'eau destinée à la consommation humaine. Toutes nos fontaines à eau sont équipées d'un système de filtration de l'eau au charbon actif qui garantit une eau plus propre et plus agréable à boire qu'à son arrivée dans la machine. Les filtres au charbon actif agissent sur la qualité organoleptique de l'eau en lui retirant le chlore, les contaminants, les particules et les autres facteurs de goûts et d'odeurs indésirables. Boire de l'eau filtrée est un premier pas dans la démarche de l'eau pure. Et la bonne nouvelle, c'est que les nutriments essentiels sont conservés. Les minéraux naturels traversent le filtre pour vous apporter tous leurs bienfaits [9].

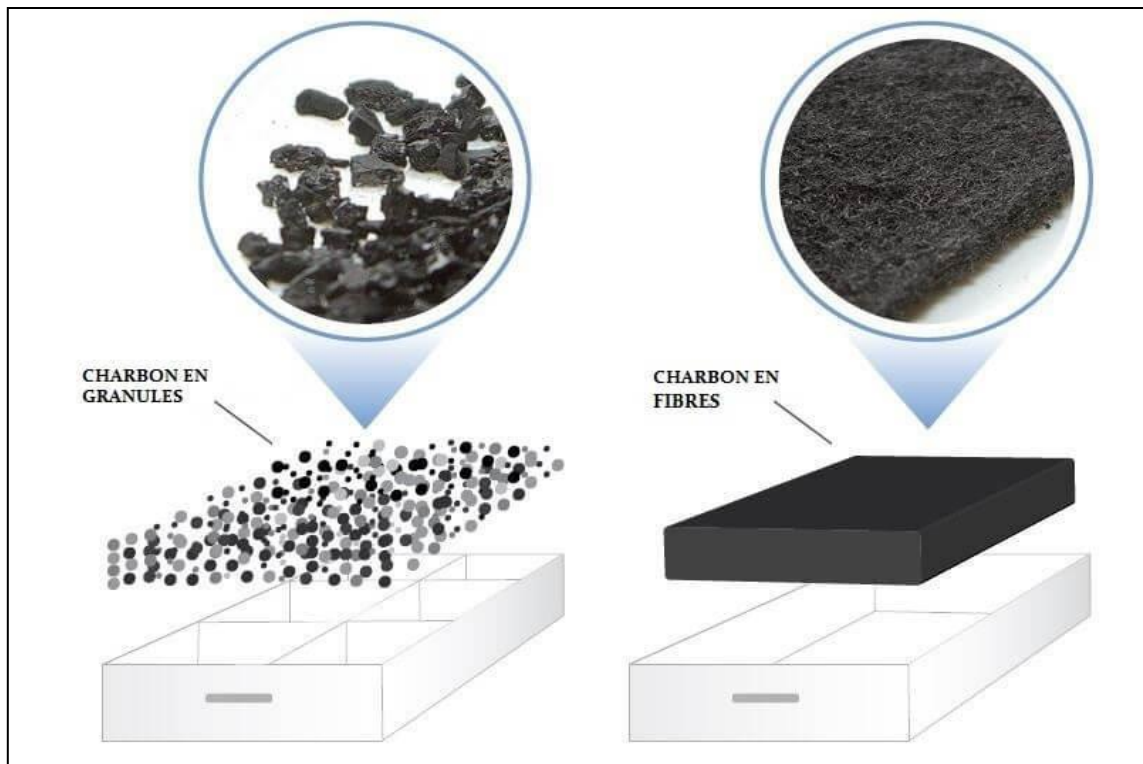


Figure I.4. Charbon actif en fibre et granulé

#### I.4.4 Désinfection

Les bactéries et virus pathogènes qui demeurent dans l'eau sont éliminés lors de l'étape de désinfection. On utilise pour cela du chlore, de l'ozone ou des ultraviolets. Une petite quantité de chlore reste dans l'eau produite pour éviter un développement bactérien plus en aval, dans le réseau d'eau [6].

#### I.4.5 Stérilisation

Stérilisation est la destruction de tous les organismes vivants. L'eau est stockée dans de grands réservoirs de stockage pour être ensuite distribuée [10].

#### I.4.6 Autres traitements

Éventuellement, la dureté de l'eau est corrigée pour éviter la corrosion ou l'entartrage des canalisations.

En cas de pollutions spécifiques, aux nitrates ou aux pesticides par exemple, des traitements de dépollution supplémentaires sont appliqués.

À la sortie de l'usine de potabilisation, l'eau est acheminée vers des réservoirs (châteaux d'eau) puis jusqu'aux robinets [6].

## I.5. Les Types des filtres à Eau domestique

Les systèmes de filtration d'eau domestique étaient généralement composés de 3, 4 ou 5 étapes de filtration.

Chaque système de filtration d'eau domestique contient un filtre à sédiments, un filtre à charbon et un filtre R.O.

Chaque système de filtration contient un ou plusieurs filtres : Filtre à sédiments : réduit les particules telles que la saleté, la poussière et la rouille.

Le filtre à charbon : réduit les composés organiques volatils (COV), le chlore et d'autres contaminants qui donnent à l'eau un mauvais goût ou une mauvaise odeur.

Membrane semi-perméable : Élimine jusqu'à 98 % des solides dissous totaux (SDT).

Filtre minéral : ce filtre améliore la qualité de l'eau en lui apportant certains minéraux indispensables à notre santé : calcium, magnésium, sodium, potassium.

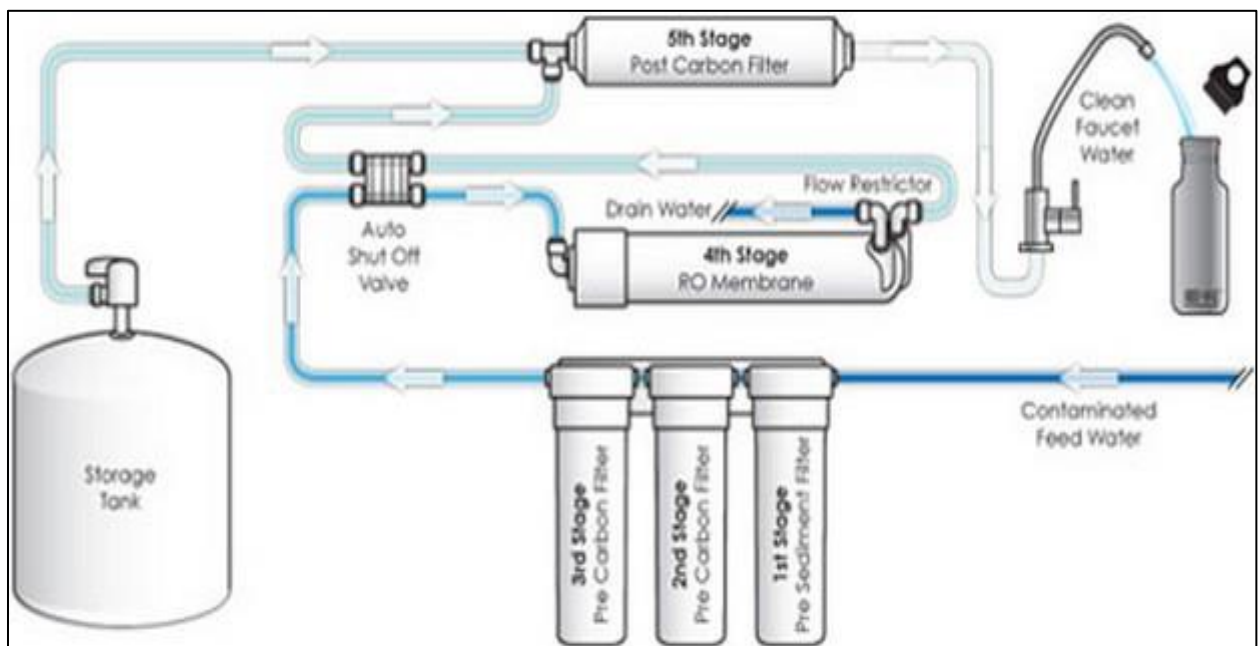


Figure I.5. Schéma de la source du système de filtration d'eau domestique

- 1- Lorsque l'eau pénètre pour la première fois dans les systèmes de filtration d'eau domestique, elle passe généralement à travers un filtre à charbon et à sédiments pour éliminer les sédiments et le chlore qui pourraient obstruer. Ou endommager la membrane d'osmose inverse.

- 2- L'eau passe ensuite à travers la membrane d'osmose inverse où les particules dissoutes (même trop petites à l'échelle microscopique) ont été éliminées.
- 3- Après filtration, l'eau s'écoule vers le réservoir de stockage, où elle est retenue jusqu'à ce qu'elle soit nécessaire. Les systèmes de filtration d'eau continuent de filtrer l'eau jusqu'à ce que le réservoir de stockage soit plein, puis s'arrêtent.
- 4- Une fois que vous ouvrez votre robinet d'eau potable, l'eau sort du réservoir de stockage à travers un autre post-filtre pour polir l'eau potable avant qu'elle n'arrive à votre robinet.

### I.5.1 Filtration des sédiments

Le filtre à sédiments élimine les matières en suspension telles que le sable, le limon, l'argile ou la matière organique de l'eau et d'autres grosses particules dans l'eau. Le filtre à sédiments peut être constitué de divers matériaux, tels que le papier : céramique, polypropylène, fibre acrylique, fibre de verre, polyester et cellulose filée [11]. Habituellement, un filtre à sédiments est utilisé comme prétraitement pour d'autres processus tels que la filtration au charbon actif (CA) et l'osmose inverse pour les protéger du colmatage par de grosses particules.



Figure I.6. Photos de Filtration des sédiments

### I.5.1.1. Mécanisme

L'eau s'écoule dans le boîtier du filtre, la pression pousse l'eau à travers les boîtiers (tige en fibre) jusqu'à l'ouverture intérieure qui mène au robinet. Les fibres filtreront alors les particules plus grosses telles que la matière organique, le sable, l'argile et le limon. Le débit est aussi élevé à haute pression [12], les contaminants d'une taille inférieure à 5 microns passeront librement à travers le filtre à sédiments.

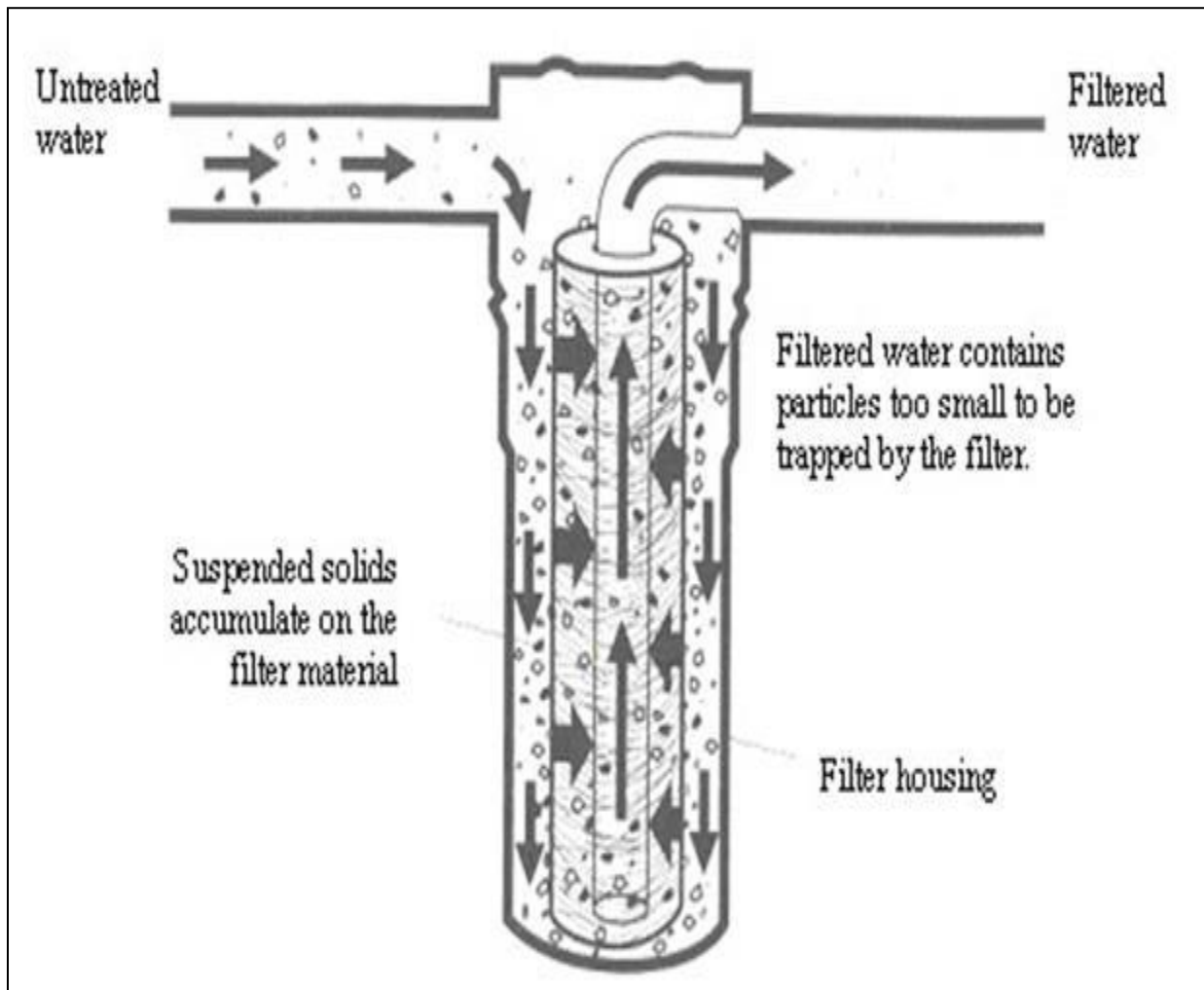


Figure I.7. Le processus de filtration des sédiments

## I.5.2. Filtration au charbon actif

### I.5.2.1. Charbon actif en granulaire (CAG)



*Figure I.8. Charbon actif en granulaire*

L'élimination des micropolluants organiques et de la matière organique est l'enjeu majeur de l'emploi du CAG. Les pesticides et les composés sapides sont les principaux micropolluants organiques. L'élimination de la matière organique sous forme de carbone organique dissous biodégradable fait appel aux phénomènes d'adsorption et de biodégradation. Cette bio-élimination est rendue possible par la présence d'une biomasse colonisatrice de la surface du charbon, cette colonisation du filtre demande 1 à 2 mois. La nitrification de l'ammonium, la réduction des oxydants chlorés résiduels et une très faible élimination de certains sous-produits de désinfection tels que les bromates et les chlorates sont les autres potentialités du charbon actif en grains. Les caractéristiques physiques des granulés de charbon actif varient considérablement selon les produits. Il faut tenir compte des paramètres suivants lors du choix du charbon actif.



*Figure I.9 photo de filtre de charbon granulaire*

### **Mécanisme**

L'adsorption est le principal mécanisme d'action du CAG et la principale raison de son utilisation généralisée pour réduire le goût, l'odeur et la couleur indésirables et pour améliorer la sécurité de l'eau potable. Lorsque l'eau pénètre dans le boîtier, le boîtier est rempli d'eau sous pression, l'eau commence à pénétrer dans le filtre par le bas, puis l'eau rencontre les granules de charbon actif, les particules de carbone absorbent les polluants dans l'eau qui sont plus gros que leur pore taille lorsqu'ils les traversent. Les granules de charbon actif y attireront le chlore chargé négativement. De plus, le matériau en carbone lui-même absorbe le goût et la mauvaise odeur de l'eau [13].

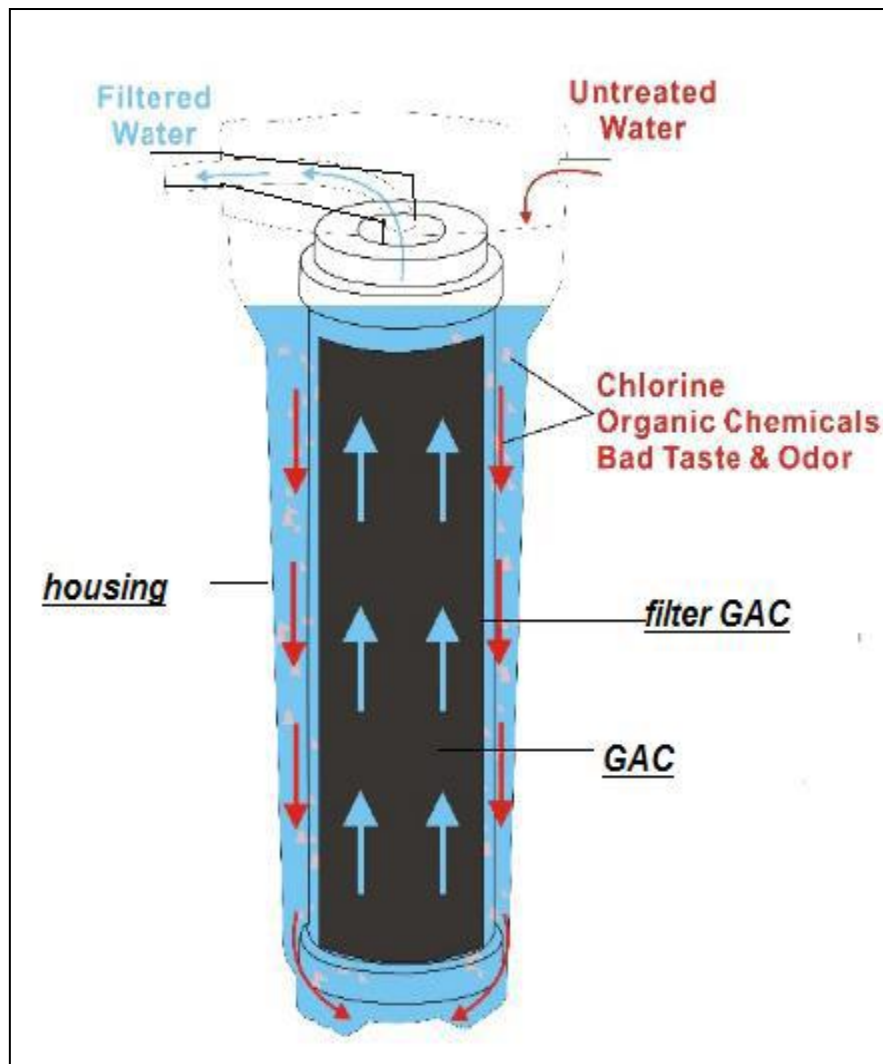


Figure I.10. Mécanisme de travail du charbon actif granulaire

### I.5.2.2 Filtration au bloc de charbon actif (CAB)

C'est une autre forme de charbon actif qui est fabriqué à partir de fine poudre de carbone, puis la poudre est combinée avec un liant alimentaire. Enfin, le mélange est chauffé et emballé dans un moule solide [14]. Il est très efficace pour éliminer le goût et l'odeur du chlore, des produits chimiques et d'autres polluants dans l'eau. De plus, le bloc de charbon actif peut réduire les polluants tels que le plomb, les composés organiques volatils (COV) et les kystes microscopiques dans l'eau. La grande porosité de la poudre produit une plus grande surface, ce qui lui permet d'absorber plus de contaminants dans l'eau et d'empêcher l'eau de pénétrer. [13] Le bloc de carbone est plus efficace pour purifier l'eau que les granulés de carbone, car l'eau passe plus de temps dans les filtres à bloc de carbone, mais il est coûteux de fabriquer des filtres à bloc de carbone. D'autre part, la fabrication de filtres activés granulaires est abordable.



Figure I.11. Image de la filtration à bloc de carbone (CAB)

### Mécanisme

L'eau s'écoule dans le boîtier du filtre puis pénètre à travers les pores du bloc de charbon actif, et toutes les impuretés plus grandes que la taille des pores est mécaniquement absorbée et s'accumule à la surface du charbon actif. En même temps, le charbon actif chargé positivement attire tous les produits chimiques chargés négativement comme le chlore et élimine le mauvais goût et l'odeur.

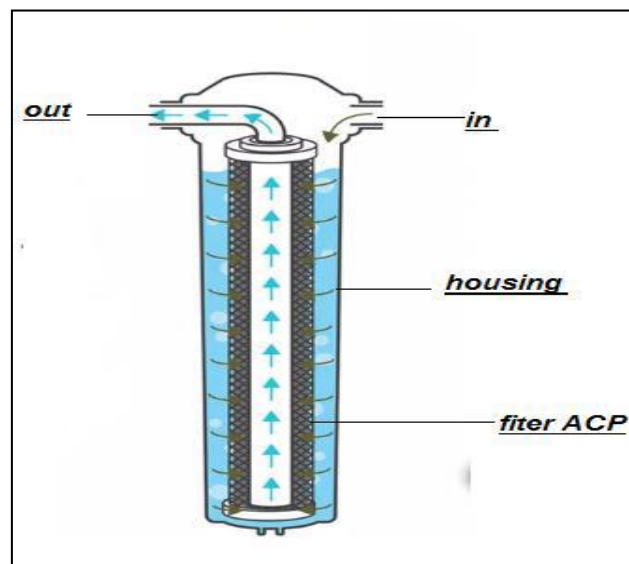


Figure I.12. Mécanisme de travail du bloc de charbon actif

### I.5.2.3 Filtre à osmose inverse

L'osmose inverse est un processus de purification de l'eau qui utilise une membrane partiellement perméable pour séparer les ions, les molécules indésirables et les particules plus grosses de l'eau potable. Dans l'osmose inverse, une pression appliquée est utilisée pour surmonter la pression osmotique, une propriété colligative qui est entraînée par les différences de potentiel chimique du solvant, un paramètre thermodynamique. L'osmose inverse peut éliminer de l'eau de nombreux types d'espèces chimiques dissoutes et en suspension ainsi que des espèces biologiques (principalement des bactéries) et est utilisée à la fois dans les procédés industriels et dans la production d'eau potable. Le résultat est que le soluté est retenu du côté pressurisé de la membrane et que le solvant pur peut passer de l'autre côté. Pour être « sélective », cette membrane ne doit pas laisser passer les grosses molécules ou les ions à travers les pores (trous), mais doit permettre aux composants plus petits de la solution (tels que les molécules de solvant, par exemple l'eau, H<sub>2</sub>O) de passer librement.

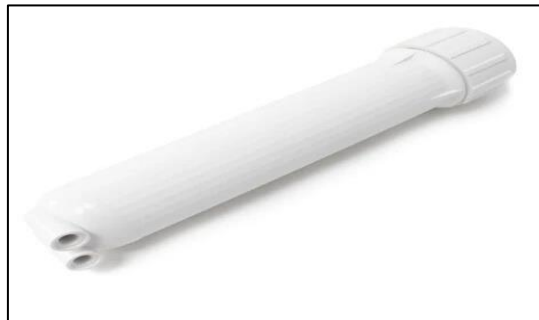


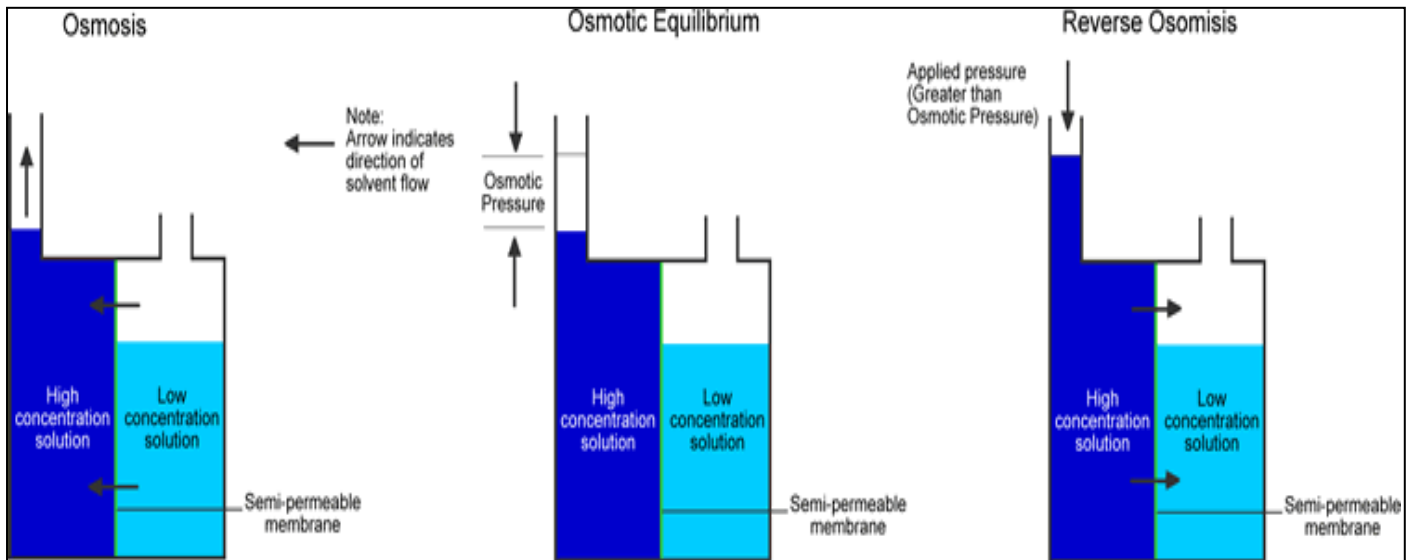
Figure I.13. Filtre à osmose inverse

#### Mécanisme

L'osmose inverse diffère de la filtration en ce que le mécanisme d'écoulement du fluide se fait par osmose à travers une membrane. Le mécanisme d'élimination prédominant dans la filtration sur membrane est la contrainte ou l'exclusion de taille, où les pores mesurent 0,01 micromètre ou plus, de sorte que le processus peut théoriquement atteindre une efficacité parfaite, quels que soient les paramètres tels que la pression et la concentration de la solution. L'osmose inverse implique plutôt la diffusion de solvant à travers une membrane non poreuse ou utilisant une nano filtration avec des pores de 0,001 micromètre de taille. Le mécanisme d'élimination prédominant provient des différences de solubilité ou de diffusivité, et le processus dépend de la pression, de la concentration du soluté et d'autres conditions.

L'osmose inverse est surtout connue pour son utilisation dans la purification de l'eau potable à partir de l'eau de mer, en éliminant le sel et les autres effluents des molécules d'eau.

Figure I.14. Principe de l'osmose inverse



### I.5.2.3.1 Osmose inverse Membrane

La membrane utilisée en O.I est une fine surface microporeuse qui rejette toutes les impuretés, mais ne laisse passer que les molécules d'eau. Les trois types de membranes couramment utilisées sont les fibres tubulaires, enroulées en spirale et creuses. Les deux matériaux de base les plus couramment utilisés pour produire des membranes sont l'acétate de cellulose et les polymères de polyamide. Les membranes en polymère polyamide produisent à la fois un rejet et un flux 36 plus élevés, tolère une plage de pH plus large et une température continue plus élevée que l'acétate de cellulose. [12]

### I.5.2.3.2 Systèmes de membranes en spirale

Les membranes enroulées en spirale sont des médias filtrants étroitement emballés où une membrane perméable est enroulée autour d'un noyau central en spirale semblable à un rouleau de tissu. Le perméable la membrane est scellée sur les bords et est espacée d'un matériau d'espacement qui permet l'écoulement du liquide à filtrer. L'eau à filtrer entre dans le module à membrane par une extrémité. Une fois à l'intérieur du module, la filtration se produit lorsque

la contre-pression est appliquée pour conduire l'eau propre à travers la surface membranaire. En sortant du module à l'autre bout, vous avez propre l'eau (permet) voyageant à travers le noyau où elle a été recueillie et un concentré saumure (concentré).

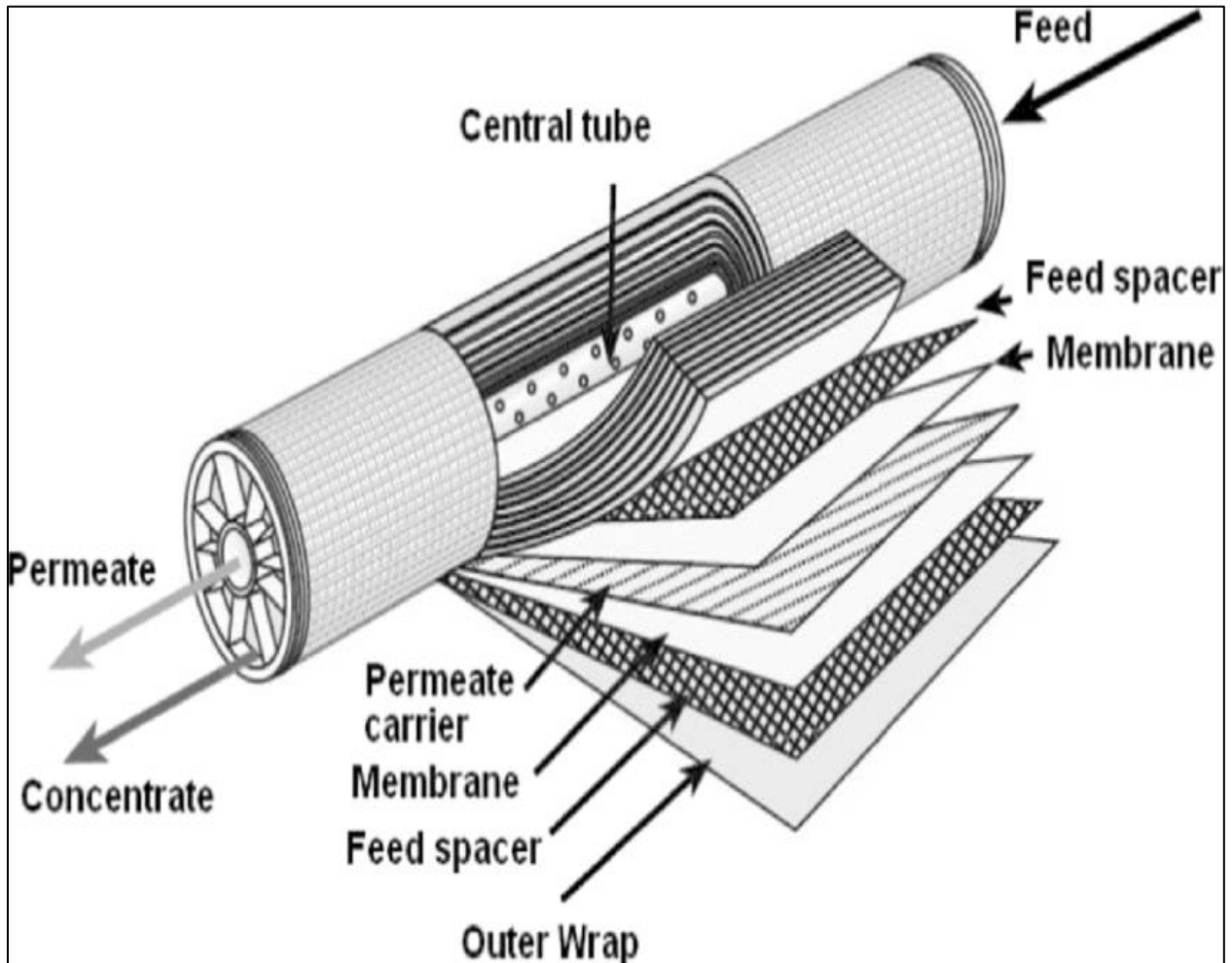


Figure I.15. Mécanisme de membranes en spirale

#### I.5.2.4 Le filtre minéral

Le filtre minéral est également connu sous le nom de filtre alcalin et est installé après le filtre à membrane OI, pour donner un goût apaisant et sucré à l'eau potable pure. Le filtre minéral rend l'eau potable en augmentant le pH de l'eau potable à plus de 7 et en transférant les minéraux vitaux essentiels à l'eau potable. Que le filtre à membrane RO peut supprimer.



*Figure I.16. Filtre minéral*

#### **I.5.2.5 Réservoir de stockage**

Un réservoir de stockage est un réservoir sous pression hydropneumatique qui recueille l'eau qui est progressivement purifiée par la membrane du Système de Filtration d'Eau domestique. Le processus de filtration par osmose inverse est lent. Le réservoir permet à l'eau de s'accumuler, ainsi, lorsque vous allez vous verser un verre d'eau, vous pouvez avoir un accès immédiat à beaucoup d'eau.

Les réservoirs d'osmose inverse sont en acier laminé et doublés intérieurement d'un matériau inerte appelé butyle. Le revêtement en butyle garantit que l'eau osmose purifiée n'entre jamais en contact avec l'acier. [15]



Figure I.17. Réservoir de stockage



Figure I.18. Installation de réservoir de stockage

## **I.6 conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons vu les différents procédés de traitement de l'eau potable. Nous avons donné un aperçu sur l'objectif du traitement ensuite on a commencé par tout d'abord dégrillage et tamisage, ensuite oxydation et clarification, en outre la désinfection et enfin nous avons fini par une stérilisation.

Et dans le système de purification d'eau domestique, l'eau passe par cinq étapes de filtration

- La première étape : Le filtre PP élimine la saleté, la poussière, le sable, la terre, la rouille et les impuretés en suspension dans l'eau de dimensions supérieures à 5  $\mu\text{m}$ .
- Deuxième étape : (filtre à charbon actif -1) La filtration au sol de petits charbons actifs élimine certaines substances organiques, pesticides, détergents, impuretés en suspension, goût désagréable, couleur et impuretés de métaux lourds.
- La troisième étape : (filtre à charbon actif -2) Le bloc de filtre à charbon actif améliore l'élimination des substances organiques, des pesticides, des détergents, des impuretés en suspension, du goût désagréable, de la couleur ainsi que des impuretés de métaux lourds.
- Le quatrième étage : (filtre à osmose inverse) Le plancher d'ultrafiltration à osmose inverse élimine les sels solubles, les métaux lourds, les bactéries et autres composés de dimensions supérieures à 0,0001  $\mu\text{m}$  et élimine plus de 96 % du sel dans l'eau.
- Cinquième étage : (filtre minéral) : ce filtre améliore la qualité de l'eau en lui apportant certains minéraux indispensables à notre santé : calcium, magnésium, sodium, potassium.

## *Chapitre II*

### *Généralités sur le charbon actif*

## **II.1 Introduction**

Le charbon actif est connu pour le traitement de l'eau depuis 2000 ans. Il a été commercialisé. Au début du XXème siècle pour la décoloration du sucre principalement. Dès 1930, il est utilisé dans le traitement de l'eau pour supprimer l'odeur et le goût. A cette époque, il n'était disponible que sous forme de charbon actif en poudre. Le charbon actif en grain a vu le jour durant la première guerre mondiale : il était utilisé dans les masques à gaz.

Par la suite, l'utilisation du charbon actif s'est répandue ; il est actuellement principalement

Utilisé pour :

- \_ Le traitement de l'eau.
- \_ La purification de l'air.
- \_ La pharmacie.
- \_ L'exploitation minière etc. [1]

## **II .2 Historique**

Les charbons actifs comptent parmi les plus importants et les plus anciens des adsorbants fabriqués et exploités par l'Homme. Dans l'Ancienne Egypte, par exemple, ces matériaux étaient employés sous forme de charbon de bois pour la purification de l'eau et c'est à partir du 18ème siècle que les propriétés adsorbants (adsorption d'odeurs et décoloration des liquides) des charbons actifs ont véritablement été découvertes. Au cours des siècles suivants, d'importants progrès concernant leur élaboration ont été réalisés et le procédé d'activation a été mis au point. Il n'a cessé d'être amélioré afin d'augmenter les capacités d'adsorption de ces matériaux. Les charbons actifs ont été largement utilisés pour diverses applications. Ils ont par exemple été employés lors de la première guerre mondiale pour la fabrication de masques à gaz à usage militaire. En 1988, la production mondiale était estimée à 400000 tonnes par an ; elle ne cesse de croître chaque année [2].

Les charbons actifs commerciaux sont produits à partir de précurseurs hydrogéocarbonés très variés et disponibles sous différentes formes : 55% de la production totale est sous forme pulvérulente (poudre), 35% sous forme granulaire et 10% sous forme de bâtonnets (ou « pellets »). D'après Bansal [2], 80% de la production totale de charbons actifs est utilisée pour des applications en adsorption liquide (décoloration et dépollution des rejets industriels, traitement de l'eau potable et industrielle) et 20% pour des applications en adsorption gazeuse (décoloration, purification de l'air, purification et séparation des gaz, applications militaires pour la protection contre les gaz chimiques).

Les charbons actifs ont la capacité d'adsorber la plupart des molécules organiques. Par exemple, les composés aromatiques et les hydrocarbures substitués sont fortement adsorbés. En revanche, les molécules organiques légères sont faiblement adsorbées, en particulier celles qui contiennent moins de trois atomes de carbones (comme par exemple les alcools simples) [3]. Les carbones activés sont également très employés dans l'adsorption des cations [4] ; des gaz [5] et des vapeurs organiques. [6]

### II.3 Définition de Charbon actif

Le charbon actif est un produit adsorbant obtenu à partir de matières premières riches en carbone (le bois la tourbe, le charbon, le lignite, l'écorce de coco...). Toute matière première organique qui contient du carbone est à priori susceptible de convenir pour l'obtention de charbon actif. Le choix de la matière première sera essentiellement dépendant des possibilités d'approvisionnement locales permettant des prix de revient compétitifs. Une fois, ces matières premières sélectionnées, elles sont activées physiquement ou chimiquement dans des fours d'activation. Par cette activation on obtient, une structure de carbone hautement poreuse et très active [7]. La structure du charbon actif est proche de celle du graphite, ordonnée sous la forme d'un empilement de couches successives planes d'atomes de carbone disposés en hexagones réguliers [8]. Le charbon actif est un adsorbant physique [9]. Non spécifique avec une structure poreuse bien développée formée par des macropores et majoritairement par des micropores et des mésopores comme représenté sur la (Figure II.1) [7].

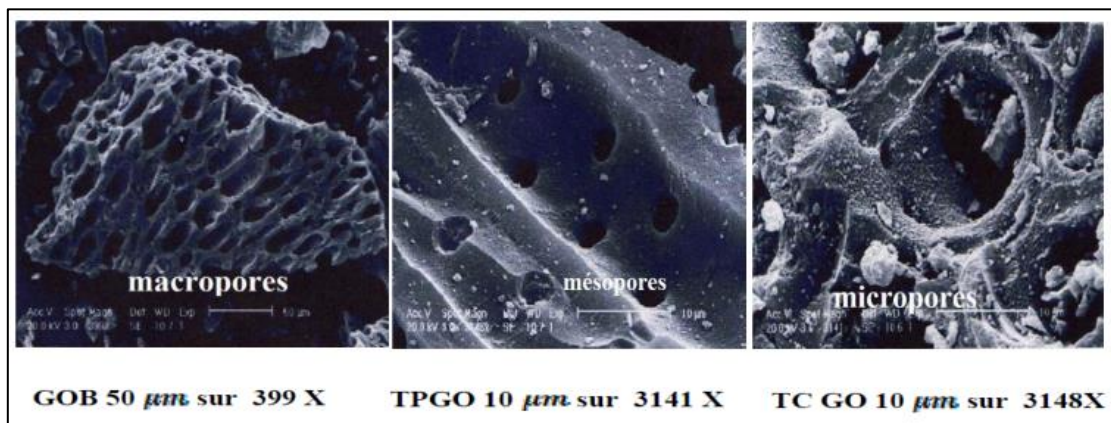


Figure II.1. Différentes structures du charbon actif vues au microscope électronique à balayage

## **II.4 Fabrication du Charbon actif**

Le charbon est un matériau peu coûteux, il peut être fabriqué à partir de tout matériau contenant un fort pourcentage de carbone et un faible pourcentage en matières inorganiques [10]. Il est obtenu par pyrolyse de différents composés organiques : bois, coques de fruits (noix de coco), noyaux de fruits, bambous, charbon, lignite, tourbe et résidus pétroliers. Depuis quelques années, de nombreuses études ont pour objectif la fabrication de charbon actif à partir de déchets : on peut citer, par exemple l'utilisation des résidus de la fabrication du café [11]. Ou les boues activées [12]. L'utilisation de sous-produits industriels s'inscrit dans une démarche de développement durable et de valorisation des déchets [13 et 19].

Le principe de fabrication des charbons actifs réside dans l'obtention d'une matrice carbonée poreuse à partir de matériaux organiques contenant initialement du carbone. La carbonisation (ou pyrolyse) transforme le composé de départ en matériau carboné par décomposition thermique à haute température sous un courant continu de gaz inerte [14].

Les matières premières sont transformées en charbon actif au moyen de deux étapes : la carbonisation (pyrolyse) et l'activation. La carbonisation est la décomposition thermique des matières carbonées : les matériaux autres que le carbone sont éliminés. L'activation consiste à développer la structure poreuse et créer les fonctions de surfaces généralement oxydées qui sont à l'origine des interactions entre le solide et les molécules adsorbées. L'activation physique permet de développer les pores existants et d'en créer d'autres [14].

La préparation des charbons actifs passe nécessairement par des étapes préliminaires (collecte, broyage, granulométrie ...). Ces opérations sont suivies d'une étape d'activation et de pyrolyse (carbonisation de la matière) et enfin des traitements supplémentaires ou de purification du produit obtenu (lavage, séchage, stockage...) [15]. L'étape d'activation permet de générer une microstructure poreuse et d'augmenter l'accessibilité à la structure interne, ainsi que de créer de nouveaux pores et d'élargir le diamètre de ceux déjà créés lors de la carbonisation. Pour cela, il existe deux méthodes d'activation [16].

## **II.5 Phase de carbonisation**

La carbonisation est un craquage thermique d'un matériau organique sous vide ou sous Atmosphère inerte, à haute température dans l'intervalle de (400 à 1000 °C), elle décompose la biomasse en trois principales phases dont l'importance relative varie suivant les conditions Opératoires :

Une fraction de gaz non condensable ; (CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>)

Une fraction de liquides.

Une fraction de résidu solide : le charbon composé majoritairement de carbone

La quantité, la composition et les propriétés des produits de la carbonisation diffèrent en fonction des paramètres opératoires, en particulier de la température et de la vitesse de chauffage [17]. Le but de la carbonisation est d'obtenir un produit fortement carboné, par le dégagement des gaz volatils et les hétéroatomes (O, H), mais sa structure poreuse reste très limitée, ce qui nécessite de procéder à l'activation pour développer la structure poreuse.

## II.6 Phase d'activation

### II.6.1 Activation physique

L'activation physique consiste en une oxydation du charbon à haute température (750 à 1000°C) [18]. À l'aide d'un agent faiblement oxydant pendant 24 à 72 heures. Les gaz principalement utilisés, seuls ou en mélange, sont l'air, la vapeur d'eau ainsi que le dioxyde de carbone. Ce procédé donne un charbon à pores étroits et va créer des millions de microscopiques alvéoles sur la surface du charbon, augmentant de façon très importante sa surface et son pouvoir d'adsorption, le carbone est consommé par les réactions :

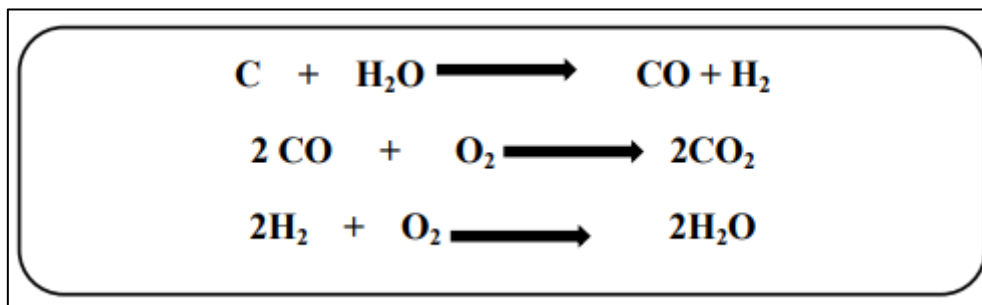


Figure II.2. Réactions d'activation physique.

Le contrôle de la température est un paramètre important, car au-dessus de 1000°C, la réaction engendre une dégradation du matériau. En revanche, en dessous de 800°C la réaction est trop lente ou incomplète et donc économiquement inintéressante. Généralement, les charbons actifs produits par cette activation physique présentent une structure poreuse fine (pores étroits) [16].

### II.6.2 Activation Chimique

Contrairement à l'activation physique, l'activation chimique est classiquement réalisée simultanément avec l'étape de carbonisation en présence de catalyseurs d'oxydation tels que l'acide phosphorique, l'acide sulfurique, le sulfure de potassium, le chlorure de zinc, des sels de cuivre ou la potasse et l'acide nitrique. Le matériau brut est imprégné d'un de ces agents chimiques puis chauffé sous atmosphère inerte entre 400°C et 600°C [18].

La réorganisation structurale permet de développer une microporosité et une mésoporosité par élargissement du diamètre des pores. Cette voie d'activation montre que la taille des pores dans le charbon actif final est déterminée par le degré d'imprégnation : plus celui-ci est élevé, plus le diamètre des pores est grand. De plus, ces charbons actifs présentent une structure poreuse ouverte (les pores débouchent à la surface du grain), idéale pour l'adsorption de grosses molécules. Néanmoins, les charbons activés chimiquement gardent généralement des traces de l'agent responsable de l'oxydation de surface (phosphore, soufre, zinc, cuivre, potassium) [16].

### II.7 Comparaison des deux procédés d'activation

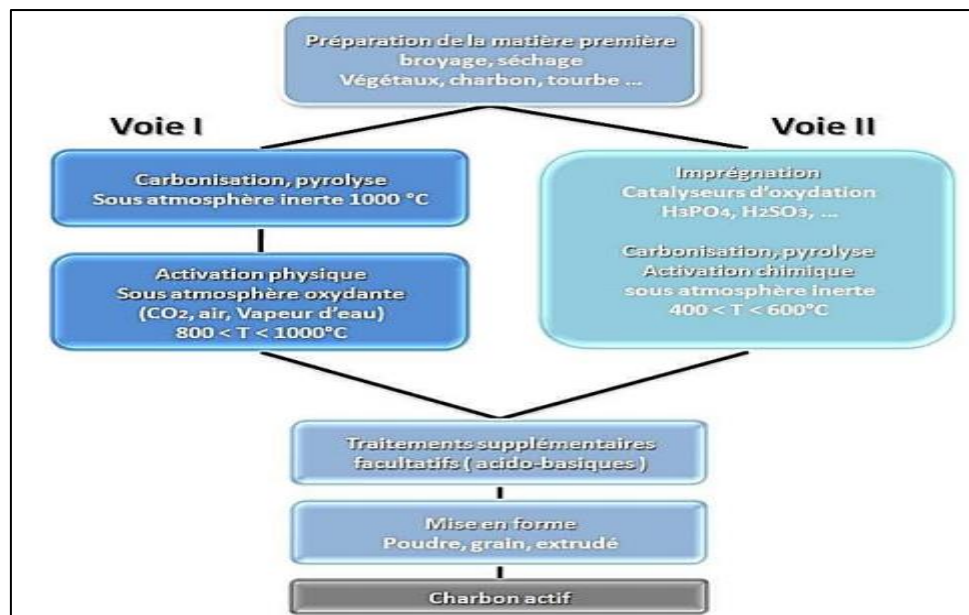


Figure II.3. Schéma général de fabrication des charbons actifs.

## II.8 Description et Propriétés des charbons actifs

Les charbons actifs sont des produits complexes, d'où la difficulté de les classer selon leurs comportements, leurs propriétés ou leurs caractéristiques surfaciques. Le seul paramètre qui peut donner une idée de la qualité des charbons actifs est leur capacité d'adsorption qui, à son tour, dépend de la nature et de la taille des pores. Les charbons actifs sont donc classés selon la taille de leurs particules ; les plus représentés sont ceux en poudres, en grains et de forme sphérique.

### II .8.1 Charbon actif en poudre (CAP)

Le charbon actif en poudre prend la forme de grains de taille comprise entre 10 et 50  $\mu\text{m}$ . Sous cette forme il s'utilise souvent pour le traitement de l'eau et du gaz. Dans le premier cas, il est généralement utilisé en combinaison avec un traitement clarificateur pour augmenter le temps de contact entre le charbon et l'eau [19].



Figure II.4. Charbon actif en poudre

#### II.8.1.1 Utilisation du charbon actif en poudre

Le charbon actif en poudre est utilisé en combinaison avec un traitement de clarification.

Le charbon actif en poudre est ajouté continuellement avec l'eau à traiter avec des agents floculants. Il est recommandé d'utiliser des clarificateurs pour augmenter le temps de contact entre le charbon et l'eau. La dose d'ozone nécessaire dans le cadre d'une interoxydation est alors réduite. La principale conséquence est que le nombre de sous-produits d'ozonation diminue [19].

#### II.8.1.2 Avantages du charbon actif en poudre

Le charbon actif en poudre est 2 à 3 fois moins cher que le charbon actif en granulé.

Des quantités supplémentaires peuvent être rajoutées en cas de pointes de pollution accidentelle ou temporaire.

L'adsorption est rapide dans la mesure où une grande partie de la surface de contact est directement disponible [19].

### **II.8.1.3 Inconvénients du charbon actif en poudre**

Le charbon actif en poudre ne peut pas être régénéré quand il est mélangé avec des boues d'hydroxyde.

Il est difficile d'enlever les dernières traces d'impuretés sans ajouter une quantité très importante de charbon actif en poudre.

La détection des pointes de pollution est problématique et sa concentration applicable est limitée [19].

### **II.8.2 Charbon actif en grains (CAG)**

Le charbon actif en grain ou en granulé CAG est formé de particules de 0,5 à 10 mm les caractéristiques physiques des granulés de charbon actif varient considérablement selon les produits. Les granulés utilisés pour le traitement des gaz proviennent essentiellement d'une activation physique [7].



*Figure II.5. Charbon actif en grains*

#### **II.8.2.1 Utilisation du charbon actif granulé**

Le charbon actif granulé est utilisé dans de différents types de traitements des eaux pour la réduction des oxydants chlorés résiduels et une très faible élimination de certains sous-produits de désinfection tels que les bromates et les chlorates, et aussi utilisé pour enlever la turbidité et

pour dissoudre des composés organiques, l'odeur, les taches, les colorants. Le traitement au charbon actif granulé est reconnu comme étant le procédé le plus efficace contre les goûts et les odeurs. Ce composé de faible poids moléculaire favorise une durée de vie prolongée.

Il est utilisé pour l'élimination des micropolluants organiques et de la matière organique sous forme de carbone dissous.

Il est utilisé en filtration pour des traitements de finition, car il permet l'amélioration de nombreux paramètres liés à la matière organique naturelle (MON) : couleur, goût, odeur et demande en désinfectant. En outre, son utilisation en filtration biologique permet d'obtenir des rendements d'élimination du carbone organique biodégradable (CODB) pouvant aller jusqu'à 80 % à 18 °C, mais ne dépassant pas 30 % à 8 °C. [19].

### **II.8.2.2 Avantages du charbon actif granulé**

La durée de vie du charbon actif granulé dépend de l'abattement de la matière organique et du lissage des points de pesticide. Le choix du type de charbon actif est également déterminant sur le rendement de l'élimination.

Le charbon actif granulé a une capacité d'adsorber une partie de presque toutes les vapeurs.

Il a une grande capacité d'adsorption pour les substances organiques en particulier les solvants.

Il retient un grand nombre de substances chimiques en même temps.

Il fonctionne bien dans un domaine large de température et d'humidité. [19].

### **II.8.2.3 Inconvénients du charbon actif granulé**

Durée de vie limitée.

Préfiltration : Les carburants dissous et matières en particules peuvent rapidement encrasser le charbon, nécessitant un prétraitement dans la plupart des cas.

Coût : Le besoin de remplacer régulièrement le charbon épuisé rend le charbon actif granulé plus cher que le stripping pour des concentrations élevées de contaminants.

Déchets dangereux : tout le charbon doit être finalement jeté, puisqu'il ne peut être régénéré qu'un certain nombre de fois, ou pas du tout dans le cas de l'adsorption de métaux ou de résidus d'explosifs. Selon les caractéristiques du charbon épuisé, il peut être jeté comme déchet dangereux, ce qui augmenterait le coût et responsabilité [19].

### II.8.3 Charbon actif texture (CAT)

Il est fabriqué différemment des charbons actifs en grains ou en poudre, c'est-à-dire que la matière première carbone est finement broyée puis soumise à une oxydation partielle sous air. Un liant est ajouté à cette poudre afin d'obtenir une pâte qui par un dispositif d'extrusion produit des extrudés cylindriques de diamètre et longueur déterminés (0,8 à 5) mm de diamètre jusque 10 mm de longueur). Ces extrudés sont ensuite carbonisés dans un four rotatif 900°C puis activés sous flux gazeux. Ces matériaux sont surtout employés pour les applications en phase gazeuse [7].

Tableau II.1. Classification de la forme des charbons actifs

| Type de CA | Granulométrie      | Avantages                                   | Inconvénients   | Applications                           |
|------------|--------------------|---|---|--|
| <b>CAP</b> | Inférieure à 0,2mm | -Bonne capacité d'adsorption<br>-Recyclable | Quantité importante                                     | Traitement en phase gazeuse et aqueuse |
| <b>CAG</b> | Supérieure à 0,4mm | Bon filtre                                  |   | Traitement en phase aqueuse            |
| <b>CAT</b> |                    | Meilleure cinétique d'adsorption            | Risques de déchirement pour des débits de fluide élevés | Traitement en phase gazeuse            |

Selon la classification de l'IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)

Les tailles de pores sont réparties en 3 groupes :

Tableau II.2. Classification de la taille des différents pores selon.

| Les pores  | Rayons des pores (nm) | Volumes poreux ( $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ ) | Surfaces spécifiques ( $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ) |
|------------|-----------------------|--|---|
| Micropores | < 2                   | 0,2 - 0,6  | 400 - 900   |
| Mésopores  | 2 - 50                | 0,02 - 0,1   | 20 - 70   |
| Macropores | > 50                  | 0,2 - 0,8  | 0,5 - 2   |

### Macropores

Les macropores agissent comme un agent de transport permettant aux molécules adsorbées d'atteindre les pores de plus petite taille situés à l'intérieur de la particule carbonée. Si les micropores ne sont pas importantes quand leur capacité à adsorber en grande quantité, ils interviennent de façon très importante sur la vitesse de diffusion vers les mésopores et les macropores [7].

### Micropores

Les micropores constituent la plus grande part de la surface intérieure et, de ce fait, la plupart de l'adsorption y est réalisée. On considère qu'au moins 90% de la surface active d'un charbon est microporeuse [7].

### Mésopores

Les mésopores, qui découlent des macropores, agissent comme intermédiaire entre ceux-ci et les pores de petite taille [7].

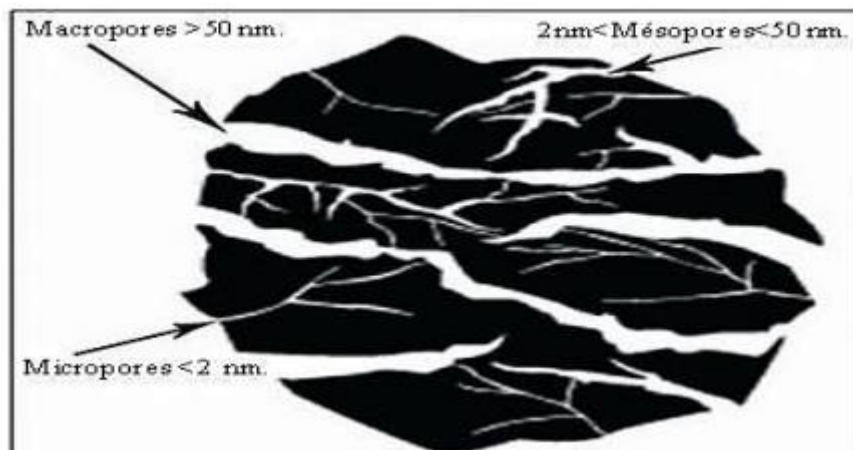


Figure II.6. Représentation schématique des différents types de pores

## II.9 Production mondiale du charbon actif

Le continent africain est classé en dernière position derrière l'Asie, les Etats Unies et l'Europe en matière de production de charbons actifs. En effet, seuls trois pays en Afrique sont producteurs à l'échelle de la recherche de charbons actifs, il s'agit de l'Egypte, le Maroc et l'Algérie [20]. En 2004, la production mondiale annuelle en charbons actifs a été estimée à 420000 tonnes [21]. Et selon les prévisions du marché mondial, une croissance annuelle de la

demande en charbon actif de 10% est attendue dans les cinq prochaines années pour atteindre un marché de 3 milliards de dollars en 2017. L'Afrique importe de grandes quantités de charbons actifs d'Europe ou d'Asie qui coûtent chers et qui sont difficilement recyclables localement par manque de moyens techniques. Pourtant, il existe dans le continent africain, en particulier dans les régions tropicales, une ressource abondante et disponible de résidus agricoles et sylvicoles pouvant servir de matière première à la fabrication locale de charbons actifs performants et peu onéreux [21].

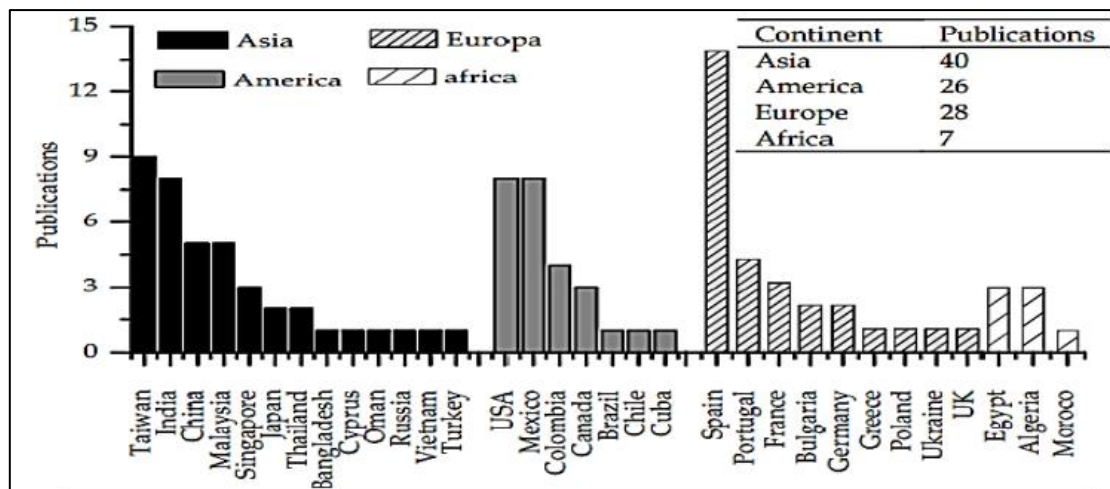


Figure II.7. Classification mondiale de la production de charbons actifs obtenus à partir de biomasses lino cellulosiques

### II.10 Précurseurs Utilises pour La Fabrication du charbon actif

La fabrication des charbons actifs provenant des différents matériaux de déchets végétaux a pu atteindre le stage pratique où il a été accordé un grand intérêt à son application dans différents domaines de traitement des eaux et d'épuration des effluents industriels. Plusieurs chercheurs ont étudié la fabrication de cet adsorbant à partir d'une variété de matériaux végétaux. L'inventaire que nous avons fait dans ce sens nous a permis de mieux connaître les sources de fabrication de charbon actif et leurs modes d'exploitation. Nous citons dans cette liste quelques origines avec quelques références bibliographiques [16].

Tableau II.3. Quelques différentes biomasses utilisées pour la production du charbon

| <b>Matières premières</b>          | <b>Auteurs</b>  |
|------------------------------------|---|
| Bois de jatropha                   | <b>Gueye, 2015 ;Kafack,2012 ;Some,2010</b>                                    |
| Bois d'eucalyptus                  | <b>Gueye 2009</b>   |
| Balles de riz et des marcs de café | <b>Tchuifon,2016.</b>   |
| Coque de kapok                     | <b>Mouhamed_Lamine,2008</b>   |
| Coques de noix de coco             | <b>Some,2010</b>  |
| Coque d'arachide                   | <b>Some,2010;Kafack,2012; Gueye,2009<br/>Gueye,2015; Mouhamed_Lamine,2008</b> |
| Déchets de café                    | <b>Cherraye,2012</b>  |
| Noix de coco                       | <b>Gueye,2009</b>   |
| Noyaux de nèfles                   | <b>Benamraoui,2014</b>  |
| Noyaux d'abricots                  | <b>Benamraoui,2014</b>  |
| Noyaux de dattes                   | <b>Mouhamed_Lamine,2008 ; Sedira,2013 ;<br/>Sekirifa,2013</b>                 |
| Noyaux d'olives                    | <b>Benamraoui,2014 ; Boukhari, 2015 ;<br/>Mouhamed_Lamine,2008</b>            |

## II.10 Utilisations

Le charbon actif est utilisé dans de nombreux domaines

### II.10.1 Filtration

Systèmes de filtration de l'air contaminé notamment dans les abris antiatomiques.

Décontamination de l'eau potable : le charbon actif retient un grand nombre de composés organiques, tels les pesticides. Cet usage représente 20 % du marché mondial.

Masques à gaz.

Filtres à cigarettes.

Filtres utilisés dans les installations de ventilation en circuit fermé (par exemple, hotte de cuisine).

Filtration de polluants organiques (en particulier les traitements médicamenteux). → Système de filtration pour aquarium [16].

**II.10.2 Chimie**

Stockage de l'hydrogène (nanofibres de charbon actif ou de dérivés du charbon).

Support pour métaux catalytiques ultras divisés (platine ou nickel sur charbon actif).

Élimination des hydrocarbures dans l'eau.

Extraction de l'or des minerais (fixation sur le charbon actif).

Balais (frotteurs) dans les générateurs et moteurs (utilisation de plus en plus rare).

Traitement des effluents liquides.

Traitements des gaz (Composés Organiques Volatils COV).

Décaféination du café avec de l'eau [8].

**II.10.3 Industrie**

Extraction de l'or des minerais (fixation sur le charbon actif).

Stockage de l'hydrogène (nanofibres de charbon actif ou de dérivés du charbon).

Balais (frotteurs) dans les générateurs et moteurs (utilisation de plus en plus rare) [16].

**II.10.4 Alimentation**

Le nombre d'applications du charbon actif dans le secteur alimentaire est infini. Les bons aliments doivent avoir un aspect, une odeur et un goût agréable. C'est fondamental pour la qualité des aliments comme pour leur commercialisation. C'est pourquoi le charbon actif est l'agent par excellence d'élimination des produits contaminants organiques indésirables pour toute une gamme de matières premières ou intermédiaires et de produits finis du secteur alimentaire. Nous présentons une sélection des principales applications pour la purification des produits alimentaires [16].

**II.10.5 Raffinage de la canne à sucre**

Les qualités CAP et CAG sont adaptées à la décoloration des sirops de canne à sucre avant la cristallisation des sucres granulés blancs raffinés. Ils absorbent les pigments des plants de canne à sucre et les couleurs apparues en cours de traitement (par ex. mélanodines et caramels) [16].

**II.10.6 Produits alimentaires biochimiques**

Des qualités spéciales de CAP et CAG adsorbent notamment les autres colorants des mélasses des acides citrique et lactique ainsi que d'autres produits alimentaires biochimiques. Le CAP peut également servir à favoriser la conversion biochimique lors du processus de fermentation. Pour la purification finale des lactates et des gluconates, des charbons actifs de haute pureté sont appliqués pour respecter des impératifs de pureté extrêmement stricts [16].

**II.10.7 Lactose**

Des qualités de CAP spécifiques sont utilisées dans le cadre de processus par lot typiques pour la purification du lactose comestible afin d'obtenir un lactose de qualité pharmaceutique aux cristaux blanc pur. Le lactose comestible ou sucre laitier est généralement produit à partir d'un petit lait contenant environ 6,5 % de matière sèche. Il est clarifié et concentré à 55-65 % de solides totaux. Après refroidissement, la plupart se cristallisent sous forme de monohydrate de lactose. Le charbon actif sert en l'occurrence à éliminer du lactose comestible la riboflavine (vitamine B2 de couleur jaune), les protéines résiduelles et leurs produits de dégradation [16].

**II.10.8 Aromatisants**

Les protéines végétales hydrolysées (PVH) et le glutamate de sodium sont des aromatisants très communs, notamment pour la cuisine. Les PVH sont habituellement décolorées avec charbon actif en poudres spécifiques. Pour la purification du glutamate de sodium, le CAP comme le CAG sont utilisés, selon les conditions de traitement, soit pour purifier la solution de glutamate/acide glutamique, soit pour décolorer la liqueur mère recyclée [16].

**II.10.9 Huiles végétales et huiles de poisson**

Afin d'éliminer les polluants organiques persistants (POP) comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les dioxines et les diphényles polychlorés, il a été démontré que des qualités de CAP spécifiques pouvaient rendre les huiles végétales et de poissons conformes aux normes de pureté réglementaires. Les qualités de CAP sont souvent exploitées conjointement avec des terres décolorantes dans le cadre des processus de raffinage des huiles végétales. Elles servent également à la détoxification sélective des huiles de poissons crus pour la production d'aliments pour poissons [16].

**II.10.10 Décaféination du café ou du thé**

La caféine extraite des grains de café ou du thé (soit par un processus d'extraction dans l'eau soit avec du CO<sub>2</sub> supercritique) peut être éliminée de manière sélective avec des produits CAG adaptés. Ils sont réactivés thermiquement sur un site de réactivation et recyclés dans le même processus. La caféine adsorbée peut être récupérée et purifiée par des tiers pour un usage ultérieur dans des boissons sans alcool et pour l'industrie pharmaceutique [8].

**II.10.11 Médecine**

Chélateur dans un grand nombre d'intoxications.

Épuration digestive et abaissement du taux de cholestérol total et en particulier du taux des LDL.

Anti-diarrhéique dans les cas des diarrhées.

Aigreurs d'estomac, aérophagies, flatulences.

Dans les cas de gastro-entérites, de gastralgies et dans les états d'infection de l'intestin accompagnés de constipation [8].

*Chapitre III*  
*L'adsorption*

### III.1 Introduction

Depuis très longtemps, les solides poreux sont connus pour leur capacité à retenir des quantités plus ou moins importantes de gaz condensable. En 1777, Fontana avait remarqué que du charbon fraîchement calciné puis refroidi était capable d'adsorber plusieurs fois son propre volume de différents gaz [1]. Le terme d'adsorption est apparu en 1881, utilisé par Kayzer pour décrire le phénomène de condensation d'un gaz sur une surface, par opposition au terme "adsorption" qui fait référence à une molécule de gaz qui pénètre dans le solide sans interagir. [1]

Alors, tout atome ou molécule qui s'approche d'une surface subit une attraction qui peut conduire à la formation d'une liaison entre la particule et la surface ; ce phénomène constitue "l'adsorption" [2]

### III.2 Définition

L'adsorption est une opération de transfert de matière se fait dans deux phases non miscibles, la première phase appelée l'adsorbat (liquide ou gaz) peut être organique ou inorganique, et la deuxième phase appelée l'adsorbant (solide), sachant que les molécules de l'adsorbat se fixe sur l'interface de l'adsorbant.

Il y a deux types de l'adsorption, adsorption physique et adsorption chimique selon les interactions entre le solide et les molécules de l'adsorbat. [3]

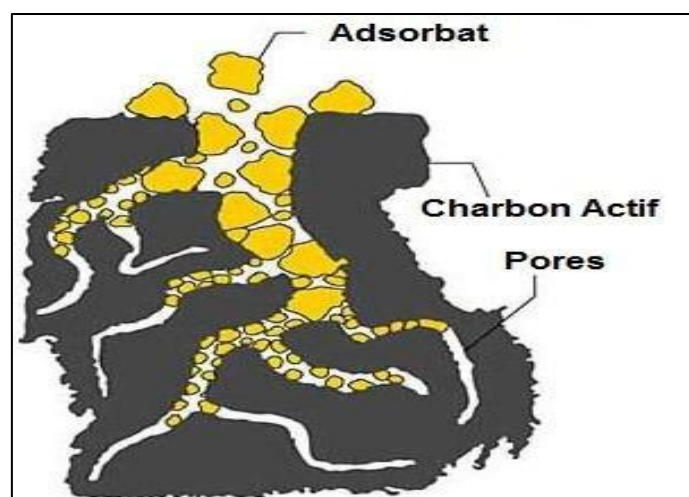


Figure III.1. Phénomène D'adsorption

### III.3 Principe

L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des atomes ou des molécules se fixent sur la surface solide d'un substrat selon divers processus. Certains minéraux, comme les argiles, les zéolites, et les charbons actifs sont d'excellents adsorbants, grâce à leurs très grandes surfaces spécifiques. On appelle désorption la transformation inverse de l'adsorption, par laquelle les molécules ou les atomes adsorbés se détachent du substrat.

L'adsorption repose sur la propriété lorsque les surfaces solides sont capables de fixer certaines molécules, par des liaisons faibles de type Van der Waals. Cette propriété est liée à la structure même du solide où subsistent, en surface, des forces non équilibrées par suite des dissymétries dans la répartition des atomes : la formation d'une couche de molécules adsorbées compense en partie ce déséquilibre.

### III.4 Les Différents Types D'adsorption

Suivant l'importance des énergies mises en jeu entre l'adsorbant et l'adsorbat, Les forces responsables du phénomène d'adsorption peuvent être de nature physique ou chimique, conduisant ainsi à deux types d'adsorption :

- Adsorption physique "physisorption"
- Adsorption chimique "chimisorption"

#### III.4.1 Adsorption physique

L'adsorption physique ou la physisorption c'est le processus résulte des forces d'interactions de nature physique, comme les forces de Van Der Waals et les liaisons d'hydrogène. [4]

Dans ce processus, les molécules de l'adsorbat se fixent sur l'interface du solide et se déplacent librement, elle est rapide et généralement limitée par la diffusion. C'est aussi réversible et peu spécifique, elle se produit à de basses températures, et est caractérisée par une énergie d'adsorption considérément faible [5]. Elle peut se faire en monocouche ou multicouches. [6]

#### III.4.2 Adsorption chimique

L'adsorption chimique ou la chimisorption résulte d'une interaction chimique entre le solide et l'adsorbat, ces dernières liées entre elles par des liaisons covalentes ou ioniques, les molécules de l'adsorbat sont liées directement à l'adsorbant. [7]

C'est un processus irréversible et lent, et elle se produit à de hautes températures [8,9]. Elle met en jeu une énergie d'adsorption considérément plus élevée.

Elle est aussi uniquement mono- moléculaire, car la présence des liaisons de valence entre l'adsorbat et le solide, ne permet pas la formation de couches multimoléculaire.

### III.5 Le mécanisme d'adsorption

La séparation par l'adsorption est basée sur une adsorption sélective (thermodynamique et/ou cinétique) des polluants par un adsorbant, grâce à des interactions spécifiques entre la surface du matériau et les produits adsorbés : c'est un simple transfert de masse à partir de la phase liquide vers la surface du solide, ce processus se déroule en quatre étapes.

Diffusion externe : elle correspond au transfert du soluté au sein de la solution à la surface externe de l'adsorbant, le transfert de matière dépend de l'écoulement du liquide sur la surface de l'adsorbant.

Diffusion interne : les molécules de liquide pénètrent à l'intérieur des pores, la diffusion dépend du gradient de concentration du soluté.

Diffusion de surface : elle correspond à la fixation des molécules à la surface des pores de l'adsorbant.

Adsorption : c'est l'étape de fixation

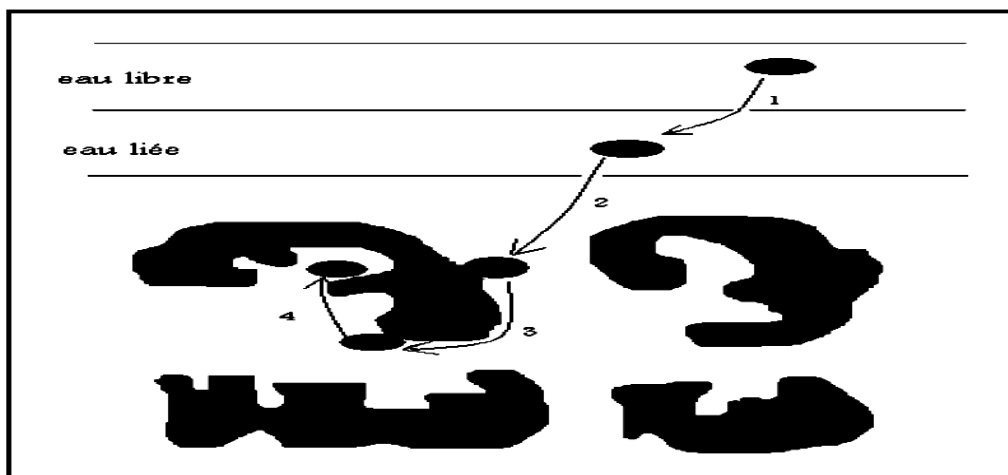


Figure III.2. Le mécanisme d'adsorption

## III.6 Facteurs Influençant Les Paramètres D'adsorption

- **III.6.1 Concentration**

Pour de faibles concentrations de produit dissous, on observe en général que le taux d'adsorption en fonction de la concentration de substance dissoute suit la loi de Freundlich. Cette loi ne s'applique plus à des concentrations élevées et on observe alors que fréquemment qu'avec l'accroissement de la concentration, l'adsorption passe par un maximum, puis décroît pour devenir négative.

- **III.6.2 Vitesse d'adsorption**

Alors que l'adsorption physique des gaz ou des vapeurs par les adsorbants solides est extrêmement rapide, l'adsorption en phase liquide est beaucoup moins rapide. La viscosité de la solution doit être un facteur agissant sur la vitesse d'adsorption, et il est vraisemblable qu'en diminuant la viscosité on accroît la vitesse.

- **III.6.3 Nature de l'adsorbant**

L'adsorption en phase liquide a lieu le plus souvent par le mélange, l'adsorbant étant introduit dans la solution à l'état pulvérulent. Il est ensuite séparé par filtration. Les adsorbants travaillant en milieu liquide agissent tout d'abord par leur surface externe. Certains adsorbants ont une action spécifique caractérisée suivant la polarité de la surface externe, car cette dernière a une affinité avec l'eau ou l'alcool. Les adsorbants polaires sont « hydrophiles », d'autre part les adsorbants non polaires sont en général dits « hydrophobes ». Les adsorbants polymériques, et les adsorbants carbonés sont des exemples d'adsorbants non polaires qui ont moins d'affinité pour l'eau [10, 11].

- **III.6.4 La nature de l'adsorbat**

Suivant la polarité d'adsorbants et d'adsorbat, le taux d'adsorption est différent. Plus une substance est polaire, plus grande est son adsorption sur une surface non polaire. La réduction de la concentration de l'adsorbat sur la surface de l'adsorbant entraîne l'enlèvement d'une plus grande quantité d'adsorbat à partir de la solution. Les isothermes d'adsorption sont établies en fonction de la concentration à l'équilibre entre le liquide et le solide englobant les effets cumulés de l'adsorption à la surface totale du solide (externe et interne).

### III.7 Classification des Isothermes d'adsorption

Les isothermes d'adsorption sont des courbes qui représentent la quantité d'adsorbât qui est adsorbée par l'adsorbant en fonction de la concentration de l'adsorbât en phase liquide, ou en fonction de la pression si l'adsorbât est en phase gazeuse. Comme la relation suivante : [12]

$$Q_e = \frac{(C_o - C_e)V}{m} \quad (1)$$

Avec :

$Q_e$ : Capacité d'adsorption à l'équilibre (mg/g)

$V$ : volume de solution (ml)

$m$ : Masse de l'adsorbant (g)

$C_o$ : Concentration initiale d'adsorbât (mg/l)

$C_e$ : Concentration à l'équilibre (mg/l)

Le principal intérêt d'une isotherme d'adsorption est la possibilité de donner des hypothèses sur le mode d'adsorption. En effet, son allure est représentative de certains phénomènes mis en jeu : adsorption monocouche ou multicouche, interactions latérales entre molécules ou non... etc.

D'après Giles, on obtient quatre types d'isothermes importantes nommées : **S** (*Sigmoïde*), **L** (*Langmuir*), **H** (*Haute affinité*), et **C** (*Partition constante*). [13]

Elles ont été développées par différents chercheurs depuis 1938, et leurs classifications ont été faites selon leurs formes, selon la figure suivante :

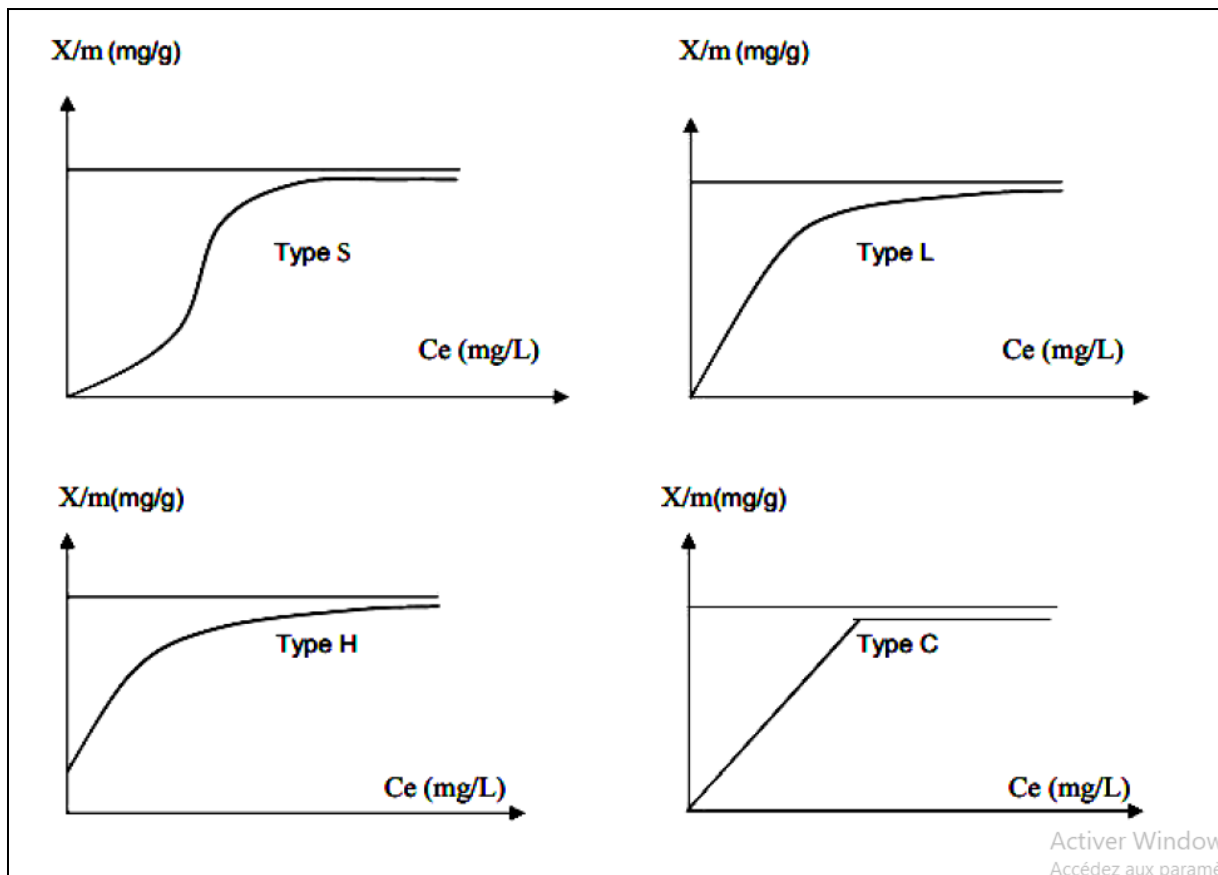


Figure III.3. Les différentes courbes des isothermes d'adsorptions (d'après Giles et al, 1960)

### III.8 Expressions mathématiques de quelques isothermes

Les modèles d'adsorption montrent la relation entre la concentration du soluté en solution et la quantité adsorbée par unité de masse. De nombreuses modélisations existent (simple ou complexe), mais le plus souvent utilisées dans la littérature sont les isothermes de Langmuir et de Freundlich.

#### III.8.1 Modèle de Langmuir

Ce modèle décrit quantitativement la formation d'une monocouche adsorbée sur la surface externe de l'adsorbant, et après cela aucune autre adsorption n'a lieu. Par d'autres façons, l'adsorbant présente une capacité d'adsorption limite ( $Q_m$ ).

L'isotherme de Langmuir est valable pour l'adsorption monocouche sur une surface contenant un nombre fini de sites identiques, qu'il n'y a pas interaction entre les molécules adsorbées.

Langmuir suppose des énergies uniformes d'adsorption sur la surface et aucune transmigration d'adsorbat dans le plan de la surface.

Sur la base de ces hypothèses, Langmuir a représenté l'équation suivante :

$$Q_e = Q_{max} \times K_l \times C_e / (1 + K_l \times C_e) \quad (2)$$

$Q_e$  : quantité de soluté adsorbé à l'équilibre par gramme de solide (mg/g).

$Q_{max}$  : quantité maximale de soluté par gramme de solide nécessaire pour obtenir une monocouche (mg/g).

$K_l$  : constante de Langmuir relative à la capacité et à la vitesse d'adsorption (l/mg).

$C_e$  : concentration du soluté dans la solution à l'équilibre (mg/l).

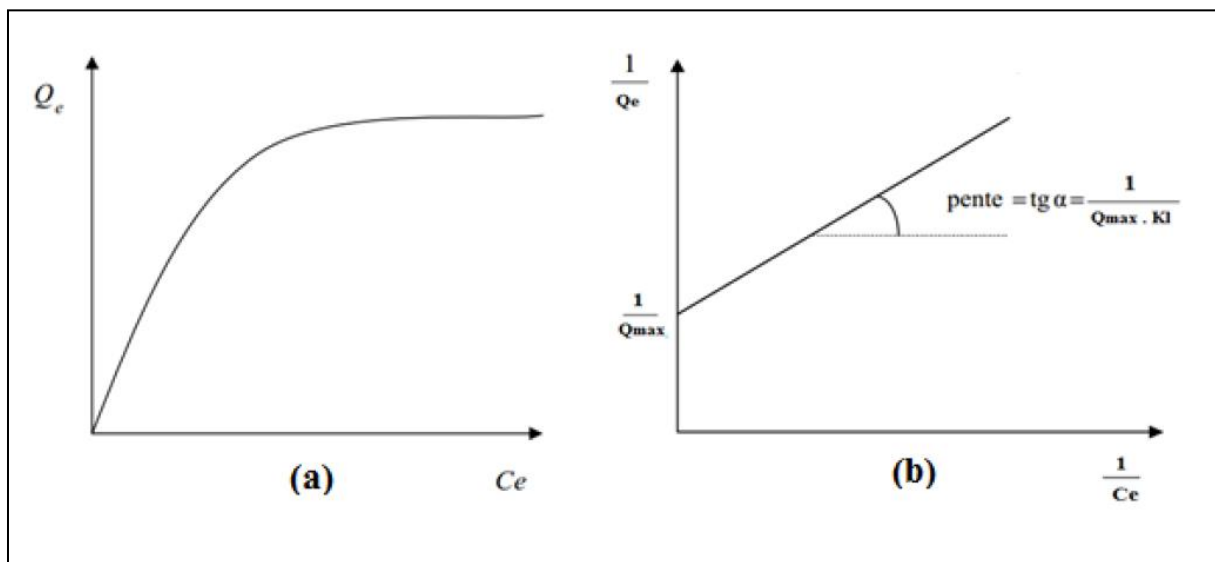


Figure III.4. (a) isotherme d'adsorption de Langmuir.  
(b) modélisation d'isotherme de Langmuir.

### III.8.2 Modèle de Freundlich

Le modèle de Freundlich permet de modéliser des isothermes obtenues sur des surfaces hétérogènes. [14]. L'équation de ce modèle est représentée deux paramètres ( $K_f$  et  $n$ ), cette équation est basée sur une distribution exponentielle des énergies des sites d'adsorption, l'équation peut écrire comme le suivant :

$$Q_e = k_f \cdot C_e^{1/n} \quad (3)$$

$K_f$  : constante de Freundlich qui est relative à la capacité d'adsorption, il souvent exprimée en (mg/L).

$1/n$  : indique l'intensité de l'adsorption en coordonnées logarithmiques, et il est sans dimension.

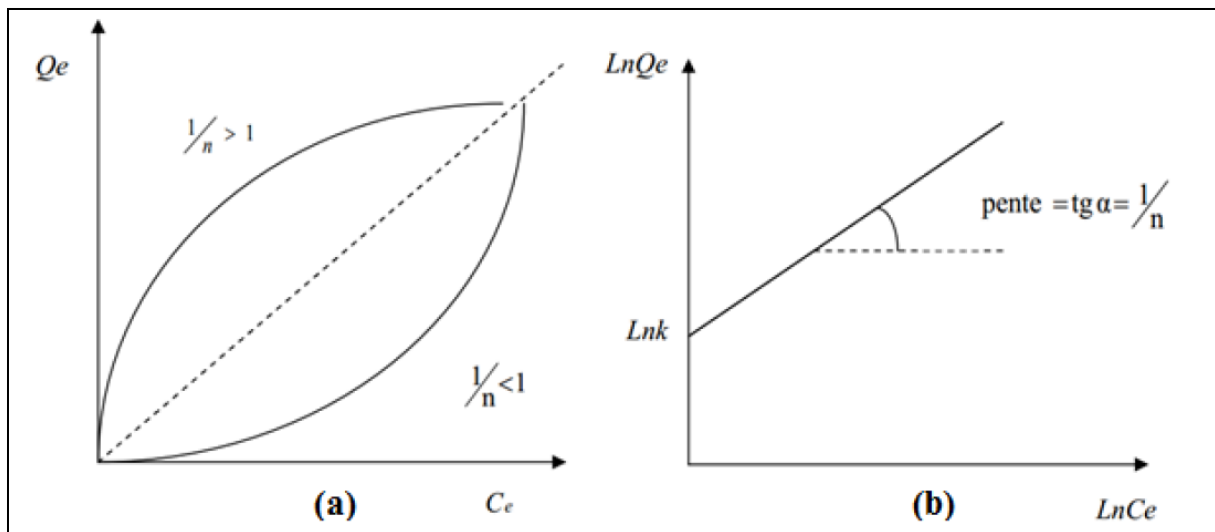


Figure III.5. (a) isotherme d'adsorption de Freundlich.  
(b) modélisation d'isotherme de Freundlich.

### III.8.3 Modèle d'Elovich

L'équation est basée sur le principe de la cinétique qui suppose que le nombre des sites d'adsorption augmente exponentiellement avec l'adsorption, ce qui implique une adsorption multicouche décrite par la relation (4).

$$\frac{q_e}{q_{max}} = K_e C_e e^{\left(\frac{-q_e}{q_{max}}\right)} \quad (4)$$

$K_E$ : constante d'équilibre d'Elovich (l/mg).

$q_{max}$ : capacité maximale d'adsorption d'Elovich (mg/g).

$q_e$ : capacité d'adsorption à l'équilibre (mg/g).

$C_e$ : Concentration de l'adsorbât à l'équilibre (mg/l).

### III.8.4 Modèle de Temkin

La dérivation de l'équation d'isotherme de Temkin (équation.5) suppose que l'abaissement de la chaleur d'adsorption est linéaire plutôt que logarithmique, comme appliqué dans l'équation de Freundlich.

$$q_e = \left(\frac{RT}{b_T}\right) \ln(A_T \times C_e) = B \ln A + B \ln C_e \quad (5)$$

$b_T$  et  $A_T$  : constantes de l'isotherme de Temkin

$R$  : constante des gaz parfaits

$C_e$  : concentration à l'équilibre et  $T$  (K) : température absolue.

### III.9 Charbon actif comme adsorbant

Les charbons actifs sont de loin les adsorbants les plus fabriqués et utilisés dans de nombreuses applications domestiques et industrielles. [15]

Notamment dans les domaines de la purification de l'eau, et de l'air. Le pouvoir d'adsorption des charbons actifs est attribué à la porosité, la surface spécifique, et les groupements fonctionnels de surface, comme le rapportent. [16]

### III.10 Les Propriétés des adsorbants

#### III.10.1 Le volume poreux et la taille des pores

Un solide poreux peut être défini à partir du volume de substance adsorbée, nécessaire pour saturer tous les pores ouverts d'un gramme de solide, habituellement exprimé en [cm<sup>3</sup>/g].

Selon la classification IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), les tailles de pores sont réparties en 3 groupes :

- a) les pores de largeur excédant 50 nm appelés macropores
- b) les pores de largeur comprise entre 2 et 50nm appelés mésopores
- c) les pores de largeur inférieure à 2nm appelés micropores (ou nanopores)

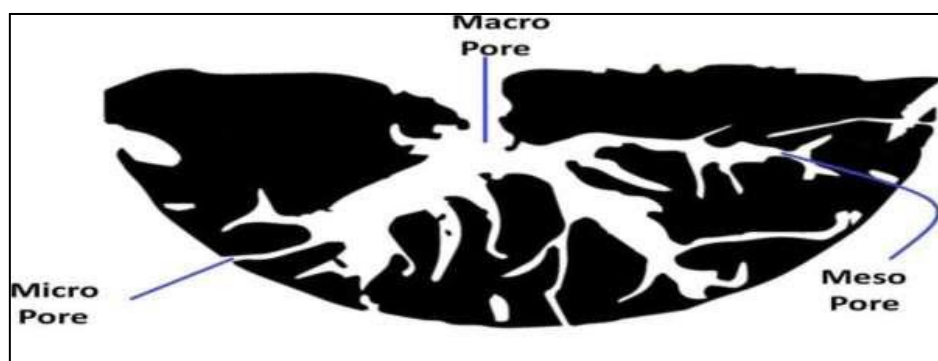


Figure III.6. Le volume poreux et la taille des pores

Les macropores permettent au fluide d'accéder à la surface interne du charbon actif, les mésopores favorisent le transport de ce fluide plus en profondeur. Les micro- et mésopores sont les sites de l'adsorption.

### III.10.2 La surface spécifique (BET)

Par définition, la surface spécifique d'un adsorbant est une surface par unité de masse [m<sup>2</sup>/g]. Pour un charbon actif, elle est comprise entre 500 et 1500 m<sup>2</sup>/g. Cette surface est essentiellement créée par les micro- et mésopores. Plus la surface est grande plus la quantité de matière adsorbée est importante.

Ce paramètre est obtenu en appliquant la théorie de Brunauer, Emmet et Teller, d'où l'appellation surface BET.

Selon Yu et al. (2009), qui ont évalué deux charbons en grain, la surface spécifique (BET) ne serait pas un bon indicateur de l'efficacité d'adsorption de micropolluants. En effet la surface

BET ne spécifie pas la répartition de la taille des pores qui est un critère important pour l'adsorption de molécules de tailles différentes.

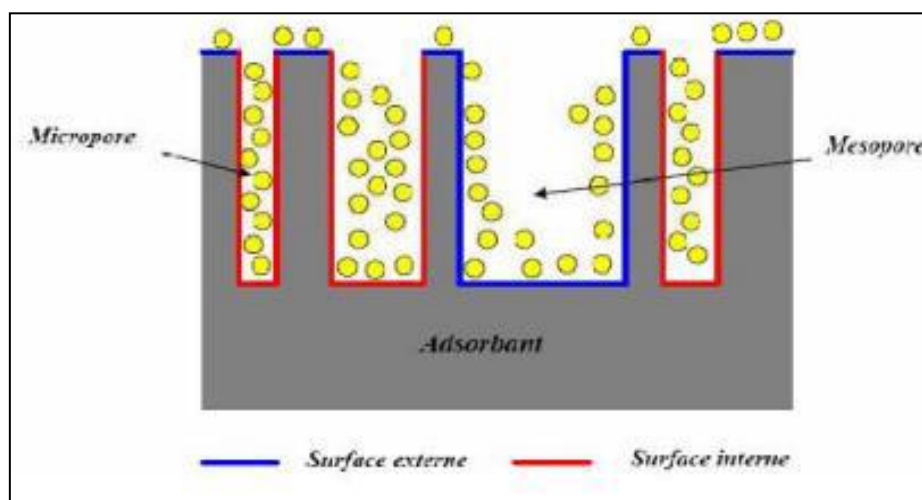


Figure III.7. Représentation schématique de la surface interne et externe d'un adsorbant

## III.11 Propriétés du charbon actif

### III.11.1 L'indice d'iode

L'indice d'iode est défini comme les milligrammes d'iode adsorbés par un gramme de carbone lorsque la concentration en iode dans le filtrat résiduel est de 0,02 normale. Fondamentalement, l'indice d'iode est une mesure de l'iode adsorbé dans les pores et, en tant que tel, est une

indication du volume de pores disponible dans le charbon actif d'intérêt. Typiquement, les charbons de traitement de l'eau ont un indice d'iode allant de 600 à 1100. Fréquemment, ce paramètre est utilisé pour déterminer le degré d'épuisement d'un charbon en cours d'utilisation. Cependant, cette pratique doit être considérée avec prudence, car les interactions chimiques avec l'adsorbat affectent l'absorption d'iode donnant de faux résultats. Ainsi, l'utilisation de l'indice d'iode comme mesure du degré d'épuisement d'un lit de carbone ne peut qu'être recommandée s'il a été démontré qu'il est exempt d'interactions chimiques avec les adsorbats et si une corrélation expérimentale entre l'indice d'iode et le degré d'épuisement a été déterminée pour l'application particulière.

La quantité d'iode absorbée (en milligrammes) dans 1 gramme de carbone s'appelle l'indice d'iode. L'indice d'iode peut être utilisé comme une approximation de la surface et de la porosité fine du charbon actif avec une bonne précision. Les tests d'indice d'iode ont été effectués sur la base de la méthode de l'American Society for Testing and Materials en utilisant la méthode volumétrique du thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ). L'indice d'iode a été estimé en mélangeant du charbon actif avec une solution d'iode azoté à 0,02, en agitant de temps en temps, puis en le titrant solution contre  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  les valeurs résultantes donnaient la quantité d'iode adsorbée par poids de carbone ; exprimé en mg/g. [17]

### III.11.2 Indice de mélasse

L'indice de mélasse est une mesure du degré de décoloration d'une mélasse standard solution diluée et standardisée par rapport au charbon actif standardisé. C'est une mesure de la teneur en mésopores du charbon actif (supérieure à 20 Å, ou supérieure à 2 nm) par adsorption de la mélasse de la solution. Un indice de mélasse élevé indique une haute adsorption de grosses molécules (gamme 95 à 600). Caramel dp (performance décolorante) est semblable au nombre de mélasses. L'efficacité de la mélasse est exprimée en pourcentage (plage de 40 % à 185 %) et le nombre de mélasses parallèles (600 = 185 %, 425 = 85 %). La mélasse européenne nombre (gamme de 525 à 110) est inversement lié au nombre de mélasses nord-américaines. Souvent, ce paramètre est utile pour évaluer une série de charbons actifs pour leurs taux d'adsorption. Étant donné deux charbons actifs avec des volumes de pores similaires pour l'adsorption, celui ayant le nombre de mélasses le plus élevé aura généralement des pores d'alimentation plus grands, ce qui entraînera plus transfert efficace de l'adsorbat dans l'espace d'adsorption. [17]

### III.11.3 Indice Tanin

Les tanins sont un mélange de molécules de grande et moyenne taille. Carbones avec une combinaison des macropores et des mésopores adsorbent les tanins. La capacité d'un charbon à adsorber les tanins est rapportée en partie par million de concentrations (plage de 200 ppm à 362 ppm).[17]

### III.11.4 Indice de bleu de méthylène

Certains carbones ont une structure mésoporeuse (20 Å à 50 Å, ou 2 à 5 nm) qui adsorbées molécules de taille moyenne, comme le colorant bleu de méthylène. L'adsorption du bleu de méthylène est rapportée en g/100g (fourchette de 11 à 28 g/100g). [17]

### III.11.5 Indice de butane

L'indice de butane mesure le nombre de grammes de butane adsorbés par 100 g de charbon actif. Sa valeur peut varier de 20 à 80 %. Certaines normes font également référence à la BWC (Butane Working Capacity), un indice volumétrique qui mesure le nombre de grammes de butane adsorbé par 100 ml de charbon, déduction faite de la quantité restituée par désorption naturelle. L'indice de butane n'estime que la capacité d'adsorption. [17]

### III.11.6 Indice de tétrachlorure de carbone

L'indice de tétrachlorure de carbone est la mesure de la porosité d'un charbon actif par l'adsorption de vapeur saturée de tétrachlorure de carbone.[17]

### III.11.7 Longueur de demi-valeur de dé chloration

Certains carbones sont évalués sur la base de la demi-longueur de déchloration, qui mesure l'efficacité d'élimination du chlore du charbon actif. La demi-valeur de déchloration la longueur est la profondeur de carbone nécessaire pour réduire le niveau de chlore d'un flux de 5 ppm à 3,5 ppm. Une longueur de demi-valeur inférieure indique des performances supérieures. [17]

### III.11.8 Densité

Une densité plus élevée fournit une plus grande activité de volume et indique normalement une meilleure qualité charbon actif. [17]

### III.11.10 Dureté / Nombre d'abrasion

C'est une mesure de la résistance du charbon actif à l'attrition. C'est un indicateur important de charbon actif pour maintenir son intégrité physique et résister aux forces de frottement imposées par contre-lavage, etc. Il existe de grandes différences dans la dureté des charbons actifs, en fonction de la matière première et du niveau d'activité. [17]

### III.11.11 Teneur en cendre

Il réduit l'activité globale et l'efficacité de la réactivation du charbon actif. Les oxydes métalliques ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) peuvent s'échapper du charbon actif, entraînant une décoloration. Acide / eau la teneur en cendres solubles est plus importante que la teneur en cendres totales. La teneur en cendres solubles peut être très importante pour les aquariophiles, car l'oxyde ferrique peut favoriser la croissance des algues ; un carbone peu soluble la teneur en cendres doit être utilisée pour les aquariums marins, d'eau douce et récifale afin d'éviter les métaux lourds empoisonnement et croissance excessive des plantes/algues. [17]

### III.11.12 Porosité

La taille et la distribution des microspores, des mésopores et des macropores déterminent la propriété adsorbants des charbons actifs. Par exemple, une petite taille de pore ne piégera pas de gros les molécules d'adsorbat et les grands pores peuvent ne pas être en mesure de retenir les petits adsorbats, qu'ils soient des molécules polaires chargées ou des composés non polaires non chargés. [17]

Les matériaux à plus forte teneur en lignine (pépins de raisin, noyaux de cerise) développent des carbones à structure macroporeuse, tandis que les matières premières à plus haute teneur en cellulose (noyaux d'abricots, coques d'amandes) donnent du charbon actif à dominante microporeuse. [17]

### III.11.13 Répartition granulométrique

Plus la granulométrie d'un charbon actif est fine, meilleur est l'accès à la surfacée plus rapide le taux de cinétique d'adsorption. Dans les systèmes en phase vapeur, cela doit être pris en compte contre la chute de pression, ce qui affectera le coût de l'énergie. Une attention particulière à la taille des particules distribution peut offrir des avantages opérationnels significatifs. [17]

## III.12 Conclusion

Comme nous l'avons vu, en raison de ses propriétés physiques et chimiques particulières, le charbon actif peut jouer différents rôles dans la purification de l'eau : adsorbant, mais c'est aussi un catalyseur d'oxydation directe pour certains polluants. On peut en conclure que l'application industrielle du charbon actif dans l'adsorption de certains polluants chimiques qui peuvent être présents dans les eaux usées industrielles liquides et gazeuses est importante en raison de sa grande surface spécifique, de sa grande disponibilité et de son faible coût.

*Chapitre IV*  
*Partie expérimentale*

## IV.1. Matériels et méthodes

### IV.1.1 Matériels et équipements utilisés

#### IV .1.1.1 Broyeur

Les broyeurs peuvent être utilisés pour réduire la taille ou modifier la forme des déchets afin qu'ils puissent être plus facilement éliminés ou recyclés, ou pour réduire la taille d'un mélange solide de matières premières (comme dans le minerai rocheux), de sorte que les morceaux de composition différente peuvent être différenciés. Le broyage est le processus de transfert d'une force amplifiée par un avantage mécanique à travers un matériau constitué de molécules qui se lient plus fortement et résistent mieux à la déformation que celles du matériau broyé. Les dispositifs de broyage maintiennent le matériau entre deux surfaces solides parallèles ou tangentes et appliquent une force suffisante pour rapprocher les surfaces afin de générer suffisamment d'énergie dans le matériau broyé pour que ses molécules se séparent (fracturation) ou changent d'alignement par rapport à (déformation), l'un l'autre. Les premiers concasseurs étaient des pierres à main, où le poids de la pierre augmentait la puissance musculaire, utilisée contre une enclume en pierre. Les meules et les mortiers sont des types de ces dispositifs de concassage [4].



Figure IV.1. Broyeur mécanique

### VI.1.1.2 Analyse granulométrique

Une analyse au tamis est une pratique utilisée pour connaître la distribution granulométrique (également appelée gradation) d'un matériau granulaire, en permettant au matériau de passer à travers une série de tamis de taille de maille progressivement plus petite et pesant la quantité de matière qui est arrêtée par chaque tamis comme une fraction de la masse totale.



Figure IV.2. Tamiseur de laboratoire des granulats

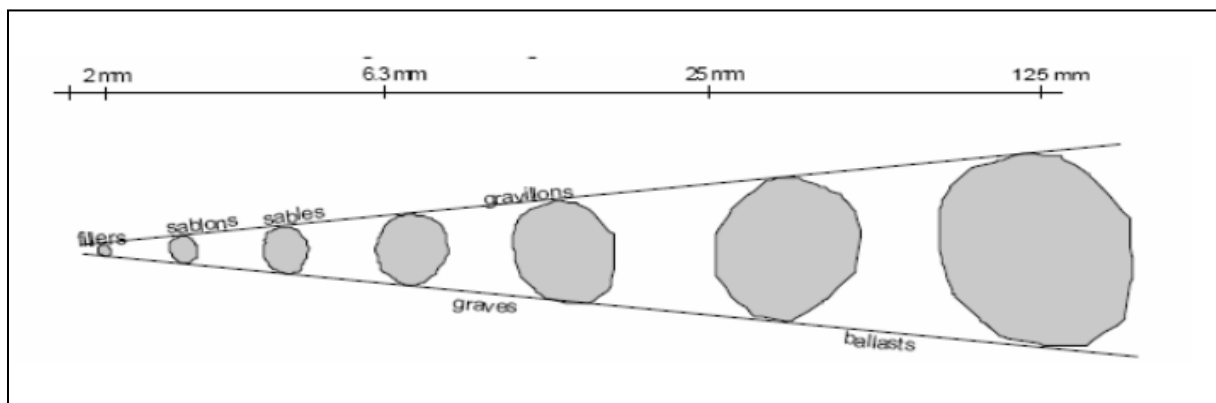


Figure IV.3. Répartition granulométrique du carbone

### IV.1.1.3 Four

Un four est une enceinte maçonnée ou un appareil, muni d'un système de chauffage puissant, qui transforme par la chaleur les produits et les objets. Le four a différents usages : cuisson des aliments directe ou indirecte, chauffage, et ainsi que la production et le traitement d'objets par la chaleur des poteries, céramiques, verres, métaux[5].



*Figure IV.4. Four de laboratoire*

### IV.1.1.4 Micro-Deval

L'essai, Micro-Deval présente l'avantage de s'effectuer sur les classes granulaires effectivement réalisées par les installations de concassage, de permettre d'apprécier la résistance au frottement des gravillons fournis par les ballastières. Suivre l'évolution de la résistance en fonction de la granularité et l'affinage éventuel est apportée par les concassages successifs et les éliminations, lors du concassage d'une roche hétérogène (les éléments friables se concentrant dans les petites granularités) [6].



Figure IV.5. Micro-Deval (broyeur des boules)

#### IV.1.1.5 PH-mètre

Le pH-mètre est un appareil permettant de mesurer le pH d'une solution. Il est constitué de deux éléments : un boîtier électronique qui affiche la valeur du pH et une électrode qui mesure cette valeur.

#### Principe de fonctionnement

Le fonctionnement du pH-mètre est basé sur le rapport entre la concentration en ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  et la différence de potentiel électrochimique qui s'établit dans l'électrode de verre [7].



Figure IV.6. PH-mètre de laboratoire

Les pH-mètres potentiométriques mesurent la tension entre deux électrodes et affichent le résultat converti en valeur de pH correspondante. Ils comprennent un simple amplificateur électronique et une paire d'électrodes, ou alternativement une électrode combinée, et une

certaine forme d'affichage calibré en unités de pH. Après chaque mesure, la sonde pH est rincée brièvement avec de l'eau purifiée (eau déminéralisée, déminéralisée, distillée, etc.). Une fois la campagne effectuée, la sonde doit être rincée, puis immergée rapidement dans le liquide de conservation indiqué par le fabricant (exemples, selon le modèle de sonde, solution de chlorure de potassium, solution tampon de pH = 4, électrolyte spécial).

#### IV.1.1.6 La turbidimétrie

La turbidimétrie est le processus de mesure de la perte d'intensité de la lumière transmise due à l'effet de diffusion des particules en suspension dans celle-ci. La lumière passe à travers un filtre créant une lumière de longueur d'onde connue qui est ensuite passée à travers une cuvette contenant une solution. Une cellule photoélectrique collecte la lumière qui traverse la cuvette. Une mesure est alors donnée pour la quantité de lumière absorbée [8].

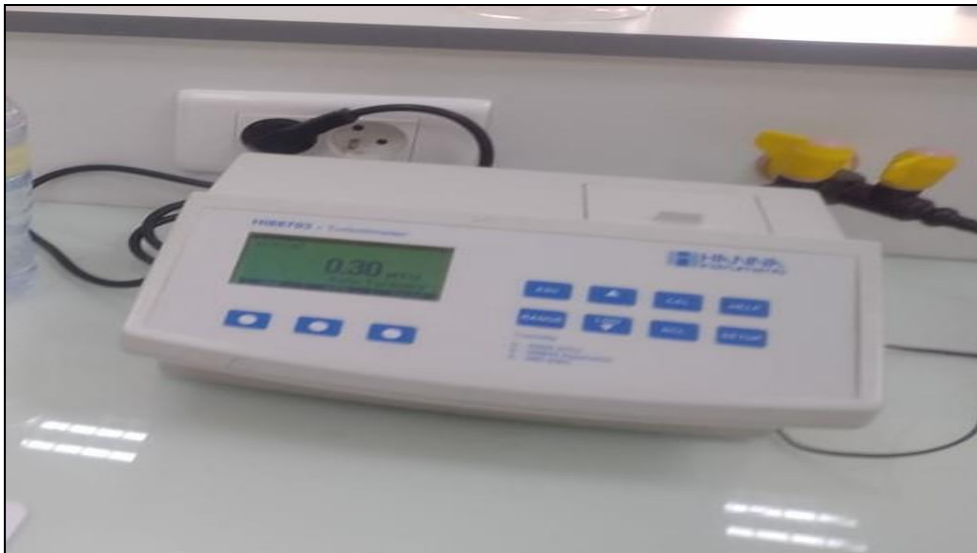


Figure IV.7. La turbidimétrie de palliase

#### Principe de fonctionnement

Cet instrument envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui traverse le milieu par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchiée par les particules dans l'eau.

## IV.1.2 Produits utilisés

### IV.1.2.1 Charbon végétal

Le charbon végétal est un léger résidu de carbone noir produit en chauffant fortement le bois dans un minimum d'oxygène pour éliminer toute eau et les constituants volatils. Dans la version traditionnelle de ce processus de pyrolyse, appelée combustion du charbon de bois, la chaleur est fournie en brûlant une partie du matériau de départ lui-même, avec un apport limité en oxygène. Le matériau peut également être chauffé dans une cornue fermée [1].



*Figure IV.8. Charbon végétal en état brut*

### IV.1.2.3 L'hydroxyde de potassium

L'hydroxyde de potassium est un composé inorganique de formule KOH et est communément appelé potasse caustique. Le KOH est une base modèle solide. Il a de nombreuses applications en industrie, dont la plupart tirent parti de sa nature caustique et de sa réaction avec les acides. On estime que 700 000 à 800 000 tonnes ont été produites en 2005. Le KOH est remarquable en tant que précurseur de la plupart des savons mous et liquides, ainsi que de nombreux produits chimiques contenant du potassium. C'est un solide blanc très corrosif [2].



Figure IV.9. L'hydroxyde de potassium

#### IV.1.2.4 L'iode

L'iode est violet dans un solvant hydrocarbure et brun jaunâtre dans l'eau. La couleur de la solution d'iode dépend de la nature du solvant. Les ions iodure sont incolores, par exemple une solution d'iodure de sodium est incolore, et cette solution ne sera colorée que si les ions positifs devaient être colorés. [3]



Figure IV.10. L'iode en grain

## IV.2 Méthodes expérimentales

### IV.2.1 Caractéristiques mécaniques

- Résistance mécanique (dureté)

La dureté peut être définie comme une mesure de la résistance à la déformation plastique localisée. Les méthodes de mesure de la dureté sont basées sur la pénétration forcée d'un indenter à la surface d'un matériau.

L'essai de dureté type consiste à presser un objet spécifiquement dimensionné (pénétrateur) avec une charge donnée dans la surface du matériau à tester. La dureté est déterminée par la mesure de la profondeur de pénétration du pénétrateur ou en mesurant la taille de l'empreinte qu'il laisse.

- Abrasivité

L'objectif est de déterminer dans un premier temps l'abrasivité des éprouvettes de test en mesurant pour cela la perte de masse qui due au frottement sur un matériau abrasif plusieurs fois. L'abrasivité est calculée selon la formule suivante :

$$A_{BR} = \frac{M}{M_0} \times 100$$

Avec : M est la masse en grammes de la partie détachée après le frottement,  $M_0$  sa masse initiale.

## IV.2.2 Caractéristiques hydrauliques

### IV.2.2.1 La perméabilité d'un milieu poreux

La perméabilité d'un milieu poreux caractérise son aptitude à laisser circuler un fluide (liquide ou gaz) au sein de son espace poreux. Elle dépend de la structure interne de l'espace poreux et particulièrement de la connectivité de ses différents éléments. C'est une propriété de transport macroscopique exprimant le rapport entre une force (gradient de pression) imposée à un fluide pour traverser le milieu et le débit résultant. On peut mesurer la perméabilité d'un milieu à l'échelle de l'échantillon de laboratoire ou du terrain, ou bien l'évaluer en modélisant la circulation des fluides dans un milieu poreux dont on contraint la microstructure.[9]

### Loi de Darcy

La loi de Darcy (1856) décrit de façon satisfaisante l'écoulement d'un fluide en milieu poreux à l'échelle macroscopique. Il s'agit d'une loi empirique mise en évidence par l'ingénieur hydrologue Darcy en mesurant le débit volumique Q (volume de matière qui traverse une section droite d'une canalisation pendant l'unité de temps, de dimensions  $[L^3 \cdot T^{-1}]$ ) à travers une colonne de sable de longueur L. Il établit ainsi que le flux hydraulique du fluide Q est proportionnel au gradient hydraulique  $\Delta h/L$  et à la section S du tube (figure 4-6), suivant un facteur K, appelé la conductivité hydraulique. K a la dimension d'une vitesse en (m/s), et sa valeur dépend des propriétés du fluide [9].

$$Q/S = K \Delta h/L \text{ Avec } h = z + \frac{P}{\rho g} \quad (1)$$

| k en m/s               | 10                 | 1 | 10 <sup>-1</sup> | 10 <sup>-2</sup> | 10 <sup>-3</sup> | 10 <sup>-4</sup>         | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-6</sup> | 10 <sup>-7</sup> | 10 <sup>-8</sup> | 10 <sup>-9</sup> | 10 <sup>-10</sup> | 10 <sup>-11</sup> |
|------------------------|--------------------|---|------------------|------------------|------------------|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Granulométrie homogène | gravier pur        |   |                  | sable pur        |                  | sable très fin           |                  |                  | limons           |                  | argile           |                   |                   |
| Granulométrie variée   | gravier gros&moy   |   | gravier et sable |                  |                  | sable et limons argileux |                  |                  |                  |                  |                  |                   |                   |
| degrés de perméabilité | TRES BONNE - BONNE |   |                  |                  |                  | MAUVAISE                 |                  |                  |                  |                  |                  | NULLE             |                   |
| type de formation      | PERMEABLE          |   |                  |                  |                  | SEMI-PERMEABLE           |                  |                  |                  |                  |                  | IMPERMEABLE       |                   |

Tableau IV.1. Valeurs de perméabilité.

#### IV.2.2.2 La Porosité

La porosité  $\phi$  d'un échantillon est la fraction du volume total qui n'est pas occupée par une phase solide. On peut déterminer de manière directe, la porosité totale et la porosité connectée, la surface spécifique de la roche et les tailles des pores. Par mesures physiques, il est également possible d'obtenir une évaluation de la porosité [9].

$$\phi = \frac{V_{vide}}{V_{totale}} \times 100 \quad (2)$$

Au vu des très nombreuses études effectuées sur la mesure simultanée de la porosité  $\phi$  et de la perméabilité  $k$ , il s'avère qu'aucune relation simple reliant ces deux paramètres macro structuraux n'est applicable à l'ensemble des roches. Cependant, on peut souvent trouver une loi de puissance entre la valeur isotrope de la perméabilité  $k$  et les porosités  $\phi$ . Pour pouvoir valider une relation entre ces deux paramètres, il semble primordial d'effectuer les mesures dans des conditions similaires (pression, température) et sur des échantillons ne présentant pas d'autres différences dans leur microstructure que la porosité. En pratique, ces conditions sont difficiles à remplir.

La plupart de processus naturels entraîne une variation conjointe (augmentation ou réduction) de la perméabilité  $k$  et de la porosité  $\phi$ , à quelques exceptions près. Dans une roche, tous les pores ne contribuent pas de la même manière à la circulation des fluides. Il sera ainsi plus aisé de relier les variations de la perméabilité avec la porosité connectée. De plus, dans les milieux très hétérogènes, on observe souvent une localisation de la circulation des fluides suivant des chemins préférentiels. [9].

La porosité ( $\varphi$ ) peut être déduite de la relation empirique avec le coefficient d'uniformité du grain ( $U$ ) comme suit :

$$\varphi = 0.255(1 + 0.53^u) \quad (3)$$

Où  $u$  est le coefficient d'uniformité du grain et est donné par :  $u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$

Ici,  $d_{60}$  et  $d_{10}$  dans la formule représentent le diamètre de grain en (mm) pour lequel, respectivement, 60% et 10% de l'échantillon sont plus fins que.

La formule de Hazen a été développée à l'origine pour la détermination du coefficient de perméabilité du sable uniformément classé, mais elle est également utile pour les plages de sable fin à gravier, à condition que le sol a un coefficient d'uniformité inférieur à 5 et une taille de grain effective comprise entre 0,1 et 3 mm.

$$K = \frac{g}{\nu} \times 6 \times 10^{-4} [1 + 10(\varphi - 0.26)] d_{10} \quad (4)$$

$K$  : coefficient de perméabilité,  $g$  : accélération de gravité,  $\nu$  : viscosité cinématique.

### IV.2.3 Caractéristiques chimiques

- **Test de l'adsorption du charbon actif en poudre**
  - **Indice d'iode**
  - **Test du bleu de méthylène**

#### IV.2.3.1 Indice d'iode

##### Méthode idométrique

L'indice d'iode fournit un indicateur sur la microporosité du Charbon actif (CA), c'est le nombre de milligrammes d'iode absorbe par gramme d'absorbât (CA) a une concentration résiduelle de 0.1 N.

$$\text{Indice d'iode} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 126.93}{m}$$

$V_1$  = volume de témoin

$N$  = la normalité d'iode de 0.1N

$m$  = masse du charbon actif (g)

### Préparation d'iode de concentration 0.1 N

On a pesé 40g d'iodure du potassium Cristelle, on le dissout dans la fiole avec la plus faible quantité d'eau distillée.

On a pesé 12.69 g d'iode sublime et on le rajoute à l'iodure de potassium (KI) se trouvent dans la fiole, ensuite a gite la fiole étant fermée.

Jusqu'à ce que l'iode se dissoudre, complétez avec l'eau distillée jusqu'à la traite de (1L), on a laissé la solution a labri de lumière.

### Solution du thiosulfate de sodium

On a pesé 24.81 g de thiosulfate de sodium dans un peu d'eau distillée. Jusqu'à la dissolution, puis complet 1L.

### Mode opératoire

\_ Solution d'acide chlorhydrique de concentration de (5%)

- Solution Iode de (0.1N) normalité.
- Solution de thiosulfate de sodium (0.1N) normalité
- Indicateur d'amidon

### Procédure

Peser 0,2 g de charbon et le sécher à 60 °C pendant 3 heures, ensuite, nous y ajoutons 5 ml de HCl. Nous le chauffons pendant une minute, puis y ajoutons une solution d'iode dans une quantité de 25 ml et agitons bien pendant 4 minutes, puis le filtrons dans un bol pour effectuer le processus de titrage.



Figure IV.11. Filtration de Solution d'iode

### Préparation d'amidon

Faire bouillir 80ml d'eau distillée. Dissoudre 1g d'amidon dans 10ml d'eau froide et agiter. Ajoutez-le ensuite à l'eau bouillante. Puis agiter pendant 1 ou 2 minutes.

On l'ajoute quand la coloration devine jaune puis ajouter l'amidon. La couleur apparait est transparente. Nous avons répété le processus en modifiant la masse du charbon actif.

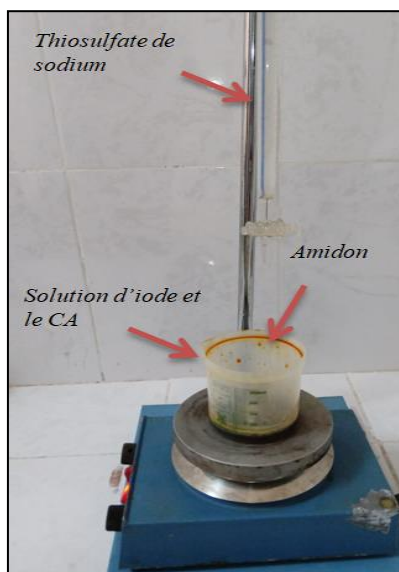


Figure IV.12. Opération de titrage

#### IV.2.3.2 Test du bleu de méthylène

Ce test sert à montrer l'efficacité de l'adsorption du charbon actif en utilisant le bleu de méthylène dans cette expérience, le charbon actif en poudre (CAP) élimine la couleur et l'odeur. L'expérience reflète la large application des CAP dans la chimie organique et l'industrie, y compris son utilisation pour éliminer les goûts et les odeurs désagréables de l'eau potable. Plusieurs techniques de décontamination des effluents chargés de colorants ont été développées ces dernières années. Nous nous intéressons à un processus très important qui est le phénomène d'adsorption.

- Charbon actif, une couche d'épaisseur de 1.5 cm dans l'entonnoir, voir la figure VI.22.
- Solution de bleu de méthylène à quinze pour cent. Dosage

**Procédure**

- Mettre du papier filtre avant et après la couche du charbon dans un entonnoir et placer la tige de l'entonnoir au-dessus d'un bécher.
- Versez soigneusement une partie de l'eau distillée sur le charbon actif.
- Répétez l'activité, cette fois versez 100 cm<sup>3</sup> de bleu de méthylène à travers le charbon actif. Notez que le liquide filtré a changé sa couleur d'origine.



*Figure IV.13. Filtration d'une solution de bleu de méthylène à travers une couche en poudre de charbon actif*

**IV.3. Fabrication de filtre de Charbon actif en bloc****IV.3.1 Filtre commercial**

Le filtre de charbon actif en poudre est un filtre qui contient une certaine quantité de particules de charbon actif avec des dimensions différentes. Afin de fabriquer notre propre filtre, nous allons étudier le filtre commercial présenté sur la figure suivante :



Figure IV.14. Filtre commercial en charbon actif en bloc

#### IV.3.2 Description du filtre commercial

- **Matières composites et dimensions :**

Charbon actif avec une granulométrie bien déterminée et le liant plastique

Hauteur : 24 cm

Rayon externe : 3.3 cm

Rayon interne : 1.85 cm

- **Caractéristiques mécaniques**

- 1) **Résistance mécanique**

- 2) **Abrasivité de la matière du filtre fini**

- **Caractéristiques hydrauliques :**

Après avoir apporté le filtre commercial à charbon actif en bloc, nous avons coupé une partie du filtre considérée comme éprouvette de test avec les dimensions présentées dans la figure ci-

dessous dont le but est de déterminer les caractéristiques hydrauliques du filtre commercial pour l'étude (perméabilité, porosité).



Figure IV.15. Eprouvette de test du filtre commercial (éprouvette de référence)

- **Étude d'éprouvette de référence**

- 1) Le débit (Q) :

Mesure de débit : par le dispositif de mesure (voir la figure VI.15), nous avons mesuré le débit qui traverse l'éprouvette de test par la méthode volumétrique.

$$Q = 0,69133 \text{ l/ min} = 0,00001151 \text{ m}^3/\text{s}$$

- 2) La pression :

Mesure de pression :

$$P = 7,53 \text{ bars} \approx 7.53 \cdot 10^5 \text{ pas}$$

- 3) La perméabilité :

Calcul de la perméabilité :

La loi de Darcy :  $\frac{Q}{S} = K \times i$  avec  $i = \frac{\Delta P}{\rho g L}$

Donc : 
$$K = \frac{Q}{S \times i} \quad (5)$$

Q : le débit ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), S : la section de contact ( $\text{m}^2$ ), K : la perméabilité ( $\text{m/s}$ ),  $\Delta P$  : la différence de pression entre l'entrée et la sortie (pas).

$\rho$  : la masse volumique de l'eau ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), g : l'accélération gravitaire ( $\text{m}/\text{s}^2$ ), L : épaisseur de l'éprouvette de test (m).

$i$  : le gradient hydraulique sans unité

Tableau de récapitulatif

| Q ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | Q (l/s) | S ( $\text{m}^2$ ) | $i$   | L (m)                | K (m/s)              |
|-----------------------------|---------|--------------------|-------|----------------------|----------------------|
| 0,00001151                  | 0,691   | 0,0035             | 4,921 | $1,45 \cdot 10^{-2}$ | $6,68 \cdot 10^{-4}$ |

- **Note de calcul**

$$i = \frac{\frac{\Delta P}{\rho g}}{L} = \frac{\frac{700}{9,81 \times 1000}}{1,45 \times 10^{-2}} = 4,921$$

La section latérale est :  $S = 2 \times \pi \times r \times h = 2 \times \pi \times 1,85 \times 3 = 0,0035 \text{ m}^2$

Donc  $K = \frac{0,0000115167}{4,921 \times 0,0035} = 6,68 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

Sur la base de l'éprouvette de référence, nous avons calculé les caractéristiques hydrauliques du filtre commercial. Ces caractéristiques seront utilisées comme référence dans la préparation de notre filtre.

### IV.3.3 Préparation des échantillons

#### Méthode de travail

- **Préparation de mélange**

Les éprouvettes de test sont composées de mélange préparé de :

- Le charbon actif en poudre est de diamètre inférieur à 0.8 mm et de masse volumique apparente de  $\frac{33 \text{ g}}{100 \text{ ml}} = 330 \text{ kg}/\text{m}^3$ .
- Liant hydraulique : Ciment Portland CPJ Cem II
- Volume d'eau distillée

Le mélange est fait des quantités de carbone en poudre, de ciment et d'eau. Plusieurs éprouvettes ont été préparées par des mélanges composés de différentes concentrations de charbon de différents diamètres de particules avec différents dosages de ciments. Les étapes de l'opération sont présentées dans la figure ci-dessous :

Tableau IV.2. Dosage de mélange pour les éprouvettes de test

| Eau (ml) | Ciment (g) | Charbon (g) | Eprouvette |
|----------|------------|-------------|------------|
| 61       | 64         | 52.6        | 01         |
| 52       | 83.3       | 52.6        | 02         |
| 46       | 128        | 52.6        | 03         |
| 50       | 48         | 39.5        | 04         |
| 48       | 32         | 39.5        | 05         |
| 47       | 24         | 39.5        | 06         |
| 45       | 16         | 39.5        | 07         |
| 50       | 48         | 39.5        | 08         |
| 43       | 32         | 39.5        | 09         |
| 42       | 24         | 39.5        | 10         |
| 40       | 16         | 39.5        | 11         |
| 42       | 32         | 39.5        | 12         |
| 50       | 32         | 39.5        | 13         |
|          |            |             | 14         |
|          |            |             | 15         |
|          |            |             | 16         |

#### Etat du charbon actif utilisé dans les éprouvettes de test

- Echantillons (01, 02, 03) : Le charbon en poudre en état brute est utilisé de diamètre des particules inférieur de 0.8 mm.
- Eprouvettes (04, 05, 06, 07) : le charbon en poudre utilisé est composé :
  - Un volume de  $1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  de diamètre 0.3 mm
  - Un volume de  $1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  de diamètre 0.5 mm
  - Un demi-volume de  $1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  de diamètre 0.6 mm.
- Eprouvettes (08, 09, 10, 11) : le charbon en poudre utilisé est composé :
  - Un volume de  $1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  de diamètre 0.3 mm
  - Un demi-volume de  $1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  de diamètre 0.5 mm
  - Un volume de  $1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  de diamètre 0.6 mm
- Eprouvette (12) : Un volume de charbon actif en poudre de diamètre des particules est de 0.6 mm
- Eprouvette (13) : Un volume de charbon actif en poudre de diamètre des particules est de 0.5 mm
- Eprouvette (14) : Un volume de charbon actif en poudre de diamètre des particules est de 0.3 mm

7. Eprouvette (15) : le charbon en poudre utilisé est composé :

- Un volume de  $1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  ( ..... de diamètre .....)
- Un volume de  $1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  (..... de diamètre .....)

8. Eprouvette (16) : le charbon en poudre utilisé est composé :

- Un volume de  $1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  (..... de diamètre .....)
- Un volume de  $1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  (..... de diamètre .....)

Après une bonne préparation des éprouvettes. Nous avons passé à l'étape de test en utilisant un moule spécial, et après cela, nous faire des calculs des caractéristiques hydrauliques des échantillons (le débit et la perméabilité et la porosité de chaque échantillon), tout cela est résumé dans le tableau suivant :

- **Coulage du mélange dans le moule d'éprouvette**

Après avoir bien mélangé, on a préparé le moule pour que le mélange ne colle pas à l'intérieur, voir la figure n°13. Le mélange a été placé à l'intérieur du moule avec l'application de certaine pression régulière pour arranger les particules et réduire la porosité du milieu.

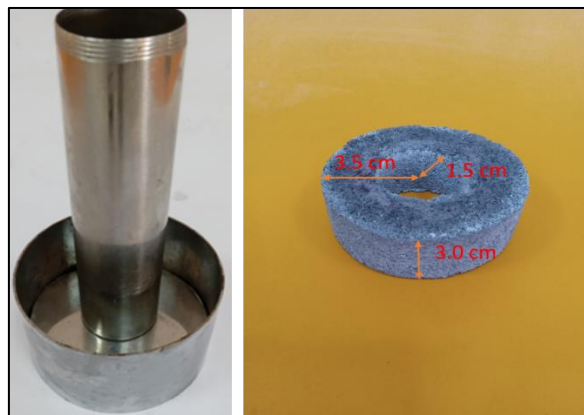


Figure IV.16. Moule en inox de préparation des éprouvettes de test

Après le séchage naturel des éprouvettes de 24 h, nous avons mis ces dernières dans un bain d'eau pendant 48 h pour augmenter la résistance mécanique et la cohésion des particules du charbon. Ensuite nous avons lavé ces éprouvettes, et les laissés de sécher.

La figure VI.14 indique l'ensemble d'éprouvettes préparées pour cette opération avec des dosages différents de charbon et de ciment.

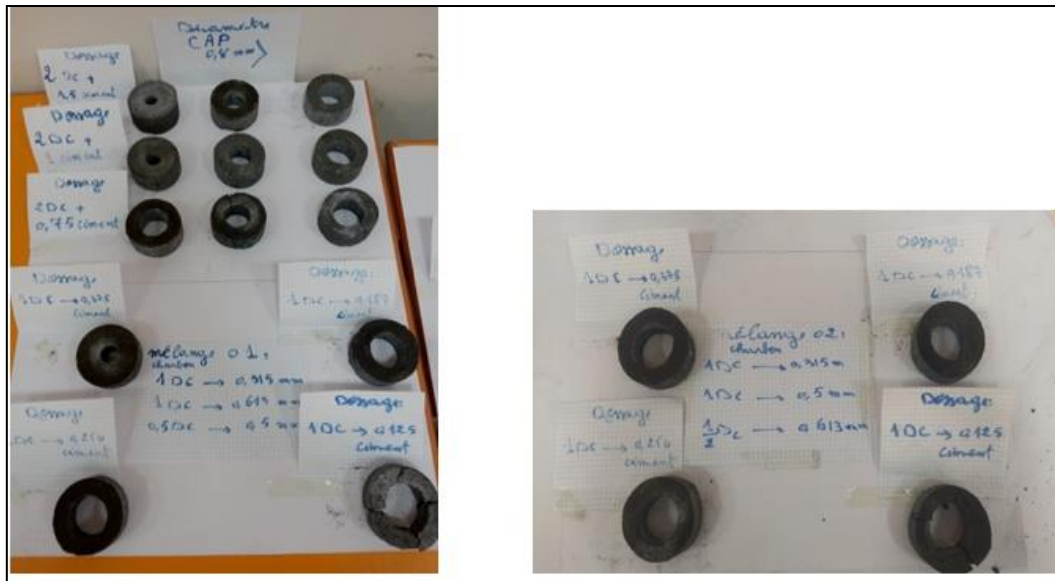


Figure IV.17. Les échantillons préparés

• Test des caractéristiques mécaniques

Tableau suivant représente quelques propriétés mécaniques des éprouvettes pour faire la comparaison entre l'éprouvette commerciale et les éprouvettes préparées.

Tableau IV.3. Résumé des caractéristiques mécaniques des éprouvettes

| Eprouvette | Résistance mécanique | Abrasivité % |
|------------|----------------------|--------------|
| Commercial | Moyenne              | 1.30         |
| 01         | Elevée               | 0.25         |
| 02         | Elevée               | 0.32         |
| 03         | Moyenne              | 0.68         |
| 04         | Moyenne              | 0.39         |
| 05         | Elevée <sup>2</sup>  | 0.31         |
| 06         | Faible               | 6.73         |
| 07         | Faible               | 6.18         |
| 08         | Moyenne              | 0.52         |
| 09         | Moyenne              | 1.17         |
| 10         | Moyenne              | 1.26         |
| 11         | Moyenne              | 0.64         |
| 12         | Moyenne              | 0.56         |
| 13         | Elevée               | 0.21         |
| 14         | Faible               | 3.64         |
| 15         | Moyenne              | 0.32         |
| 16         | Moyenne              | 0.41         |

Test des caractéristiques hydrauliques



Figure IV.18. Dispositif de mesure de débit d'une éprouvette par méthode volumétrique

Dans le tableau ci-dessus, on note que :

Les éprouvettes de n°1 au n°6 ont un débit nul et milieu imperméable. La raison est due à la composition du mélange d'une granulométrie continue.

Les éprouvettes de n°7 au n°11 ont un débit très faible et la nature du milieu de faible perméable.

Les éprouvettes de n°12 au n°16 ont été préparées avec une granulométrie discontinue de mélange. Nous avons obtenu des résultats encourageants proches des caractéristiques de l'éprouvette commerciale, c.-à-d., le milieu est perméable et le débit d'eau est dans la fourchette des débits des filtres.

Tableau IV.4. Résumé des caractéristiques hydrauliques des éprouvettes

| Porosité<br>( $\varphi$ ) % | Perméabilité<br>k (m/s) | Etat de<br>perméabilité | Débit<br>(l/min) | Eprouvette |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|------------|
| -                           | $6.6 \times 10^{-4}$    | Perméable               | 0.69             | Commercial |
| -                           | 0                       | Imperméable             | 0                | 01         |
| -                           | 0                       | Imperméable             | 0                | 02         |
| -                           | 0                       | Imperméable             | 0                | 03         |
| -                           | 0                       | Imperméable             | 0                | 04         |
| -                           | 0                       | Imperméable             | 0                | 05         |
| -                           | 0                       | Imperméable             | 0                | 06         |
| -                           | $>10^{-6}$              | Faible perméable        | 0.0              | 07         |
| -                           | $>10^{-6}$              | Faible perméable        | 0.0              | 08         |
| -                           | $>10^{-6}$              | Faible perméable        | 0.0              | 09         |
| -                           | $>10^{-6}$              | Faible perméable        | 0.0              | 10         |
| -                           | $>10^{-6}$              | Faible perméable        | 0.0              | 11         |
| -                           | $1.5 \times 10^{-3}$    | Perméable               | 0.93             | 12         |
| -                           | $1.55 \times 10^{-3}$   | Perméable               | 0.96             | 13         |
| 34                          | $1.08 \times 10^{-4}$   | Perméable               | 0.65             | 14         |
| 34                          | $1.15 \times 10^{-4}$   | Perméable               | 0.71             | 15         |
| 34                          | $1.08 \times 10^{-4}$   | Perméable               | 0.65             | 16         |

A travers cette étude paramétrique, nous avons conclu que le mélange composé de l'éprouvette n° 16 a donné les caractéristiques mécaniques et hydrauliques proches à celles de l'éprouvette commerciale. La composition appropriée pour fabriquer un filtre en charbon actif en bloc avec un liant hydraulique est obtenue.

#### IV.4. Fabriquer du filtre avec un liant hydraulique

Après avoir atteint le mélange approprié avec celui de l'éprouvette commerciale, nous passons à l'étape de fabrication du filtre, en prenant les données obtenues dans l'expérience.

L'échantillon n°16 a été sélectionné en fonction de sa conformité avec l'éprouvette commerciale prélevée.

Afin de réaliser le filtre, les étapes suivantes ont été effectuées :

- **Etape 1 :**

Préparation d'une quantité d'un mélange de charbon en poudre constitué de (..... de la poudre d'un diamètre de ..... mm et ..... de la poudre de diamètre de .....).



Figure IV.19. Mélange de carbone en poudre

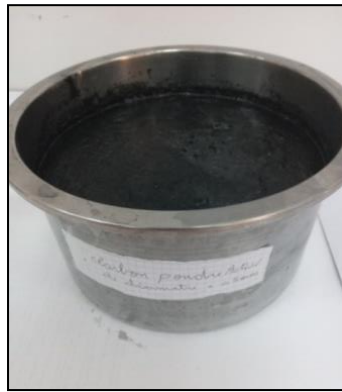
- **Etape N°2**

L'activation chimique de la quantité du charbon préparée pour obtenir du charbon actif en poudre.



Figure IV.20. Procédé d'activation de charbon en poudre

La solution d'hydroxyde de potassium à 5% avec de l'eau distillée (50 g d'hydroxyde de potassium mélangés dans un litre d'eau distillée). Soyez prudent lorsque vous mélangez ces substances, cela entraînera un échauffement de la solution. Vous aurez besoin de suffisamment de préparation pour immerger complètement la quantité préparée du charbon en poudre. Nous mettons la quantité du charbon sec dans un récipient en acier inoxydable, puis ajoutons la solution d'hydroxyde de potassium. Et remuez bien avec une cuillère.



*Figure IV.21. Charbon en poudre activée*

Couvrir le récipient et laisser la poudre de charbon pendant 24 heures. Après cela, égouttez autant que possible, le charbon de bois reste humide, mais pas saturé.

Ensuite, faire laver le charbon plusieurs fois avec de l'eau distillée, puis on l'a mis au four pendant 3 heures à une température de 40°C pour compléter l'activation.

Après le processus d'activation du charbon et la préparation du mélange de charbon activé en poudre (..... g de charbon d'un diamètre de ..... et ..... de charbon d'un diamètre de ....) avec du ciment en ajoutant de l'eau distillée, ensuite faire le bien mélangé. La préparation du moule est une étape importante avant de mettre le mélange. Le moule a des dimensions spécifiques pour obtenir un filtre qui correspond aux dimensions du filtre commercial.



Figure IV.22. Fabrication du filtre CAP avec un liant hydraulique (ciment)

Nous laissons le filtre dans le moule pendant 48h pour la résistance mécanique et la cohésion des particules du charbon avec le ciment. Sécher le filtre pendant 24h ensuite l'immerger dans un bain d'eau pendant 48h.

- **Etape N°3**

### Détermination d'indice d'iode

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant

$$\text{Indice d'iode} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 126.93}{m}$$

$V_1$  = témoin (21.32)

$V_2$  = volume d'étalonnage

$N = 0.1$

$m$  = masse du charbon actif choisi (0.2 g, 0.3 g, 0.4 g, 0.6 g, 0.8g et 1g)

| $m$ (g)              | 0.2  | 0.3  | 0.4   | 0.6  | 0.8  | 1.0 |
|----------------------|------|------|-------|------|------|-----|
| $V_2$ (ml)           | 16.7 | 14.6 | 18.00 | 16.2 | 13.7 | 8.7 |
| Indice d'Iode (mg/g) | -    | -    | -     | -    | -    | -   |

Tableau IV.5. Résultats de l'indice d'iode pour connaître l'activation du charbon

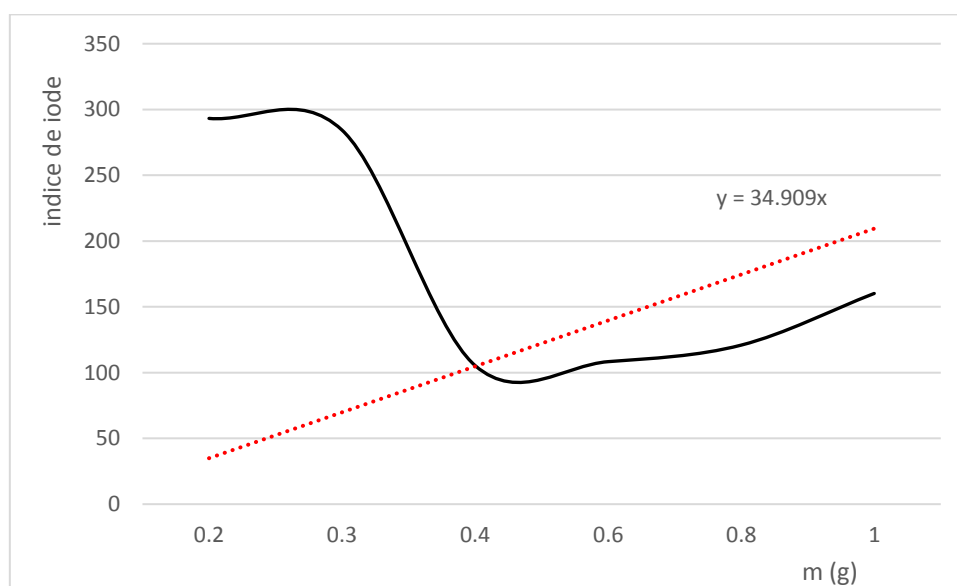


Figure IV.23. Courbe d'indice d'iode en fonction des quantités de charbon actif en poudre

### Test au bleu méthylène

#### IV.4.2 Résultats

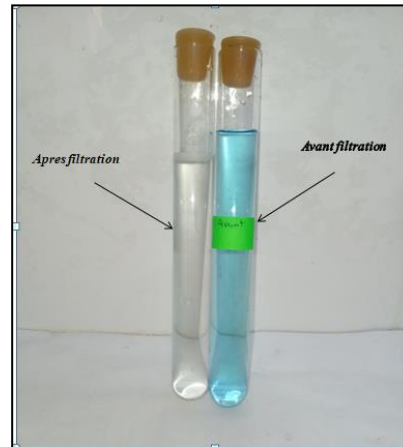


Figure IV.24. Photos montrant l'adsorption du charbon actif à travers le changement de couleur de la solution du bleu de méthylène avant et après filtration

Nous constatons que la couleur de la solution au beau méthylène a complètement diminué, ce qui indique la présence de l'effet positif d'absorption de notre charbon actif.

La conclusion que l'une des propriétés du charbon actif en poudre est qu'elle réduit la couleur et l'odeur dans un milieu aqueux.

#### IV.5. Conditionnement du filtre

##### L'habillage

Après avoir terminé le processus final de fabrication du filtre, nous passons à l'étape d'habillage pour le mettre en test de contrôle et mesures des paramètres physicochimiques.

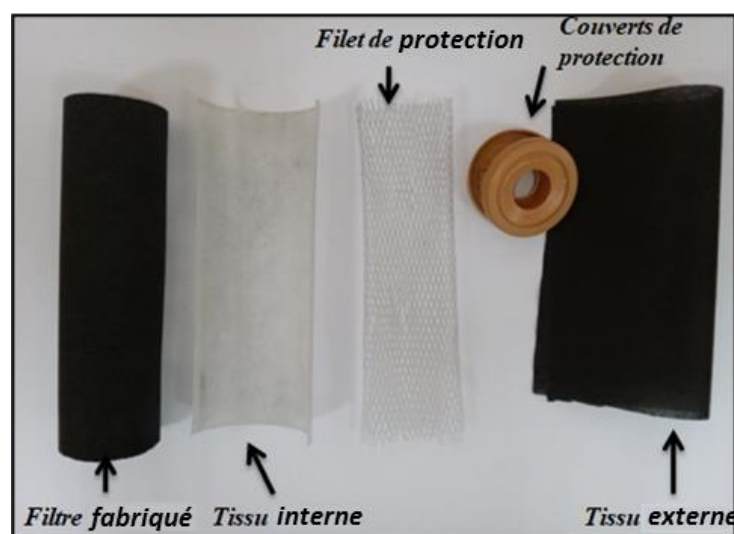


Figure IV.25. Composants d'habillage

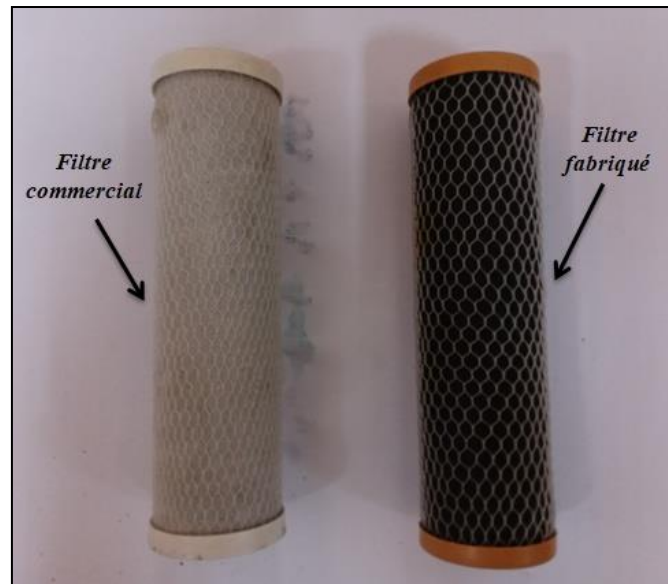


Figure IV.26. Processus final d'habillage

- Tissu externe : Empêche l'immigration imprévue des particules de charbon.
- Tissu interne : Moins perméable que le tissu externe.
- Filet de sécurité : Dans le cas où le filtre est soumis à une forte pression, le motif est de l'aider à absorber un peu de pression d'eau.
- Couverts de protection : les couverts en plastique en haut et en bas du filtre assurent la protection du filtre et en même temps la connexion avec le banc d'essai.

#### IV.6 Test et contrôle du filtre CAP sur le banc d'essai

##### Description du système de purification

Les filtres fabriqués et commerciaux sur le banc d'essai sont reliés à la même entrée à la même arrivée d'eau, assurant le débit de circulation dans les deux filtres à travers la vanne de réglage.

Le débit d'eau doit être égal afin de modifier le débit et connaître son effet sur le système.

Les paramètres physicochimiques ciblés pour tester et valider le filtre fabriqué sont :

##### D'entrée

- pH de l'eau d'entrée
- Turbidité de l'eau d'entrée
- Conductivité de l'eau d'entrée
- Chlorure de l'eau d'entrée

- Nitrate de l'eau d'entrée

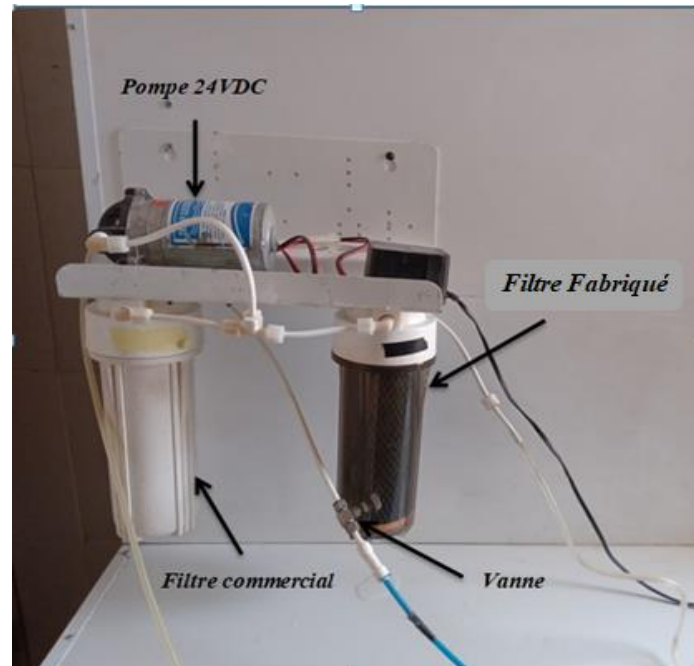


Figure IV.27. Schéma de banc d'essai

L'eau brute utilisée est de la région de Bousaada caractérisée par ces valeurs de paramètres  
 A l'entrée de banc d'essai, l'eau est caractérisée ;

| Eléments physicochimiques                | Valeur eau brute | Norme Algérienne |
|--|------------------|------------------|
| pH                                       | 7,41             | 6.2 – 9.0        |
| Turbidité (NTU)                          | 0.16             | -                |
| Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | 3590             | 2800             |
| Chlorure (mg/l)                          | 816.50           | 500              |
| Nitrates (mg/l)                          | -                | 50               |

## IV.6.1 Résultats

## Paramètres physicochimiques à la sortie du banc d'essai

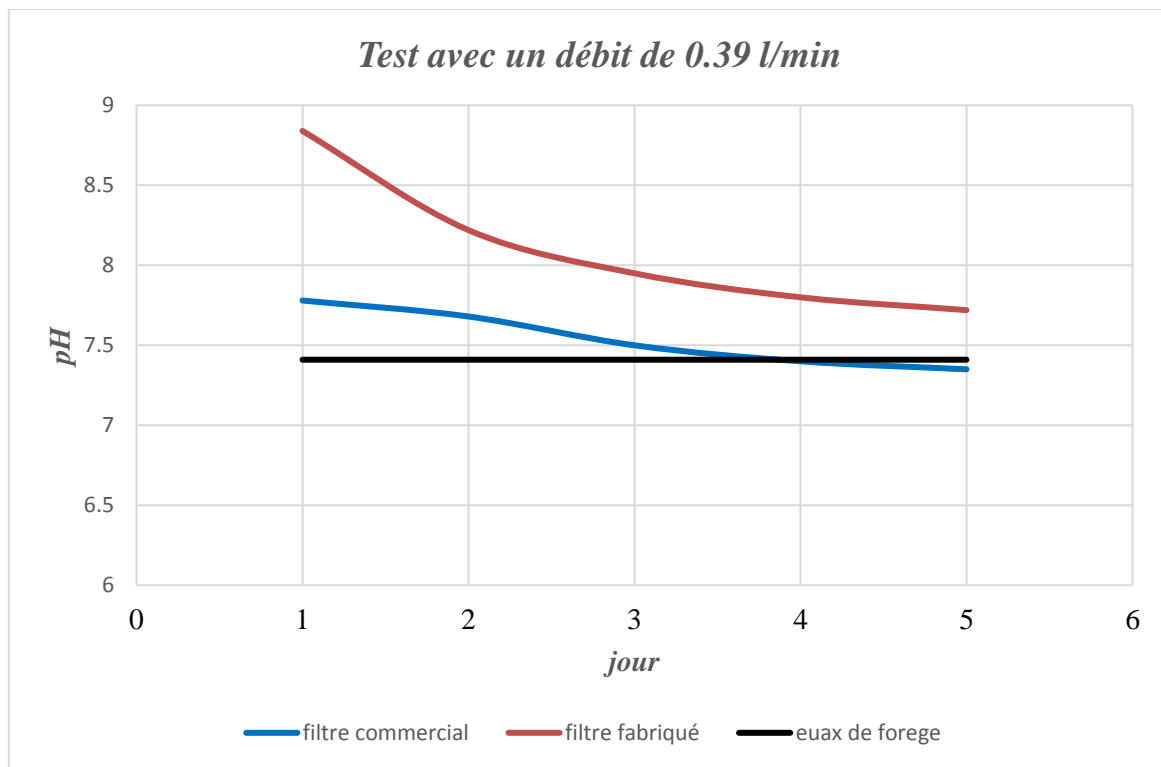
- Mesure de pH



Figure IV.28. Photo prise lors de la mesure du Ph

Tableau IV.6 Test de pH d'eau filtrée

| Test avec un débit de 0,39 l/min |                   |                       |
|----------------------------------|-------------------|-----------------------|
| pH de l'eau après filtration     |                   |                       |
| Journée                          | Filtre commercial | Filtre fabriqué (CAP) |
| 1                                | 7.78              | 8.84                  |
| 2                                | 7.68              | 8.22                  |
| 3                                | 7.50              | 7.95                  |
| 4                                | 7.40              | 7.80                  |
| 5                                | 7.35              | 7.72                  |



*Figure IV.29. Courbes d'évolution de pH dans les premiers jours*

Nous avons fait fonctionner notre système avec un débit de 0,39 l/min. On note sur la courbe de pH de l'eau traversée par notre filtre une augmentation le premier jour et durant le deuxième jour une diminution relative par rapport au pH moyen de l'eau brute. Cette diminution du pH est due à l'activation chimique du charbon, puis au troisième jour, la courbe de pH a diminué du fait de l'adsorption du charbon actif, et a réagi de manière appropriée comme un filtre de purification de l'eau (diminution du pH). Concernant le filtre commercial, on remarque également une diminution du pH et cela est dû à la purification de l'eau par le charbon actif en poudre.

- **Mesure de la turbidité**



Figure IV.30. Photo prise lors de la mesure de turbidité

Tableau IV.7 Test de la turbidité d'eau filtrée

| <i>Test avec un débit de 0,39 L/m</i> |                          |                        |
|---------------------------------------|--------------------------|------------------------|
| <i>Turbidité (NTU)</i>                |                          |                        |
| <i>Journée</i>                        | <i>Filtre commercial</i> | <i>Filtre fabriqué</i> |
| 1                                     | 1.60                     | 1.60                   |
| 2                                     | 1.30                     | 0.70                   |
| 3                                     | 1.15                     | 0.40                   |
| 4                                     | 0.23                     | 0.33                   |
| 5                                     | 0.14                     | 0.25                   |

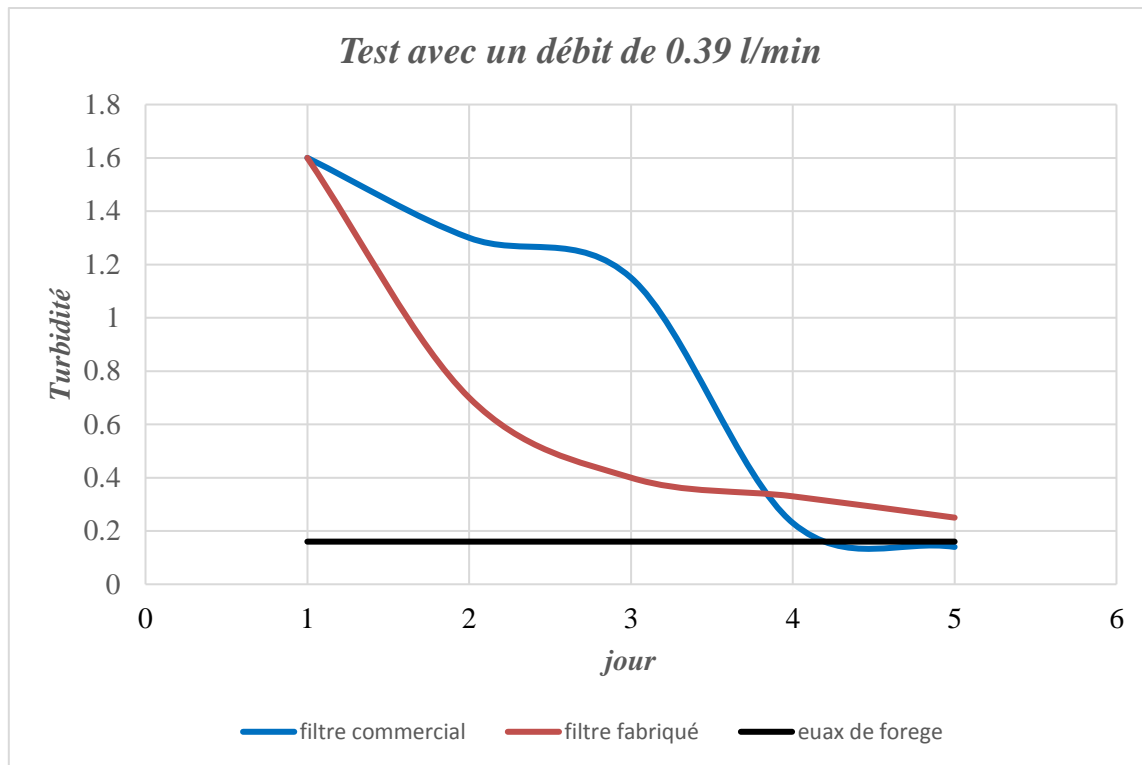


Figure IV.31. Courbes d'évolution de turbidité dans les premiers jours

Nous avons fait fonctionner le banc d'essai 3 heures par jour avec un débit de 0,39 l/min. Du jour 1 au jour 5, nous avons constaté une diminution partielle de la turbidité de l'eau qui traversait notre filtre. La raison pour laquelle notre filtre est en état neuf et l'effet de l'activation chimique du charbon est présent, mais les performances du filtre commercial étaient meilleures et c'est parce que le charbon actif émet encore un peu de couleur grise (pas bien lavé). A partir du 4<sup>ème</sup> -5<sup>ème</sup> jour, les performances étaient meilleures dans le filtre commercial, la valeur de turbidité a progressivement diminué, cela est dû au rôle du filtre dans la purification de l'eau.

- Mesure de la conductivité



Figure IV. 32. Photo prise lors de la mesure de la conductivité

Tableau IV.8 Test de la conductivité d'eau filtrée

| Test avec un débit de 0,39 l/min  |                   |                        |
|-----------------------------------|-------------------|------------------------|
| Conductivité ( $\mu\text{S/cm}$ ) |                   |                        |
| Journée                           | Filtre commercial | Filtre Fabriquer (CAP) |
| 1                                 | 3480              | 3140                   |
| 2                                 | 2910              | 3080                   |
| 3                                 | 2800              | 2900                   |
| 4                                 | 2780              | 2880                   |
| 5                                 | 2650              | 2730                   |

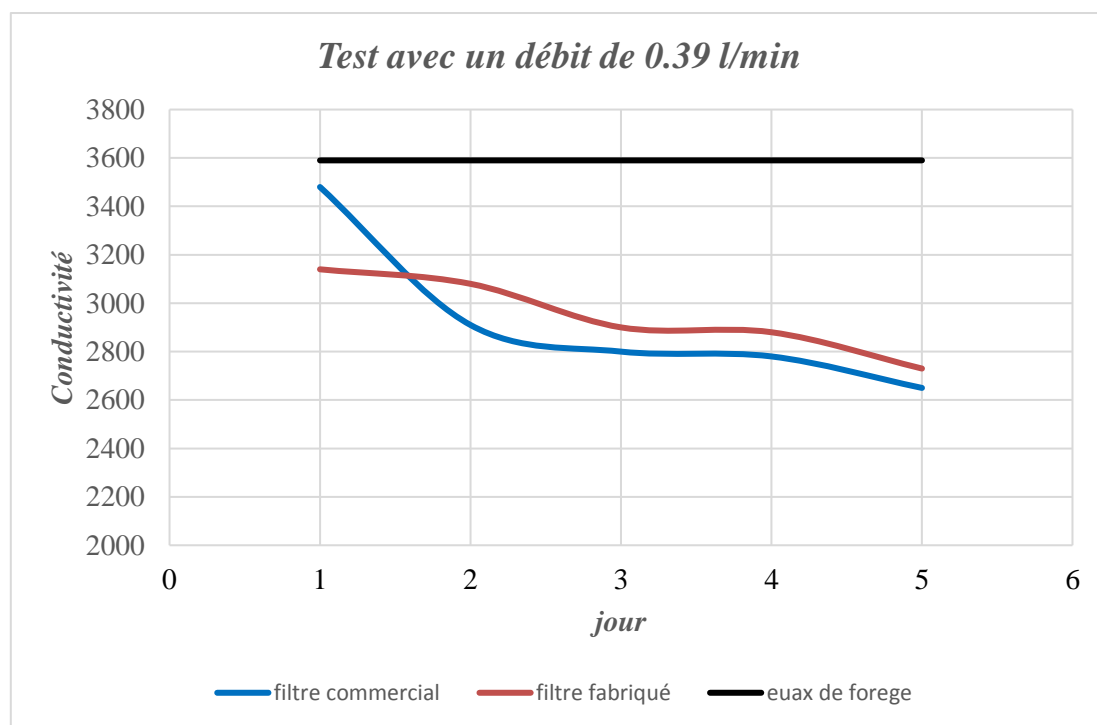


Figure IV.33. Courbes d'évolution de conductivité dans les premiers jours

Nous avons fait fonctionner notre système pendant 3 heures par jour avec un débit de 0,39 l/min. Concernant notre filtre, nous remarquons que la valeur de conductivité est passée de 3590  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dans l'eau brute (à l'entrée du système de filtration) à 3140  $\mu\text{S}/\text{cm}$  après filtration. Dès le premier jour, la preuve de la haute performance de notre filtre s'est élevée, et la courbe a continué de baisser, preuve de l'efficacité du charbon actif en poudre pour éliminer les substances dissoutes de l'eau. Alors que dans le filtre commercial, on remarque que la courbe des valeurs de conductivité décroît de manière ordonnée et lente le premier jour.

#### • Mesure de chlorure

Par la méthode de Moher, le mode opératoire est :

- Prendre 5 ml d'eau à analyser, et compléter le volume jusqu'à 100 ml avec l'eau distillée
- Ajouter 0.9 ml de (chromate de potassium)  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  (coloration jaunâtre).
- Titrer avec  $\text{AgNO}_3$  à 0,01 N jusqu'à coloration brunâtre.

Pour une conductivité < 1000, prendre 20 ml

Pour une conductivité varie entre 1000-2000, prendre 10 ml

Pour une conductivité varie entre 2000-3000, prendre 5 ml

Pour une conductivité varie entre 3000-5000, prendre 2 ml

Pour une conductivité > 5000, prendre 1 ml

Expression de résultat

$$C_{AgNO_3} \times V_{AgNO_3} = C_{Cl} \times V_{Cl} \quad (6)$$

Le réactif utilisé :

AgNO<sub>3</sub> (0.01N) prendre 1,6987g d'AgNO<sub>3</sub> dans 1000 ml

10 g de chromate de potassium (K<sub>2</sub>C<sub>7</sub>O<sub>4</sub>) → QSP 100 ml par le résultat

Tableau IV.8 Test de chlorures Cl

| <i>Chlorures Cl (mg/l)</i> |                          |                               |                       |
|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| <i>Journée</i>             | <i>Filtre commercial</i> | <i>Filtre Fabriquer (CAP)</i> | <i>Eaux de forage</i> |
| 1                          | 621.25                   | 603.50                        | 816.50                |
| 2                          | 312.40                   | 568.00                        | 816.50                |
| 3                          | 298.20                   | 326.60                        | 816.50                |
| 4                          | 276.90                   | 312.40                        | 816.50                |
| 5                          | 255.50                   | 291.10                        | 816.50                |

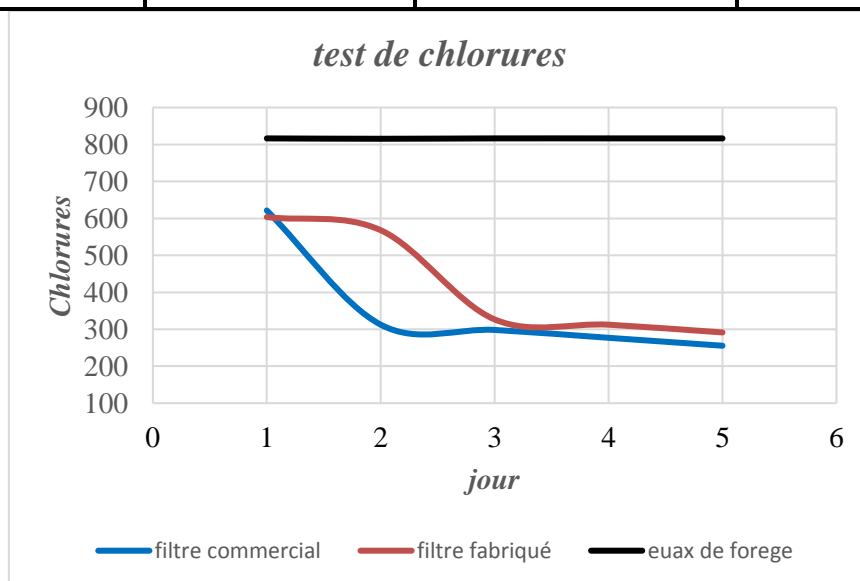


Figure IV.34. Courbes d'évolution de chlorures dans les premiers jours

Dans le processus de titrage des chlorures, nous avons constaté la présence de chlorures en grande quantité dans l'eau brute, avec une concentration de 816,50 mg/l. Après passage de l'eau à travers les filtres, nous avons constaté une diminution significative des chlorures, la raison est due à l'efficacité de la poudre de charbon actif pour absorber le chlorure. Nous avons obtenu

des résultats presque similaires entre les deux filtres. Finalement, nous concluons que le filtre fabriqué est très efficace pour éliminer le chlore par rapport au filtre commercial.

#### **IV.7 Conclusion**

Les utilisations du charbon de bois dans la vie quotidienne sont nombreuses et grâce au développement scientifique, son utilisation dans la purification de l'eau s'est également développée. Il aide à adsorber les impuretés, à purifier l'eau, à éliminer les odeurs et les couleurs.

Au cours de notre étude, nous avons discuté de l'efficacité de la poudre de charbon actif dans la purification de l'eau. Nous avons pu fabriquer un filtre de manière simple en simulant un filtre commercial à base de charbon actif avec un liant plastique.

En raison de notre expérience, nous avons changé le liant plastique en un liant hydraulique (ciment), et nous avons obtenu de bons résultats. Nous avons testé le filtre dans un purificateur d'eau et il a montré son efficacité à réduire les impuretés et les couleurs.

## Conclusion générale

Le but de notre étude est d'essayer de trouver des solutions aux problèmes affectant l'eau potable (turbidité, odeurs indésirables, excès de chlore, etc.).

La pollution de cette eau entraîne des problèmes de santé humaine et des décès possibles dus aux maladies qu'elle provoque, en raison de la détérioration des infrastructures d'approvisionnement en eau telles que le réseau d'eau, les conduites et les réservoirs, le pourcentage élevé de chlore et la propagation de son odeur. Elle est utilisée comme désinfectant de l'eau par les autorités compétentes, et la durée de stockage de l'eau entraîne la propagation d'odeurs indésirables.

Dans le premier axe, nous avons donné un aperçu du traitement de l'eau, car nous nous sommes concentrés sur le système d'osmose inverse, qui est une solution à ces problèmes, car il contient un ensemble de filtres. Chaque filtre élimine certaines impuretés et polluants de l'eau.

Dans le deuxième axe de notre étude, nous nous sommes concentrés sur le carbone, sa source et sa méthode de préparation, car nous avons constaté qu'il a une longue histoire dans la purification de l'eau, et c'est l'un des moyens les plus importants et les plus faciles de fournir de l'eau propre. Il est utilisé comme filtre granulaire ou bloc.

Dans le troisième axe, nous nous sommes concentrés sur le phénomène d'adsorption et son importance dans l'élimination des polluants de l'eau. Nous avons constaté que le carbone est l'un des adsorbants existants les plus importants en raison de sa porosité, de sa grande surface et de sa capacité d'absorption.

Dans le quatrième axe de notre étude, nous nous sommes concentrés sur un filtre à charbon actif en bloc commercial et sur la fabrication d'un filtre similaire en modifiant certaines propriétés de fabrication avec des matériaux disponibles et en testant leurs performances.

Nous avons installé notre filtre dans un banc d'essai qui permet à l'eau de passer à travers le filtre. Nous avons mené des expériences en laboratoire pour voir si le filtre améliore la qualité de l'eau filtrée par la mesure de la turbidité, de la conductivité, du pH et du chlore. Les mesures sont faites avant et après le filtrage d'eau. Grâce à notre étude en laboratoire, nous avons constaté que le carbone actif en poudre fabriqué est efficace pour éliminer la couleur de l'expérience d'adsorption au bleu de méthylène et la mesure de l'indice d'iode.

Notre filtre en charbon actif en poudre en bloc est avéré efficace, obtenant des résultats satisfaisants en termes de réduction de la valeur de conductivité et de la quantité de chlore présente dans l'eau. Les valeurs de paramètres physicochimiques mesurés sont presque proches de celles d'un filtre commercial, nous assurons l'efficacité de notre filtre par la suite durant 06 mois pour conclure et donner la durée de vie du filtre.

## ***Références bibliographiques***

### ***Chapitre I***

- [1]. Edition (2009), Technique de la gestion et de la distribution de l'eau, livre
- [2]. A. Kettab (1992), (Traitement des eaux),
- [3]. Degremont. Rueil-Malmaison (2003), Mémento technique de l'eau, livre
- [4]. Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment (2006), Consumer's Guide to Drinking Water.
- [5]. Directives de qualité pour l'eau de boisson Genève. OMS, 1985-86
- [6] Degremont. Rueil-Malmaison (2005), Mémento technique de l'eau, Deuxième édition Tom2.
- [7]. Jean Rodier (1996), l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer 8ème édition, , Edition DUNOD, 1983p.
- [8]. Site web : [https://wikiwater.fr/E21-Le-traitement-de-l-eau-par-filtration-lente-sur-sable-a-usage-familial?fbclid=IwAR231Nrl9NnADUlw7BOogKx7DyDnuEoOfvls6kpeDLTUJ0w8SiB4sQ\\_dCG0](https://wikiwater.fr/E21-Le-traitement-de-l-eau-par-filtration-lente-sur-sable-a-usage-familial?fbclid=IwAR231Nrl9NnADUlw7BOogKx7DyDnuEoOfvls6kpeDLTUJ0w8SiB4sQ_dCG0).
- [9]. Filtration de l'eau « [www.waterlogic.fr/fontaine-a-eau/technologies/filtration de l'eau](http://www.waterlogic.fr/fontaine-a-eau/technologies/filtration-de-l-eau) »
- [10]. Hodnia Kabouya, Responsable Affaires Formation/Traitement de l'Eau potable
- [11]. Bruce I. Dvorak (2013), Drinking Water Treatment: Sediment Filtration by, Extension Environmental Engineering Specialist Sharon O. Skipton, Extension Water Quality Educator University of Nebraska–Lincoln Extension
- [12]. Law, Bee Treatment (2005), The usage of domestic water filtration systems in Malaysia.
- [13]. Improve Your Home & Life /The 10 Common Types of Water Filtration System at Home <https://brizfeel.com/water-purification-system>
- [14] Carbon Block Filter: The Ultimate FAQ Guide <https://www.filsonfilters.com/>
- [15]. Woodard J. (2019), What is a Reverse Osmosis Tank and How Does it Work Posted, <https://www.freshwatersystems.com/>

### ***Chapitre II***

- [1] Rodriguez-Reinoso F. (1998), Carbon, n36, 159
- [2] Hassler J.W, (1974), Pure Appl. Chem., 7, 69.
- [3] Kayser H.(1881), Wied. Ann. Der Phys., 14, 451.
- [4] Von Ostrejko R., Patents 1900-1902.

- [5] Colin A. (2005), Encyclopedia of 20th century technology vol. 1, Routledge, New-York.
- [6] Suhas, P.J.M. Carrott, M. Carrott, Bioresour (2007), 98, 2301.
- [7] Gueye. M. (2009). Synthèse et étude des charbons actifs pour le traitement des eaux usées d'une tannerie. Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE). Mémoire de Master.51p.
- [8] Guerradi I, Hechachna A (2013). - L'utilisation industrielle du charbon actif. Mémoire de Licence, Université Amar Thladji, Algérie,26p.
- [9] Bouacherine S. (2013). Eliminations des polluants spécifiques par adsorption sur charbon actif et argile traitée et non traitée. Mémoire de Magister, Université Mohamed Chérif Messaadia –Souk-Ahras, Algérie.
- [10] Rodriguez-Reinoso F, MOLINA-SABIO M. (1998). Textural and chemical characterization of *microporous carbons*. Advances in Colloid and Interface Science, 76-77, 271-294.
- [11] Boonamnuayvitaya V., Chaiya C., Tanthapanichakoon W. (2004). The preparation and characterisation of activated carbon from coffeeresidue, J. Chem. Eng. Japan, 37 (12), 1504-1512
- [12] Rhouma A, Nourddine N, BEN Salah M et Mehrez A (2005). Analyse de la diversité génétique du palmier dattier dans les iles kerkennah.
- [13] Colin-Cruz A., Barrera-Diaz C., Jimenez Maleon M.C.M., CHEICK FALL (2003). Activated Carbon from Sewage Sulldges. 4th European Congress of Chemical Engineering ECCE 4. GRANADA (Spain). 21-25
- [14] Kania N. (2010). Utilisations de charbons actifs dans des procédés d'adsorption de composés organiques volatils et des procédés de catalyse dans l'eau. Thèse de Doctorat. Université d'Artois,148p
- [15] Mouhamed Lamine BA. (2008). Adsorption de métaux lourds dans des eaux usées par des charbons actifs préparés à partir de biomasses locales. Mémoired'ingénieur,49p.
- [16] Sedira N. (2013). Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes. Mémoire de Magister, Université. Mohamed-Chérif Messaidia,119p.
- [17] Alvarez Centenio, T., Stoeckli, F. (2006), Méthode de production de charbons actifs à partir de pulpe de pomme pour utilisation comme électrodes dans les condensateurs électriques à double couche
- [18] Sekirifa M L. (2013). Étude des propriétés adsorbants des charbons activés issus des noyaux de dattes application au traitement d'effluent aqueux. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar, Algérie, 99p
- [19] Loukil Mansouria (2017) Mémoire de fin d'études de Master Elimination du Cristal violet par Un Charbon actif granulé

- [20] Peláez Cid, A.A. ET M.M.M. Teutli-León. (2011). Lignocelluloses precursors used in the elaboration of activated carbon. *Chapter 1 : p. 10-11*
- [21] Meljac L. (2004). Etude d'un procédé d'imprégnation de fibres de carbone activées modélisation des interactions entre ces fibres et le sulfure d'hydrogène. Thèse de doctorat. Université de Jean Monnet, St-Etienne
- [22]. Gueye M. (2015). Développement de charbon actif à partir de biomasses lignocellulosiques pour des applications dans le traitement de l'eau Thèse de Doctorat, Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), 212p
- [23]. Kafack T. (2012). Étude des performances des charbons actifs préparés à partir de biomasses tropicales pour l'élimination du chrome et du cuivre en milieu aqueux. *Mémoire de Master.54p.*
- [24] Krou N J. (2010). Etude expérimentale et modélisation d'un procédé séquentiel AD-OX d'élimination de polluants organiques. Thèse doctorat. Université de Toulouse, 191p

### ***Chapitre III***

- [1] Cardot, C., (1999). Les traitements de l'eau. Procédés physicochimiques et biologiques (cours et problèmes). Edition Ellipses,
- [2] N. T. de Saussure "Beobachtungen über die absorption der gasartendurchverschiedenenkörper" Gilbert's Annalen der Physik, vol 47, pages 113-183.
- [3] Kurniawan, T. A., Chan, G. Y., Lo, W. H., & Babel, S. (2006). Comparisons of low-cost adsorbents for treating waste waters laden with heavy metals. *Science of the total environment*, 366(2-3), 409-426.
- [4] N. Senesi, Y.C., z. Gerstl, Y. Chen, U. Mingelgrin, B. Yaron, (1989). Editors, springer-Verlag, Berlin, p. 37-90.
- [5] Colombani-Bosinco, S. (1997). Elimination du chrome hexavalent par adsorption et adsorption-réduction sur biomatériaux, application au traitement des eaux (Doctorat dissertation, Pau).
- [6] Chenine, M. (2012), Préparation et caractérisation d'un charbon actif issu d'un déchet de café par voie chimique (effet de taux d'adjuvant), Mémoire Master, université Kasdi Merbah Ouargla, p.9-10.
- [7] R. Calvet, M.T., J.C. Arvieu, Ann., Agron 31 (1980) 385-427.
- [8] J., D. (1988), Contribution à l'étude du mode de l'élimination de molécules organiques modèles sur le charbon actif en grain. Interaction entre les processus d'adsorption et de biodégradation. Thèse de doctorat de 3ème cycle. Université de Poitiers.
- [9] Smíšek, M., & Černý, S. (1970), Active carbon: manufacture, properties and applications (Vol. 12). Elsevier Publishing Company.

- [10] Young D.M., Maridassoug D. (1982), Cinétique des réactions hétérogènes, Ed Masson
- [11] Slejko, F.L. (1985). Adsorption Technology, Marcel Dekker, New York.
- [12] Aarfane A., M. El Krati A.S., Tahiri S., Monkade M., Lhadi E.K., Bensitel M. (2014), Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des colorants.
- [13] Giles, C. H., Smith, D., & Huitson, A. (1974). A general treatment and classification of the solute adsorption isotherm. I. Theoretical. Journal of colloid and interface science, 47(3), 755-765.
- [14] Laine, J., & Calafat, A. (1989). Preparation and characterization of activated carbons from coconut shell impregnated with phosphoric acid. *Carbon*, 27(2), 191-195.
- [15] Malik, R., Ramteke, D. S., & Wate, S. R. (2007). Adsorption of malachite green on ground nutshell waste based powdered activated carbon. *Waste management*, 27(9), 1129-1138.
- [17] Kwiatkowski, J. F. (2011). Activated carbon : classifications, properties and applications. Nova Science Publishers, Incorporated.

## *Chapitre IV*

- [1] Roland.V. Siemons, Loek Baaijens (2012), An Innovative Carbonisation Retort: Technology and Environmental Impact, Termotehnika,
- [2] Tapan G. (2018), Carbon Black, the Grey and the Transparent, livre
- [3] Geneva, (2001). Assessment of the iodine deficiency disorders and monitoring their elimination, WHO, ICCIDD, livre
- [4] Aida Ineris (2019) Broyage, concassage, criblage, ensachage, pulvérisation, nettoyage, tamisage, mélange de pierres, cailloux, minerais et autres produits minéraux naturels ou artificiels ou de déchets non dangereux inertes\_ [[archive](#)], sur [aida.ineris.fr](http://aida.ineris.fr)
- [5] Andreas Heege, Töpferöfen, Potterykilns Basel (2008) (« Four de potiers »). Die Erforschung frühmittelalterlicher bis neuzeitlicher Töpferöfen (6.-20. Jh.) in Belgien, den Niederlanden, Deutschland, Österreich und der Schweiz. Basler Hefte zur Archäologie 4.
- [6] TP l'essai de Micro Deval 1er Master Matériaux (2018). Université Mohamed Boudiaf, M'silla
- [7] TP « Oven » d'université d'Oran
- [8] Mary C. Haven, Gregory A. Tetrault, Jerald R. Schenken (1994). Laboratory Instrumentation. John Wiley and Sons.
- [9] Arch J. & Maltman A., 1990, Anisotropic Permeability and Tortuosity in Deformed Wet Sediments, *J. Geoph. Res*, 98 (B6), p. 9035-9045.

## *Résumé*

Le but de notre étude est de résoudre certains problèmes de pollution de l'eau domestique auxquels les gens sont confrontés, tels que la couleur, l'odeur, l'excès de chlore et le goût inacceptable. Notre étude a porté sur le système de purification d'eau domestique et ses filtres. Nous nous sommes concentrés sur le charbon actif en poudre, ses propriétés, sa préparation, ses principaux types et domaines d'utilisation. Nous avons également abordé le phénomène d'adsorption pour connaître ses caractéristiques et son importance. Nous avons fabriqué notre propre "filtre à charbon actif en bloc" avec quelques changements dans les matériaux que nous avons testés avec du bleu de méthylène et de l'indice d'iode. Nous avons comparé notre filtre à un filtre commercial en mesurant certains paramètres physico-chimiques de la qualité de l'eau (pH, conductivité, turbidité et teneur en chlore, etc.) avant et après filtration. Les résultats sont encourageants pour poursuivre le contrôle fonctionnel du filtre pendant six mois afin de déterminer la durée de vie.

## *Abstract*

The purpose of our study is to solve some household water pollution problems that people face, such as color, odor, excess chlorine, and unacceptable taste. Our study focused on the domestic water purification system and its filters.

We focused on powdered activated carbon, its properties, preparation, main types and areas of use. We also approached the phenomenon of adsorption to know its characteristics and its importance. We made our own "block activated carbon filter" with some changes in the materials which we tested with methylene blue and iodine number. We compared our filter to a commercial filter by measuring certain physico-chemical water quality parameters (pH, conductivity, turbidity and chlorine content, etc.) before and after filtration. The results are encouraging to continue the functional control of the filter for six months in order to determine the service life.

## *ملخص*

الغرض من دراستنا هو حل بعض مشاكل تلوث المياه المنزلية التي يواجهها الناس، مثل اللون والرائحة والكلور الزائد والطعم غير المقبول. ركزت دراستنا على نظام تنقية المياه المنزلية وفلاتره.

ركزنا على مسحوق الكربون النشط وخصائصه وتحضيره وأنواعه الرئيسية ومجالات استخدامه كما تطرقنا إلى ظاهرة الامتزاز لمعرفة خصائصه أو أهميته. لقد صنعنا "فلتر الكربون النشط الكتلي" الخاص بنا مع بعض التغييرات في المواد التي اختبرناها باستخدام الميثيلين الأزرق ورقم اليود. قمنا بمقارنة مرشحنا بالفلتر التجاري عن طريق قياس بعض معايير جودة المياه الفيزيائية والكيميائية (الأس الهيدروجيني، والتوصيل، والعكارة، ومحتوى الكلور، وما إلى ذلك) قبل الترشيح وبعده. النتائج مشجعة لمواصلة التحكم الوظيفي للمرشح لمدة ستة أشهر من أجل تحديد عمر الخدمة.