

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

Faculté des Sciences et Technologies  
Département des Sciences et Technologies

N° d'ordre :

N° de série :

Projet de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de

## LICENCE

**Domaine** : Sciences et Technologies

**Filière** : Hydraulique

**Spécialité** : Sciences de l'eau et de l'environnement

## Thème

**INCIDENCE DES PARAMETRES REACTIONNELLE SUR  
L'OXYDATION DE LA SUBSTANCE HUMIQUE PAR LE  
PERMENGANETTE DE POTASSIUM PAR FLOCCULATION**

**Par :**

**M<sup>r</sup> BENHENIA SLIMANE**

**M<sup>r</sup> CHETAIBA REDOUANE**

**Mme. Moulai**

Maître Assistant A

Univ. Ghardaïa

**Encadreure**

**Mme. Bouamer**

Maître Assistant A

Univ. Ghardaïa

**Examinatrice**

**Année universitaire 2013/2014**

# REMERCIEMENT

*Cette thèse n'aurait jamais vu le jour sans l'aide de Dieu, le tout puissant, pour nous avoir donné la santé, le courage, la patience, la volonté et la force nécessaire, pour affronter toutes les difficultés et les obstacles à travers notre chemin d'étude.*

*Nous tenons à remercier Mr. hadj Saïd abd Elkadder notre chef de département*

*Nous présentons nos sincères remerciements avec nos profonds respects à notre promotrice Pr. <sup>Mme</sup>. Moulai pour son suivi, sa patience, ses conseils et son aide, tout au long de la réalisation de ce modeste travail.*

*Nos remercier Redouane Bouchareb pour ses conseils*

*Nous exprime nos remerciements à M<sup>elle</sup> Meriem, responsable de le laboratoire de l'Université de Ghardaïa pour son aide.*

*Nous tenons à remercier aussi les membres de jury.*

*Notre remerciements vont également à toutes Nos enseignants, Nos collègues.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à mes chers parents qui  
M'ont toujours soutenu et encouragé tout au long de  
ma vie.*

*A mes très chers frères,*

*A mes très chères sœurs,*

*A toute ma grande famille.*

*A mes amis, Redouane, Abdelbasset, Marouane,  
Yacine.*

*Et à tous ceux qui me sont chers.*

*A Slimane*

*Avec toute ma reconnaissance, je dédie ce travail :*

*A mes très chers parents,*

*A mes très chers frères,*

*A mes très chères sœurs,*

*A toute la famille.*

*A mes amis Sayeh, Hamada, Slimane, Abdelbasset,  
Marouane.*

*A Redouane*

**REMERCIEMENT ET DEDICACE****SOMMAIRE****LISTE DES FIGURES****LISTE DES TABLEAUX****LISTE DES ABREVIATIONS****INTRODUCTION GENERALE** \_\_\_\_\_ **1****CHAPITRE I: SUBSTANCES HUMIQUES**

<b>I-1 Introduction :</b>	_____	<b>3</b>
<b>I-2 Origine :</b>	_____	<b>3</b>
<b>I-3 Distribution Dans La Nature :</b>	_____	<b>7</b>
<b>I-4 Classification:</b>	_____	<b>7</b>
<b>I-5 Différenciation Entre Les Acides Humiques Et Les Acides Fulviques:</b>	_____	<b>9</b>
<b>I-6 Modèles Structuraux Des Composes Humiques :</b>	_____	<b>9</b>
<b>I-6-1 Structure Des Substances Humiques Et Leur Conformation Tridimensionnelle :</b>	_____	<b>12</b>
<b>I-6-2 De La Structure Moléculaire A La Structure Supramoléculaire ;</b>	_____	<b>13</b>
<b>I-7 Morphologie Moléculaire Des Substances Humiques:</b>	_____	<b>14</b>
<b>I-8 Propriétés Des Substances Humiques:</b>	_____	<b>14</b>
<b>I-9 Rôles Et Effets Des Substances Humiques :</b>	_____	<b>16</b>
<b>I-9-1 Influences Sur Le Sol :</b>	_____	<b>16</b>
<b>I-9-2 Influences Sur Les Plantes :</b>	_____	<b>17</b>
<b>I-10 Méthodes D'analyse Des Substances Humiques :</b>	_____	<b>18</b>
<b>I-10-1 Méthodes Destructives :</b>	_____	<b>18</b>
<b>I-10-2 Méthodes Physiques Non Destructives :</b>	_____	<b>19</b>
<b>I-11 Problèmes Posée Par La Présence Des Substances Humiques Dans Les Eaux Susceptibles De Subir Un Traitement :</b>	_____	<b>19</b>
<b>I-11-1 Réaction De Complexassions Avec Les Ions Minéraux:</b>	_____	<b>20</b>
<b>I-11-2 Formation De Trihalométhanes Par Chloration:</b>	_____	<b>20</b>
<b>I-11-3 Sequestration Des Substances Humiques:</b>	_____	<b>21</b>
<b>I-12 Conclusion :</b>	_____	<b>21</b>

**CHAPITRE II : COAGULATION-FLOCCULATION**

<i>II-1 Introduction:</i>	22
<i>II-2 Solutions Colloïdales</i>	22
<i>II.2.1 Généralités</i>	22
<i>II-2-2 Structure Des Colloïdes :</i>	23
<i>II-2-3 Théorie De La Double Couche:</i>	24
<i>II-2-4 Le Potentiel Zeta:</i>	26
<i>II-3 Coagulation – Flocculation:</i>	26
<i>II-3-1 Définition :</i>	26
<i>II-3-2 Paramètres Lies A La Coagulation-Flocculation:</i>	27
<i>A) L'influence Du Paramètre pH :</i>	27
<i>B) L'influence De La Dose De Coagulant :</i>	28
<i>C) L'influence De La Température:</i>	28
<i>D) L'influence De La Turbidité:</i>	28
<i>E) L'influence Des Conditions De Mélange :</i>	28
<i>F) L'influence Des Ions Métalliques:</i>	29
<i>II-4 Mécanismes De La Coagulation Flocculation:</i>	29
<i>II-4-1 Types De Coagulants/Flocculant Utilises :</i>	30
<i>II-4-2 Les Coagulants:</i>	30
<i>A) Les Sels D'aluminium :</i>	30
<i>B) Les Sels De Fer :</i>	30
<i>II-4-3 Les Adjuvants De Flocculation :</i>	31
• <i>La Bentonite:</i>	31
• <i>Le charbon actif:</i>	32
<i>II-5 Conclusion:</i>	32

**CHAPITRE III : PROTOCOLES ET METHODES D'ANALYSES**

<i>III-1 Présentation De L'étude :</i>	33
<i>III-2 Fractionnement Des Composes Humiques :</i>	33
<i>III-3 Matériel Et Méthodes :</i>	34
<i>III-3-1 Description Du Procédure Expérimental:</i>	35
<i>III-3-2 Spectrophotométrie :</i>	37
<i>III-4 Conclusion :</i>	38

**CHAPITRE IV:RESULTATS & INTERPRETATION**

<i>IV-1 Introduction :</i>	39
<i>IV-2 Résultats Et Discussions:</i>	39
<i>IV-2-1 L'influence De La Dose Du Coagulant :</i>	39
<i>IV-2-2 L'influence Du pH :</i>	40
<i>IV-2-3- L'influence De La Dose Du <math>Kmno_4</math> :</i>	41
<i>IV-3 Conclusion :</i>	42
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	43
<b>RECOMMANDATION</b>	43
<b>REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	44
<b>RESUME</b>	

## LISTE DES FIGURES

N°Figure	Désignation	page
Figure I-1	Représentation schématisées de la synthèse des acides humiques	6
Figure I-2	Schémas simplifiés de la classification des substances humiques	8
Figure I-3	Constitutif des substances humiques	10
Figure I-4	Modèle structural des acides humiques	11
Figure I-5	Modèle structural des acides fulviques	12
Figure I-6	Modèle de structure de composés humiques	13
Figure I-7	Structure tridimensionnelle des substances humiques	14
Figure I-8	Modèles d'acides humiques	15
Figure I-9	Facteurs influençant la réponse des plantes aux substances humiques	18
Figure I-10	Formation typiques de trihalométhanes	21
Figure II-1	Théorie de la double couche de Stern	26
Figure II-2	Variation de potentiel électrostatique en fonction de la distance de la particule	27
Figure III-1	Protocole d'extraction, fractionnement et purification des composés humiques	36
Figure III-2	Dispositif expérimental « jar – test »	38
Figure III-3	Dimensions du jar - test	38
Figure III-4	Le jar – test utilisées	39
Figure III-5	Le spectrophotomètre JENWAY 6315	39
Figure III-6	Courbe d'étalonnage des acides humiques.	40
Figure IV-1	Rendement d'élimination des acides humiques en fonction de la dose du coagulant.	42
Figure IV-2	Rendement d'élimination des acides humiques en fonction du pH	43
Figure IV-3	Rendement d'élimination des acides humiques en fonction de $KMnO_4$	44



## LISTE DES TABLEAUX

N° Tableaux	Désignation	page
Tab I-1	propriétés des acides humiques et des acides fulviques	9
Tab I-2	les différentes propriétés des substances humiques.	16
Tab II-1	Les étapes de l'agrégation	29
Tab III-1	Courbe d'étalonnage des acides humiques	40
Tab IV-1	l'influence de la dose du coagulant	41
Tab IV-2	l'influence du pH	42
Tab IV-3	l'influence de la dose du $\text{KMnO}_4$	43

**Les abréviations:**

**(SH)** : Substance Humiques

**(AF)** : Acide Fulvique

**(AH)** : Acide Humique

**(CAH)** : Complexe Argilo-Humique

**(U.V)** : Ultraviolet

**COM** : Colloïdes organo-minéraux

# INTRODUCTION GENERALE

### **Introduction Générale :**

La démographie croissante, le développement de l'industrie et de l'agriculture oblige à faire de plus en plus appel à des eaux d'origine diverses et notamment les eaux de surface. La plupart des eaux de surface et les eaux des réserves contiennent des matières organiques résultant de la vie végétale et animale. Cette charge organique est formée en généralité par les substances humiques.

Leur présence dans les eaux natives implique de copieuses gênes du fait qu'elles sont responsables de la coloration raide des eaux, de la complexations de plusieurs substances toxiques.

Ces substances et ces composés peuvent être identiquement présents dans l'eau souterraine en raison:

- de la proximité de charbon
- de la dissolution de paillis d'écorce
- des débris organiques enterrés comme les souches d'arbre
- des eaux usées provenant de l'industrie du cuir et du fourré (tannins et lignines)
- des effluents des usines de pâtes et papier (lignines).

Il est donc indispensable de procéder au traitement de ces eaux afin de se conformer d'une part aux normes de potabilité et d'éviter d'autre part tout risque sanitaire lié à une éventuelle toxicité de ces substances.

La coagulation floculation est un traitement de clarification très efficace dont l'objectif primordial est l'élimination de la portion non décantable des matières en suspension. Cette catégorie de substances est représentée essentiellement par les colloïdes, caractérisées par leur grande stabilité.

La coagulation est certes une opération simple à réaliser mais les mécanismes mis en jeu sont très complexes et ne cessent d'occuper une large place dans les recherches récentes .

La floculation a pour objectif de favoriser à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées .

Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et filtration. L'utilisation d'un agent oxydant dans le domaine du traitement des eaux de consommation, est toujours requise. Les oxydants chimiques les plus

couramment utilisés sont le chlore, le bioxyde de chlore, l'ozone et un peu moins le permanganate de potassium.

L'objectif général de ce travail est d'observer l'incidence de traitements oxydatifs utilisant le permanganate de potassium sur l'élimination, par coagulation-floculation, de substances humiques.

La première partie de ce travail est relative à l'étude bibliographique, nous avons jugé utile de rappeler dans un premier chapitre quelques généralités sur les substances humiques.

Le deuxième chapitre donne une vue générale sur le phénomène de coagulation-floculation.

La seconde partie de l'étude est axée sur l'expérimentation et elle est présentée en deux chapitres. Nous décrivons dans le 3<sup>ème</sup> chapitre les protocoles et les procédures expérimentaux mis en œuvre au cours de cette étude.

En fin, un dernier chapitre est consacré aux résultats et interprétation.

# CHAPITRE I

## SUBSTANCES HUMIQUES

### **I-1 Introduction :**

Les substances humiques proviennent de l'accumulation et de la réaction chimique naturelle des sous-produits résultant de la décomposition des matières organiques. L'on retrouve fréquemment ces substances dans les sols, les eaux de surface, les eaux usées, le compost, les sédiments marins et ceux des lacs, les tourbières, les schistes carbonneux et les lignites.

### **I-2 Origine :**

Les substances humiques d'origine subsistent comme solutions vraies de poly électrolytes ou pareillement colloïdes imperméables chargés négativement. Au contact des eaux navales, les eaux des cours saturées en substances humiques s'appauvrissent en recherches organiques de dominants poids moléculaires. En effet, un accroissement de la salinité de 0 à 10 provoque un amoindrissement de l'importance correspondante des macromolécules de taille supérieure à 100 000 daltons qui précipitent. L'intensité du fractionnement et l'importance des flux de substances floculées appartiennent de la composition chimique des eaux et du régime du fleuve.

Les substances humiques représentent une fraction appréciable de la matière organique (Schnitzer, 1978) [1], par leur nature, contribuent sûrement aux processus bio physicochimiques actifs pendant les estuaires et les deltas .Les composés humiques correspondent à des polymères avec lourdeur moléculaires variés : les acides fulviques (AF) sont constitués de petites molécules commodes en attroupements fonctionnels ,les acides humiques (AH) , au contraire , apprêtent à des molécules surtout embrouillés de taille supérieure .

Bien qu'ils étalent des caractéristiques communes, des différences se manifestent dans le redoublement des groupements fonctionnels suivant les fractions contemplées (Poutanenet Morris, 1983). Leur dissolubilité est attachée à la richesse et à la nature de ces unions, elle diminue avec l'accroissement des lourdeurs moléculaires ( Koronovo, 1966; Rashid et King, 1969) [2].

Les substances humiques se trouvent dans tous les sols et pendant toutes les eaux et proviennent d'éléments végétaux avec décomposition. On peut les sectionner par exil en humine, acides humiques, acides fulviques et acides ulmiques. Leurs sels s'appellent des humates, fulvates et ulmates. Les acides humiques ordonnancent le centre biologique de l'humus en tant que fraction principale.

Les sols fertiles contiennent au maximum 3% d'acides humiques et la turbe environ 3-10%. On remarque des acides humiques d'une concentration jusqu'à 85% comme une certaine couche du lignite doux qui n'est pas autant arrivé à l'état de lignite.

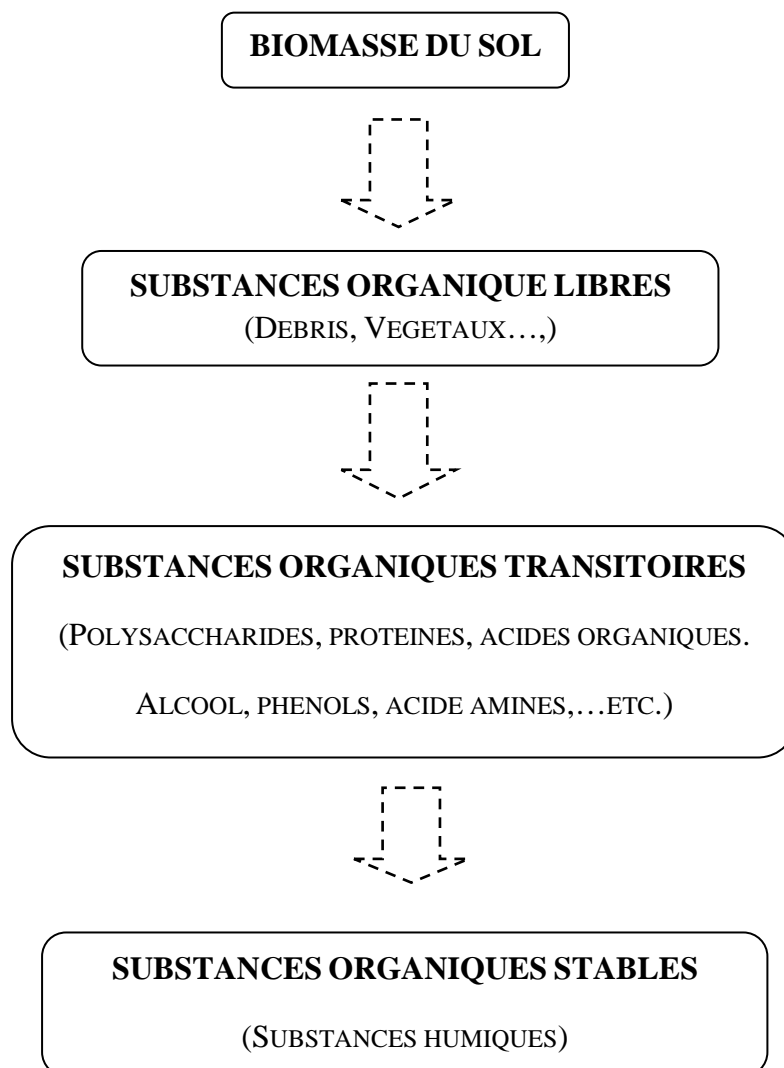
Le terme technique international pour cette formation de lignite doux est Leonardite.

La Leonardite se différencie du lignite doux par un degré d'oxydation plus dominant et par sa teneur plus élevée en acides humiques.

Depuis qu'on a découvert ces concentrations importantes d'acides humiques pendant la Leonardite et la production commerciale pour l'agriculture a augmenté considérablement.

l'origine de la formation des composés humiques, interviennent des réactions chimiques ou biochimiques ayant lieu lors du marche d'humification responsables de la sénescence des organismes vivants végétaux, animaux ou micro-organiques[3].

Le processus d'humification simplifié peut être représenté de la manière suivante:

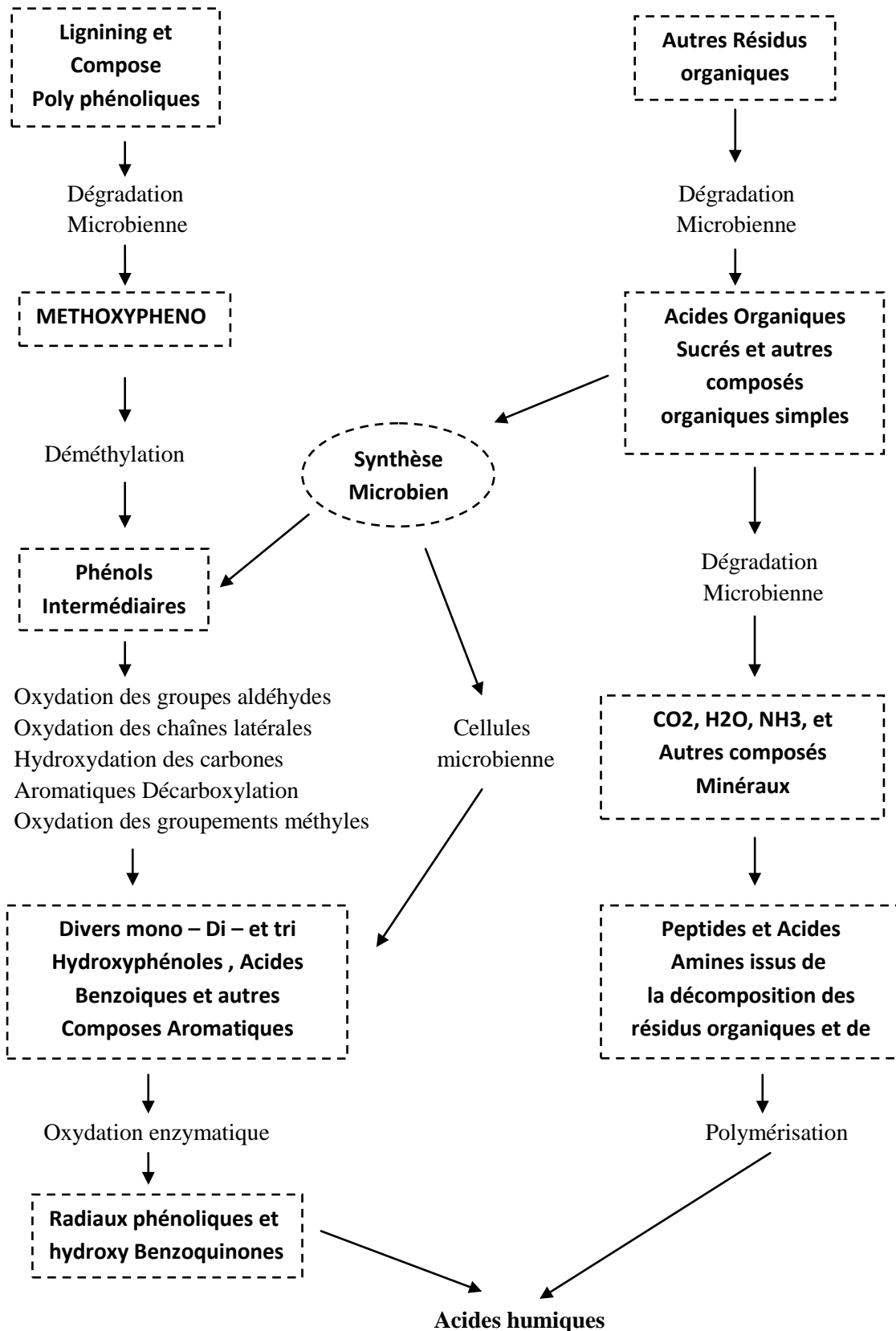




les principaux annonciateurs de l'organisation d'humus sont en majeure partie, les hydrates de carbone (viscose, hémicellulose) ainsi que la lignine et ses dérivés [4].

La caractéristique de ces substances humiques est très changeante et très embrouillé dans la mesure où elle participe de la couverture végétale, du pourtour Biologique et minéralogique du sol, ainsi que d'autres préposés influençant leur structuration tels que: L 'humidité, La température, L'activité bactérienne, La luminosité ...etc.

La représentation schématique (figure I-1) plus définie de l'humification installe en exergue sa complexité flagrante



**Figure I-1** : Représentation schématiques de la synthèse des acides humiques d’après MARTIN et HAIDER

### **I-3 Distribution Dans La Nature :**

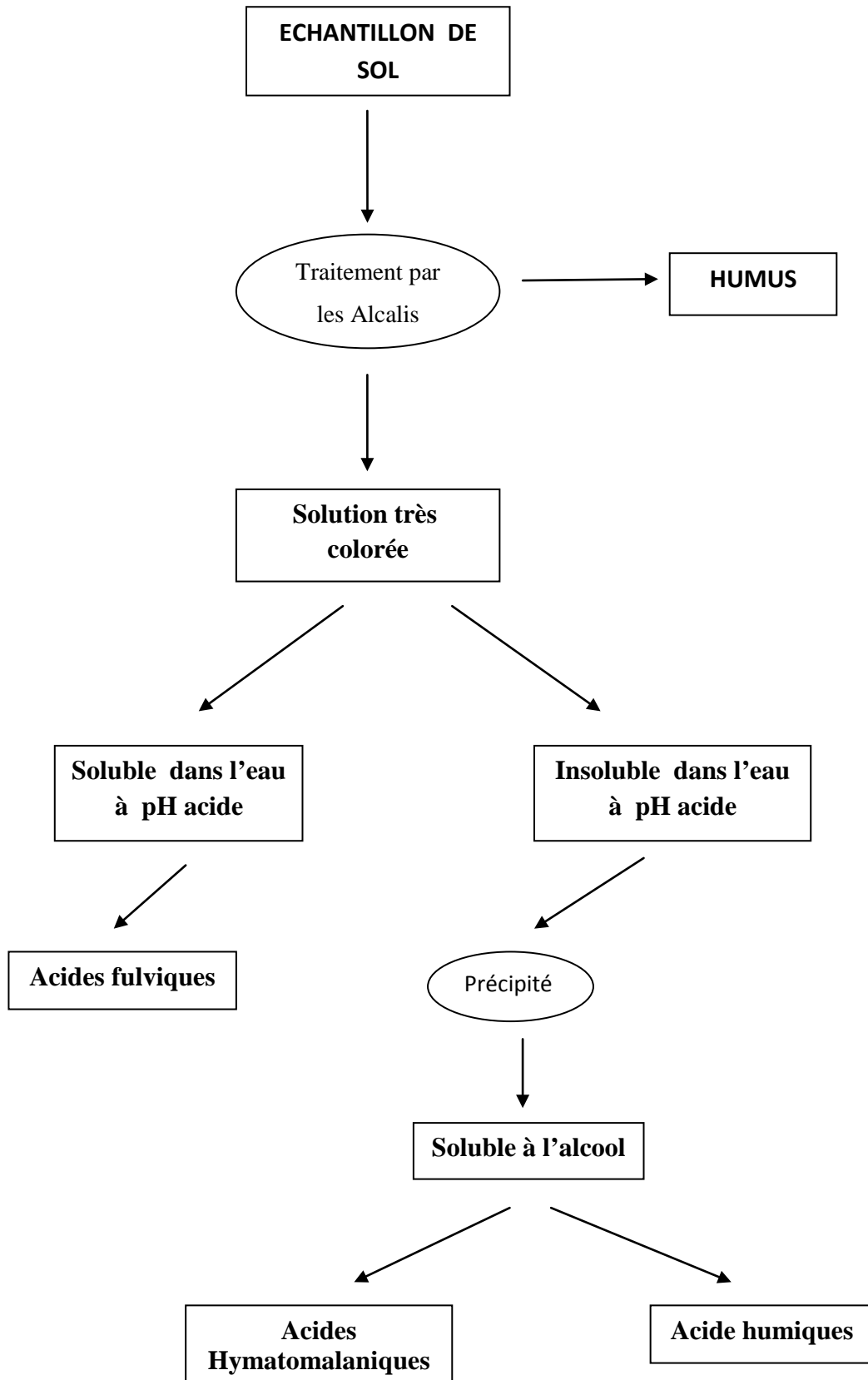
Les substances humiques sont très répandues à la surface de la terre. Dans le cas spécifique des eaux, elles proviennent du lessivage des sols et des litières végétales, des rejets de stations d'épuration [5], et des actions internes dans les milieux aqueux. Une fraction de ces substances s'accumule dans les dépôts marécageux, dans les sables de rivages et des plages ainsi que dans les sédiments fluviaux et marins [6] Une portion des matières humiques reste en solution et/ou suspension et elle est entraînée par les eaux de surface et de subsurface. Les teneurs en matières humiques généralement cadrées dans les eaux naturelles sont comprises entre 0.1 et 10 mg/l. [7, 8,9].

### **I-4 Classification:**

La classification des substances humiques proposée par ODEN 1909 [10], repose sur la différence de solubilité des composés constituant la matière humique par rapport à certains solvants (Figure 1-2) :

On distingue trois fractions :

- 1- Les acides humiques, solubles dans les alcalis.
- 2- Les humines, insolubles dans les alcalis.
- 3- Les acides fulviques, solubles à la fois en milieu alcalin et acide.



**Figure I-2:** Schémas simplifié de la classification des substances humiques

### **I-5 Différenciation Entre Les Acides Humiques Et Les Acides Fulviques:**

Il faut distinguer deux grands groupes de substances humiques :

- a) Les acides humiques gris, plus foncés, plus fortement condensés.
- b) Les acides fulviques bruns, de couleur claire, peu condensés.

Les acides humiques et les acides fulviques sont des complexes de différentes natures; ces derniers représentent la fraction la plus importante des matières humiques totales.

Il existe trois fractions d'acides fulviques :

- Polysaccharides
- Acides aminés
- Composés uroniques et composés tannins [11].

L'évolution progressive des jouissances des différents types de substances humiques et montrée par le tableau suivant :

**Tableau 1-1 :** propriétés des acides humiques et des acides fulviques [12].

Substances humiques	Couleur	Poids moléculaire g/mole	Composition élémentaire			
			C %	H %	N%	O%
Acides humiques	Brune- clair	$10^4 - 10^6$	52-60	4-6	2-5	30-37
Acides fulviques	Jaune- clair	500 – 5000	42-52	3-7	1-4	42-48

On remarque D'après le tableau n° 1 que lorsqu'on passe des acides fulviques aux acides humiques il ya :

- Une augmentation de la masse moléculaire.
- Une augmentation de la teneur en carbone.
- Une diminution du groupement -COOH, qui correspond a la environ totalité de la diminution en oxygène

### **I-6 Modèles Structuraux Des Composés Humiques :**

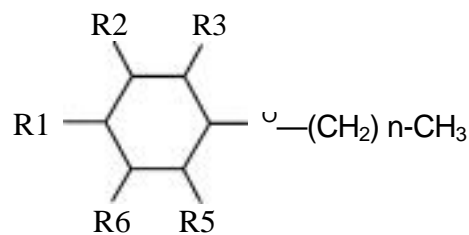
Dans les années 1970, les concepts sur la chimie de l'humus tendent à considérer les diverses fractions qui le constituent comme construites sur le même prototype, les différences portant sur la taille des molécules et l'abondance relative des différents groupements fonctionnels.

La « molécule » de composé humique saisisrait un «nucleus» accompli d'éléments de nature plutôt aromatique et des chaînes latérales aliphatiques.

Les groupements fonctionnels qui attribuent aux substances humiques l'essentiel de leurs propriétés sont les fonctions carboxyliques et phénoliques et, dans une moindre mesure, le groupement aminé.

Dans ces travaux, certains modèles structuraux, parmi les plus couramment cités, sont présentés d'après le modèle de SCHNITZER and KHAN(1972).

Le motif structural de base (Figure I-3) serait constitué d'un monomère aromatique sur le noyau duquel peuvent être substitués différents radicaux



Avec : R1= -COOH ou -COCH<sub>3</sub> ou -OH

R2= -H ou -OH ou -COOH

R3= -H ou -OH ou -OCH<sub>3</sub> ou -COOH

R5= -H ou -OH ou -OCH<sub>3</sub>

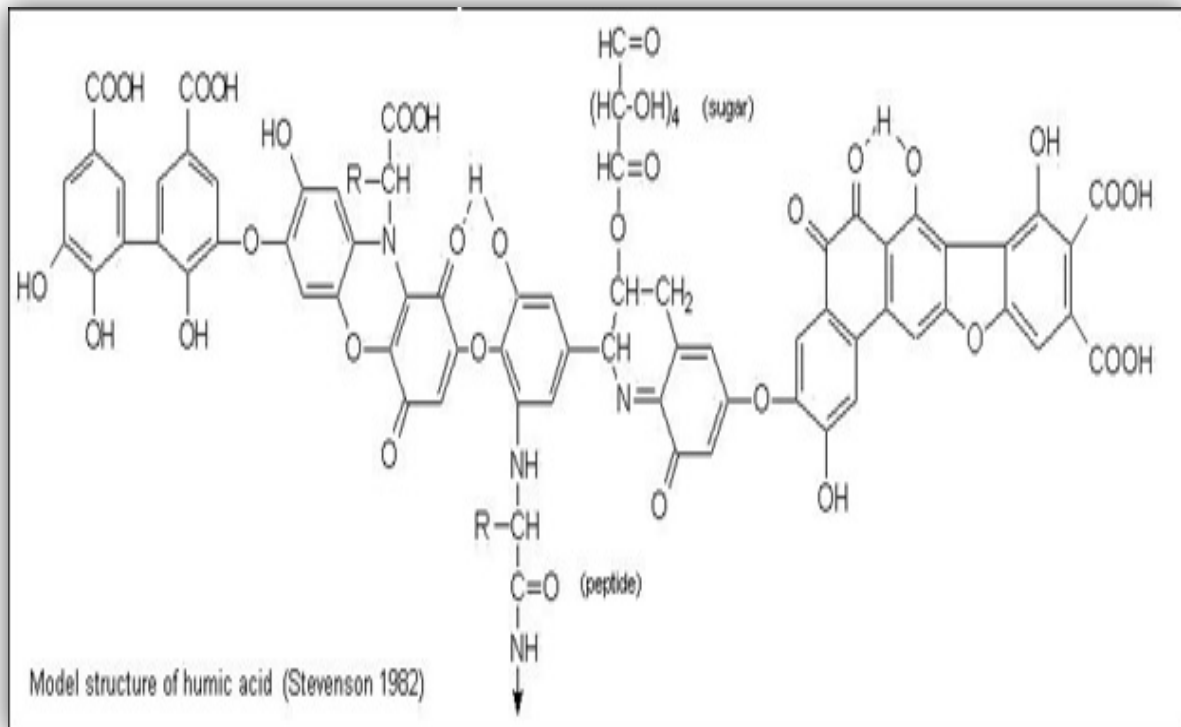
R6= -H ou -COOCH<sub>3</sub>

Et : n=14 et n=15 pour les AH ou n=14, 15, 16 et 18 pour les AF

**Figure I-3** : constitutif des substances humiques (SCHNITZER and KHAN, 1972) [13]

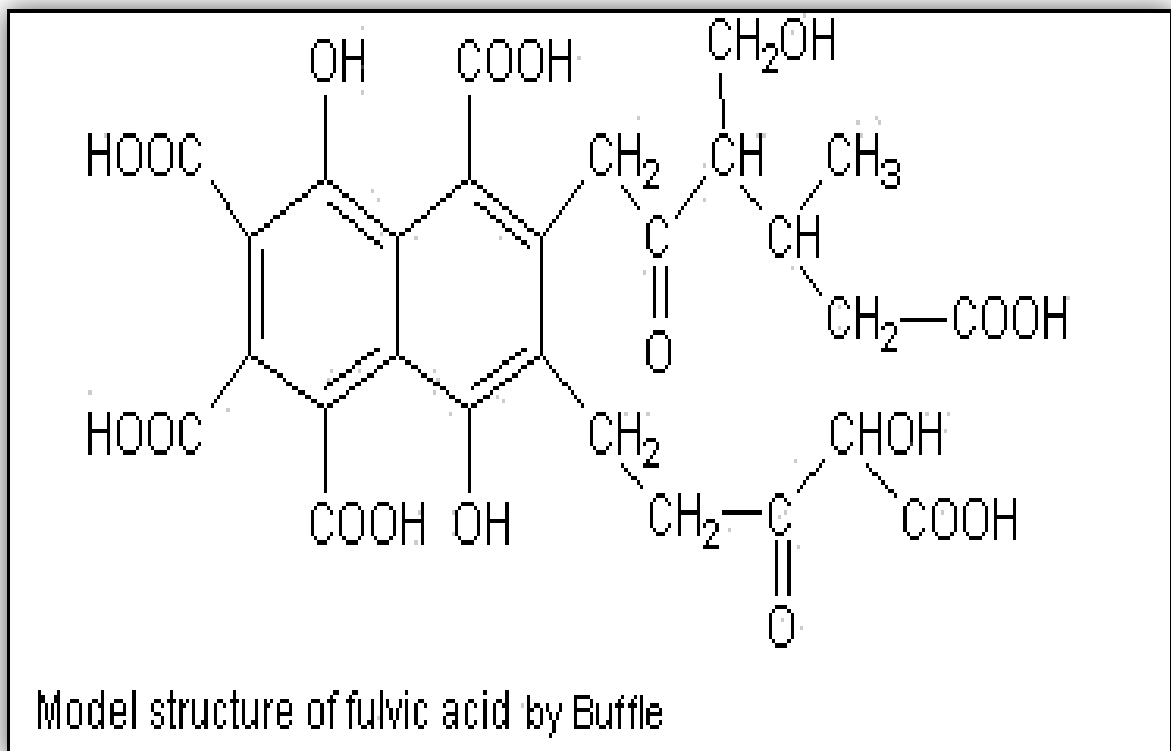
La structure tridimensionnelle des substances humiques existerait la conséquence de polymérisations et d'assemblages aléatoires complexes de ces unités structurales, consolidé par des liaisons hydrogènes, de forces de VAN DER WAALS, des interactions entre les électrons  $\pi$  de noyaux aromatiques voisins. Ce modèle privilégie les réactions d'estérification entre des acides gras et les groupements OH phénoliques. Sur ces constatations a été basée l'hypothèse des briques constitutives. Les cycles aromatiques seraient moins abondants que les acides gras dans les acides fulviques ; à l'inverse, ils seraient plus nombreux dans les acides humiques (EYHERAGUIBEL, 2004) [14].

Parmi ces modèles, celui de STEVENSON(1982) (Figure I-4), représente les acides humiques comme des macromolécules aromatiques complexes. Les groupes aromatiques sont substitués par des composés aliphatiques et la liaison avec de peptides et de sucres aminés explique la présence d'azote dans ces structures.



**Figure I-4** : Modèle structural des acides humiques (d'après STEVENSON, 1982).

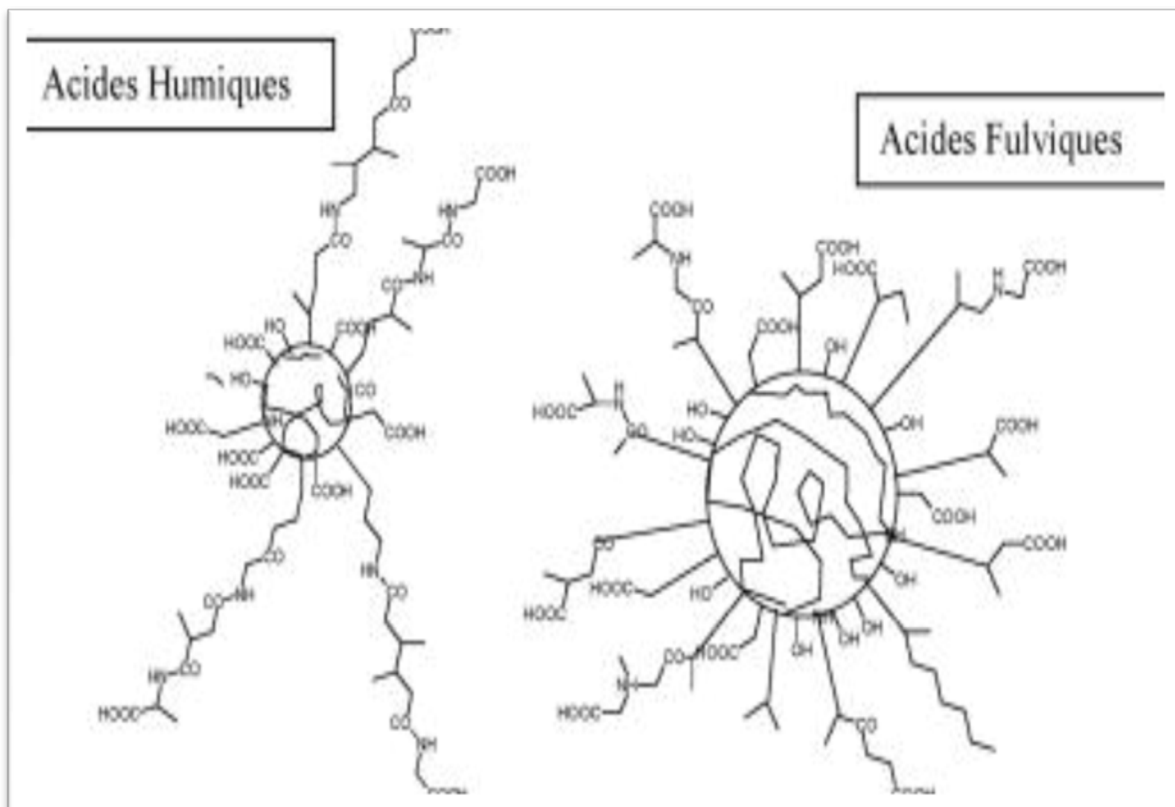
Le modèle de BUFLE (1988) [15] (Figure I-5), représentant les acides fulviques, contient des structures aromatiques et aliphatiques fortement substituées par des groupes fonctionnels



**Figure I-5** : Modèle structural des acides fulviques (d'après BUFFLE, 1988)

La représentation d'OADES (1989) [16] illustre la définition des substances humiques donnée par SCHNITZER(1972) : molécules à dominante aromatique sur lesquelles sont fixés des groupements fonctionnels, des chaînes aliphatiques, des composés aminés, des glucides.

Le modèle de structure des composés humiques proposé par ANDREUX. (1994)[17] différencie la structure des acides humiques et celle des acides fulviques. Cette représentation propose une structure globale avec un noyau central aromatique et sur lequel sont fixées des chaînes latérales aliphatiques ramifiées (FigureI-6). Les principales variations résident plus dans le ratio (ou proportion) des carbones aromatiques et aliphatiques et le nombre de fonctions acides que dans la nature des constituants. Il y a plus de noyaux aromatiques dans les structures humiques alors que les molécules d'acides fulviques se distinguent par une acidité carboxylique plus importante.



**Figure I-6 :** Modèle de structure de composés humiques selon ANDREUX (1994)

**I-6-1 Structure Des Substances Humiques Et Leur Conformation Tridimensionnelle :**

Il est supposé que les substances humiques peuvent se trouver sous différentes conformations selon les conditions du milieu en fonction de la force ionique et du pH. En effet, de nombreux travaux montrent que la force ionique et le pH du milieu provoquent des effets comparables. En augmentant la salinité de la solution de 0,001 à 0,1 mole/L, les molécules se regroupent pour former des agrégats. En solution concentrée, les substances humiques adoptent une structure condensée qui limite le nombre de groupements acides libres pour la complexation. Cette conformation se

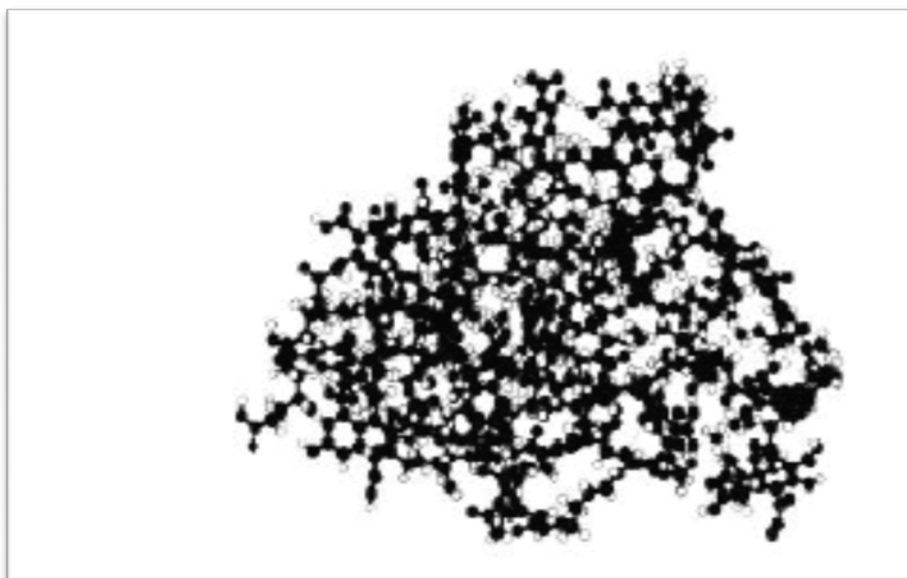


ramifie lorsque la concentration en substances humiques diminue (BAILLY, 1985) [18]. Le pH des solutions influe également sur le pouvoir complexant des acides humiques. A pH acide, les substances humiques présentent une structure repliée qui va se dérouler en cas d'alcalinisation du milieu (SCHNITZER, 1972) [1]. Donc, suivant le pH et la teneur en sels, le volume des molécules varie bien que le poids moléculaire soit constant.

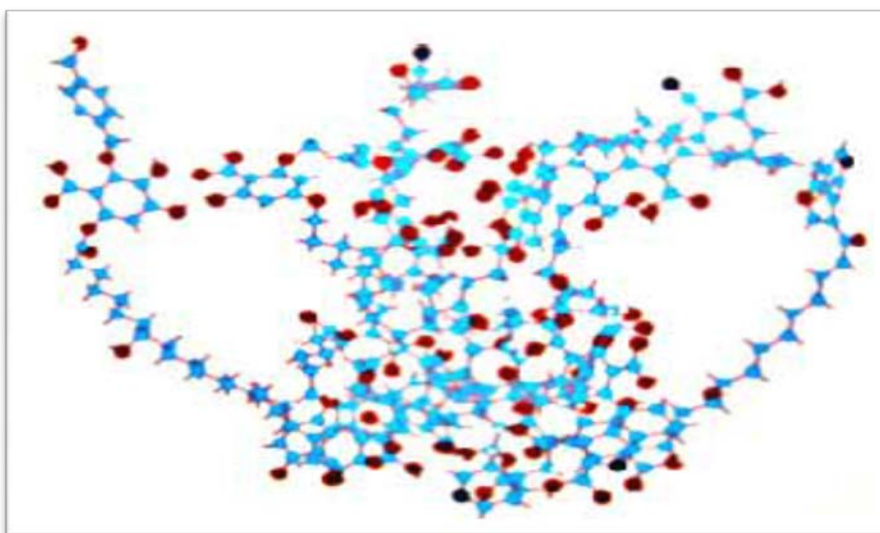
### **I-6-2 De La Structure Moléculaire A La Structure Supramoléculaire :**

Dans le modèle polymérique, les réarrangements structuraux se produisent comme dans les autres macromolécules biologiques telles que les protéines, polysaccharides, acides nucléiques, ou la lignine (SWIFT, 1989) [19]. Dans ce cas, les agrégats humiques sont retenus entre eux par des liaisons faibles comme les ponts hydrogènes et les interactions hydrophobes. En prenant en considération un concept micellaire, TANFORD(1991) suggèrent que l'intérieur des micelles humiques serait constitué par une zone hydrophobe, les composés très chargés ou polaires se trouvant à la surface extérieure.

Parallèlement, SCHNITZER ET KHAN 1972, et plus récemment SCHULTEN et LEINWEBE(1996) (Figure I-7) et SCHULTEN ET SCHNITZER (1997) (Figure I-8) proposent l'existence d'une structure tridimensionnelle des substances humiques comportant des vides, qui peuvent être d'excellents sites d'adsorption de composés hydrophobes tels les hydrocarbures aromatiques polycycliques (AMIR, 2005) [20]. ENGEBRETSON et WANDRUSKA(1997), utilisant un pyrène marqué par fluorescence ont apporté expérimentalement des preuves en faveur de ce modèle micellaire.



**Figure I-7:** Structure tridimensionnelle des substances humiques



**Figure I-8** : Modèles d'acides humiques selon SCHULTEN et SCHNITZER (1997)

Ce modèle de structures en trois dimensions des acides humiques proposé par SCHULTEN ET SCHNITZER (1997) est basé sur un réseau formé de noyaux aromatiques (benzène, phénols, méthoxyphénols, furanes, pyrroles et pyridine) et de chaînes aliphatiques (alcane, alcène, acide, ester) comportant ainsi de nombreuses fonctions acides, alcools, esters (QUENEA, 2004).

### **I-7 Morphologie Moléculaire Des Substances Humiques:**

Les modèles de structures de composés humiques proposés précédemment ont conduit SENESI à voir une structure fractale. Pour cet auteur, la représentation fractale, contenant un large degré d'autosimilarité, est également possible (SENESE, 1997 ; REY, 2000) [21].

Les substances humiques représentent une classe typique des composés qui peuvent être favorables à une description fractale en raison de leur hétérogénéité physique et chimique et de leur complexité moléculaire bien connue. Comme précédemment, la structure des substances humiques se présente sous la forme d'un agrégat moléculaire complexe et ramifié.

### **I-8 Propriétés Des Substances Humiques:**

Le rôle et l'importance des SH dans les sols, et en particulier de l'humus, sont prouvés depuis longtemps. Par leur présence dans tous les milieux, leurs multiples propriétés, réductrices, tensioactives et surtout leur pouvoir « séquestrant » (adsorbant, complexant, chélatant) vis-à-vis de composés organiques et minéraux (métaux et pesticides entre autres) leur confèrent un rôle essentiel dans la solubilisation, l'accumulation, la biodisponibilité, la dérivabilité, le transport et les échanges de ces composés dans les eaux, les sols et les sédiments (BUSNOT1994) [22].

Comme l'indique EYHERAGUIBEL(2004).

## CHAPITRE I: SUBSTANCES HUMIQUES

La nature acide des groupements fonctionnels confère aux substances humiques un caractère de poly-électrolytes de type anionique dont résultent leurs propriétés complexantes vis-à-vis des ions métalliques. STEVENSON(1982) [23] résume dans le Tableau 1-2.

**Tableau I-2** : les différentes propriétés des substances humiques.

Propriétés	Remarques	Effets dans le sol
Retention de l'eau	Les SH retiennent jusqu'à 20 fois leurs poids en eau	Aident à prévenir le dessèchement et améliorent la rétention de l'eau dans les sols sableux
Liaison avec les argiles	Cimentent les particules des sols en formant des agrégats	Permettent l'échange gazeux, la perméabilité et stabilisent la structure du sol
Chélation	Forment des complexes stables avec $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ , et autres cations polyvalents	Favorisent la biodisponibilité des micronutriments pour les plantes
Effet tampon	Possèdent un grand pouvoir tampon	Permettent de maintenir une réaction uniforme dans le sol
Echange de cations	L'acidité totale des fractions de l'humus varie de 300 à 1400 mol/kg	Augmentent la capacité d'échange cationique
Minéralisation	La décomposition des SH donne : $\text{CO}_2$ , $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{SO}_4^{2-}$	Source nutritive pour les plantes de N, P et S
Combinaison avec les molécules organiques	Modifie la bio activité et la biodégradation des pesticides	Modifie le taux d'application des pesticides

## **I-9 Rôles Et Effets Des Substances Humiques :**

Les nombreuses propriétés physico-chimiques des substances humiques, expliquent leurs impacts sur le sol et les plantes.

### **I-9-1 Influences Sur Le Sol :**

Les substances humiques influent sur la fertilité du sol en améliorant sa structure, en augmentant l'activité biologique, la disponibilité des nutriments et en complexant les métaux toxiques. Par leur caractère macromoléculaire et leurs propriétés colloïdales, les substances humiques assurent la cohésion des particules élémentaires du sol.

La structure du sol est ainsi stabilisée par un grand nombre de liaisons électrostatiques et de liaisons faibles établies entre les molécules organiques et les argiles (Balesdent, 1996). Les substances humiques lient les particules du sol sous forme d'agrégats qui améliorent la stabilité structurale du sol. Au sein de ces agrégats, la présence de microporosités permet de maintenir une structure aérée où l'eau et l'air peuvent circuler. Outre l'aération du sol, la surface d'échange gazeux entre le sol et l'atmosphère et sa capacité de rétention d'eau sont augmentées. L'eau pénètre plus facilement dans le sol et limite les risques d'érosion et de compactage. La couleur des sols, variable du jaune au brun, est directement liée à la concentration de SH dans le milieu. Une couleur sombre favorise l'absorption de l'énergie solaire et le réchauffement des sols.

La présence de substances humiques améliore l'activité biologique des sols en fournissant aux microorganismes hétérotrophes un substrat énergétique et carboné. La variabilité des composés organiques entretient la diversité de la population microbienne. L'activité de ces organismes a un effet favorable sur les propriétés physiques du sol.

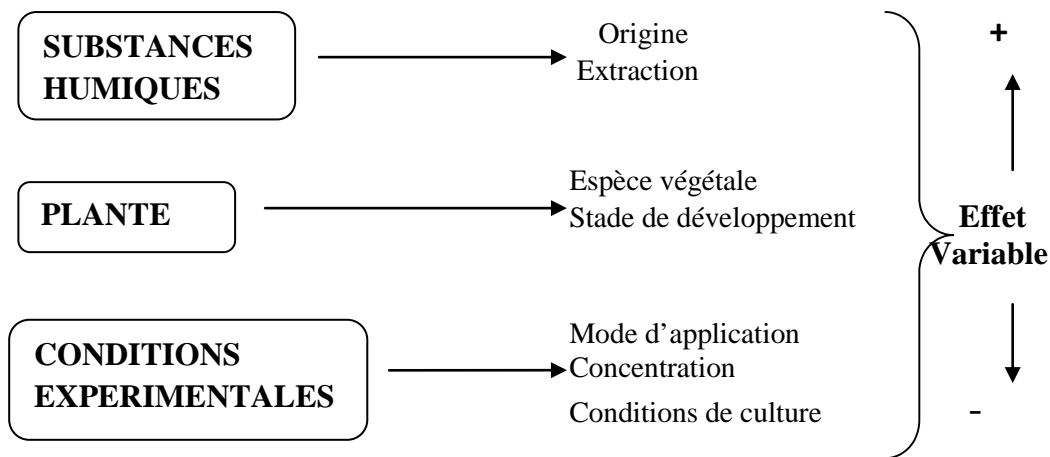
La matière organique forme avec les argiles un complexe colloïdal appelé complexe argilo-humique (CAH). Ce complexe est chargé électro négativement en raison de la présence de fonctions carboxyles ( $\text{RCOO}^-$ ) et hydroxyles acides ( $\text{RO}^-$ ). Les liaisons entre les substances humiques et les cations solubles du sol sont réalisées au niveau du CAH par échange cationique et protonique sur les fonctions  $-\text{COOH}$  et  $-\text{OH}$ . Ces complexes peuvent aussi interagir avec des ions, des oxydes, des hydroxydes métalliques et des minéraux pour former des complexes organométalliques. Les groupements fonctionnels  $\text{COOH}$ ,  $\text{C}=\text{O}$  sont impliqués dans la dégradation des minéraux du sol. Leur liaison aux métaux permet leur passage en solution et leur transport, sous formes solubles, dans les eaux et les sols (Schnitzer, 1972) [13]. Ces propriétés expliquent l'importance des substances humiques dans l'établissement du pH du sol et leur confèrent un pouvoir tampon qui permet d'en limiter les variations. Grâce à leurs propriétés chélatrices, les complexes augmentent la capacité d'échange cationique des sols, limitent le lessivage de certains éléments et permettent également la détoxification en complexant les métaux lourds.

La matière organique influe sur réserves minérales des sols et améliore la biodisponibilité des éléments pour les végétaux en limitant leur précipitation.

La nutrition minérale des plantes est donc facilitée. Les substances humiques possèdent un rôle essentiel dans les écosystèmes. Elles limitent les variations environnementales du sol (pollutions, exportations d'éléments, fluctuations de pH,...) et contribuent à la croissance des plantes par leurs effets sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol.

**I-9-2 Influences Sur Les Plantes :**

De nombreux facteurs rendent l'étude des effets des substances humiques sur les plantes difficile et l'analyse des données bibliographiques montre des résultats très différents. La nature et l'intensité des réponses peuvent varier en fonction des substances humiques, des plantes et des conditions expérimentales (Figure I-9).



**Figure I-9 :** Facteurs influençant la réponse des plantes aux substances humiques.

L'origine et la nature des matières humiques conditionnent les réponses des plantes. Les substances humiques naturelles du sol, de tourbe, de compost, ou de roche sédimentaire (lignite, léonardite) présentent des effets sur les végétaux mais génèrent des réponses différentes. L'utilisation des différentes fractions de la matière organique, acides humiques ou fulviques, influe sur la spécificité des réponses. Par leur pénétration dans la plante, les particules de faible poids moléculaire (acides fulviques) présentent un mode d'action différent des acides humiques et modifient de manière plus intense le métabolisme cellulaire. Ces variabilités d'action sont directement liées à la composition des molécules humiques. La caractérisation des molécules humiques renseigne sur leur poids moléculaire, la présence de groupement fonctionnel, et permet d'établir des relations entre leur structure et leur activité biologique. La qualité de l'extraction des fractions humiques apparaît également comme un facteur de variabilité car elle influe sur les caractéristiques chimiques des composés, et par conséquent sur leur activité.

L'utilisation des substances humiques montre des effets différents selon les conditions expérimentales et le mode d'application (sol, substrat solide, solution nutritive ou application foliaire). L'intensité de la réponse dépend le plus souvent de la dose testée et de nombreuses études débutent par la détermination de la dose optimale. L'impact des fractions humiques augmente avec la concentration mais de trop fortes doses présentent un effet inhibiteur. La complexité et l'évolution du matériel humique en fonction des conditions expérimentales peuvent être une source de variabilité.

Enfin, les espèces végétales réagissent différemment aux stimulations des substances humiques et les effets observés varient par leur nature et leur intensité. Les traitements humiques affectent principalement la croissance et le développement des graines, des plantules ou des plantes entières. Des effets spécifiques s'observent sur les organes, les cellules ou le métabolisme cellulaire.

### **I-10 Méthodes D'analyse Des Substances Humiques :**

Les méthodes d'études des substances humiques sont nombreuses et variées. Dans l'ensemble, on distingue deux tendances ou axes de recherches : le premier axe est abordé par des techniques destructives et le second par des procédés non destructifs (SCHNITZER and KHAN, 1972) [13].

#### **I-10-1 Méthodes Destructives :**

Il existe deux types de méthodes de dégradation : chimiques (hydrolyse, réduction, oxydation) et thermique (pyrolyse). La plupart des techniques destructives ont été utilisées pour dégrader, fragmenter, hydrolyser les macromolécules en altérant pas (ou peu) les chaînons libérés.

Toutes ces méthodes aboutissent à des sous-unités ou monomères, représentatifs d'unités structurales de base des macromolécules humiques.

Les méthodes chimiques relèvent de l'analyse classique. Il s'agit de la détermination de la composition élémentaire (C, H, N, O), de l'identification des monomères constitutifs formant les molécules humiques, ainsi que des techniques de titration et de spectroscopie utilisées pour la caractérisation des différents groupements fonctionnels.

Les techniques d'hydrolyse et de méthylation assistées thermiquement (THM) associées à la chromatographie en phase gazeuse et à la spectrométrie de masse paraissent particulièrement adaptées à l'étude des substances humiques. Elles permettent d'identifier des constituants et de déterminer, dans une certaine mesure, les précurseurs biochimiques des molécules présentes dans les substances humiques.

Concernant les méthodes thermiques, la pyrolyse est une des techniques couramment utilisées.

Le principe de la pyrolyse consiste à envoyer une impulsion d'énergie thermique afin de provoquer la cassure des liaisons les plus faibles présentes dans l'échantillon.

Toutes ces méthodes thermiques aboutissent également à des sous-unités ou monomères, représentatifs d'unités structurales principales des macromolécules humiques, qui seront isolés et analysés par différentes techniques comme par exemple la chromatographie en couche mince.

Entre autres techniques, le couplage de la pyrolyse, avec de nombreuses méthodes de séparation telles que la chromatographie en phase gazeuse (CPG), la chromatographie liquide haute performance (CLHP), ou encore la spectroscopie de masse permettent l'identification des différentes fractions.

Cependant, toutes ces méthodes restent limitées par l'impossibilité de savoir comment sont assemblés les monomères.

### **I-10-2 Méthodes Physiques Non Destructives :**

Les méthodes physiques non destructives concernent l'étude de la structure des substances humiques et de leur conformation tridimensionnelle (ou structure secondaire).

Parmi les procédés non destructifs utilisés, on peut citer : la spectroscopie U.V.- visible ; la spectroscopie I.R. (Infra Rouge), la spectroscopie E.S.R. (Electron Spin Résonance), la spectroscopie de R.M.N (Résonance Magnétique Nucléaire) et la spectroscopie paramagnétique nucléaire, la diffraction aux rayons X, la microscopie électronique et la diffraction électronique.

Les méthodes physiques, non destructives, donnent des informations sur les substances sans les transformer et les dégrader et parfois même sans qu'on doive les extraire. Ces méthodes nécessitent une faible quantité de matière.

Les principaux renseignements sont obtenus à partir :

- des méthodes spectrométriques qui donnent des informations relatives aux structures moléculaires (nature des groupes fonctionnels, liaisons, environnement atomiques) ;
- des méthodes s'adressant aux propriétés colloïdales qui renseignent sur la taille et la forme des particules, les propriétés tensioactives ;
- des méthodes physico-chimiques donnant des indications sur les propriétés électriques (charges électriques, polarité).

### **I-11 Problèmes Posée Par La Présence Des Substances Humiques Dans Les Eaux Susceptibles De Subir Un Traitement :**

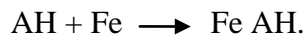
Les principaux problèmes dus à la présence des polyacides macros moléculaires dans les eaux à traiter sont globalement de trois ordres : Couleur (teneur en matière organique élevée) ; complexation avec les métaux naturellement présents dans les eaux de surface ou issus d'une



pollution; consommation importante d'oxydants et principalement de chlore pouvant conduire à la formation de composés organochlorés.

**I-11-1 Réaction De Complexations Avec Les ions Minéraux:**

Compte tenu du grand nombre de groupements carboxyliques et phénoliques composent le noyau des substances humiques, les réactions de complexation peuvent avoir lieu avec les ions métalliques.

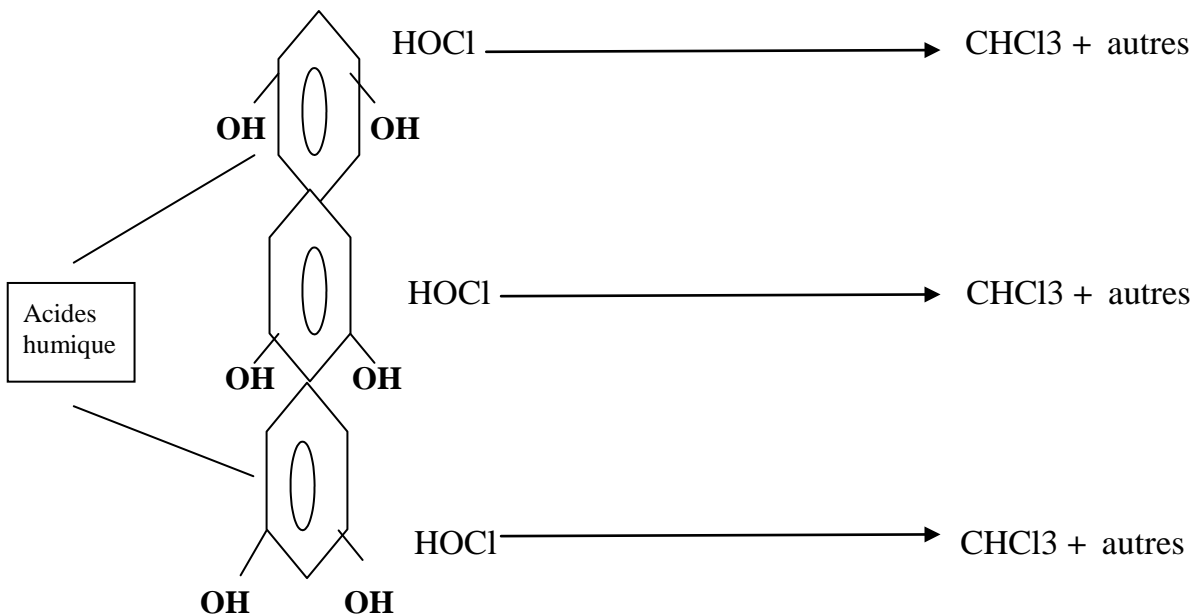


Les ions métalliques réagissent avec les acides humiques en partie sous forme d'hydroxydes pour former des complexes, soluble, ou insoluble, (acide humique-métal).

**I-11-2 Formation De Trihalométhanes Par Chloration:**

Les substances humiques contenues dans les eaux de surface sont susceptibles de créer des problèmes de façon indirecte dans la chloration des eaux.

En effet, ROOK 1974 a découvert que la réaction du chlore avec les substances humiques conduit à la formation de composés organes halogènes, et notamment les trihalométhanes (THM) dont la présence dans les eaux de boisson a un effet cancérigène. COCANCE a proposé une formation typique des Trihalométhanes lors de la chloration qui est résumé dans (la figure I-10).



**Figure I-10** : Formation typiques de trihalométhanes



**I-11-3 Séquestration Des Substances Humiques:**

Au cours de son transport dans le réseau de distribution, même si son traitement a été réalisé dans une unité de production extrêmes sophistiquée L'eau subite une évolution qui peut conduire a une altération de certaines de ces caractéristiques, les développements biologiques comporte parmi les composantes de cette évolution.

Les phénomènes de « recroisse » bactérienne sont, en particulier Importantes à maîtriser, puisqu'ils peuvent être a l'origine de goûts odeurs désagréables et qu'ils peuvent être responsable du développement de micro-organismes indésirables.

**I-12 Conclusion :**

La présence de nombreuses substances chimiques dans l'environnement conduit à des nuisances qui deviennent de plus en plus préoccupantes.

Les insuffisances existantes dans la protection des eaux face aux nombreuses pollutions peuvent contribuer à la dégradation de la qualité de ces eaux et à l'augmentation de certains micropolluants minéraux et surtout organiques indésirables dans les eaux destinées à la consommation.

Dans les eaux de surface, la matrice organique comprend des substances à structures très complexes de masse moléculaire élevée mais aussi des composés organiques simples (phénols, acides aminés, sucres...)

# CHAPITRE II

## COAGULATION-FLOCCULATION

## **II-1 Introduction:**

L'opération de coagulation - floculation a donc pour but la croissance des particules (qui sont essentiellement colloïdales) par déstabilisation des particules en suspension puis formation de flocons par absorption et agrégation. Les flocons ainsi formés seront décantés et filtrés.

Les coagulants sont des produits capables de neutraliser les charges des colloïdes présents dans l'eau. Le choix du coagulant pour le traitement de l'eau de consommation doit tenir compte de l'innocuité du produit, de son efficacité et de son coût.

La floculation est le phénomène de formation de flocons de taille plus importante (agglomération des colloïdes déchargés dans un réseau tridimensionnel). On utilise, pour se faire, des floculants ou adjuvants de floculation. Contrairement à l'étape de coagulation, la floculation nécessite une agitation lente.

## **II-2 Solutions Colloïdales :**

### **II.2.1 Généralités :**

Les systèmes colloïdaux sont définis comme étant des dispersions dont les particules possèdent des dimensions moyennes comprises entre 0.001 et 1 $\mu$ m et des vitesses de sédimentation si faibles que leur chute est rendue impossible par l'agitation thermique du milieu [24,25].

Ces produits peuvent être d'origine minérale (sables, limons, argiles, ...) ou organique (produits de la décomposition des matières végétales ou animales, acides humiques ou fulviques par exemple). A ces composés s'ajoutent les microorganismes tel que les virus. Ces substances sont responsables, en particulier, de la turbidité et de la couleur. En contact avec l'eau, toute matière solide acquiert une densité de charge électrique qui peut provenir de :

La dissociation de groupements superficiels (hydroxyles, carboxyles) qui fournissent des charges positives ou négatives suivant que le pH du milieu est basique ou acide.

L'adsorption d'ions étrangers contenus dans la solution, ainsi les colloïdes deviennent chargés positivement ou négativement suivant que le type d'ion adsorbé est cation ou anion [25,26].

Suivant leur comportement vis-à-vis du milieu aqueux, on peut classer les colloïdales en deux catégories :

Les colloïdes hydrophiles présentent donc une grande affinité pour l'eau et dont les particules sont entourées par une enveloppe de molécule d'eau fixées par des liaisons physico-chimiques à certains groupements de la matière solide tels que :

- Groupement carboxylique : COOH
- Groupement amine : NH<sub>2</sub>
- Groupement alcool : OH

C'est le cas des protéines, des détergents synthétiques, des savons, etc....

Les colloïdes hydrophobes dont la matière n'a aucune affinité avec l'eau. Leur stabilité est due à la charge électrique portée par les particules qui engendrent une répulsion mutuelle empêchant toute agglomération.

Il n'existe pas de transition nette entre ces deux types de colloïdes et l'on rencontre en pratique tous les comportements intermédiaires possibles.

La différence entre colloïdes hydrophiles et hydrophobes est importante dans le contexte du traitement. La matière colloïdale hydrophile réagit spontanément avec l'eau pour former une suspension qui peut être déshydratée et réhydratée à plusieurs reprises. En raison de cette caractéristique, de tels colloïdes sont parfois appelés colloïdes réversibles. Lorsqu'elles sont déshydratées, les particules hydrophobes ne se dispersent généralement pas dans l'eau spontanément. Elles sont alors parfois appelées colloïdes irréversibles. Les systèmes hydrophobes purs ne réagissent pas avec la phase aqueuse, mais certaines particules peuvent comporter des microsites qui les combinent avec l'eau en formant des liaisons hydrogènes [27,28].

### **II-2-2 Structure Des Colloïdes :**

Dans une eau de surface, les colloïdes portent des charges négatives situées à leur surface. Ces charges négatives attirent les ions positifs en solution dans l'eau. Ceux-ci sont étroitement collés au colloïde et forment la couche liée ou de STERN(couche fixe),, qui attire à son tour des anions accompagnés d'une faible quantité des cations: c'est la couche diffuse ou de GOUY (couche mobile). Il y a donc formation d'une double couche ionique, l'une accompagnant la particule lors de ces déplacements, l'autre se déplaçant indépendamment ou avec un certain retard Pour expliquer la grande stabilité des colloïdes, on fera appel à la théorie de la double couche électrique .

**II-2-3 Théorie De La Double Couche:**

La théorie de la double couche introduite par STERN et élaborée par plusieurs chercheurs, dont HEMOLTZ GOUY et CHAPMAN peut se résumer ainsi : Les particules possèdent habituellement des charges électriques négatives situées à leur surface. Ces charges dites primaires, attirent les ions positifs en solution dans l'eau, lesquels adhèrent fortement aux particules et attirent à leur tour des ions négatifs accompagnés d'une faible quantité d'ion positifs (Figure II-1).

Les ions qui adhèrent fortement et se déplacent avec elles forment la couche liée ou fixe (HEMOLTZ), alors que les ions qui adhèrent faiblement constituent la couche diffuse (GOUY et CHAPMAN) ; Il y a donc un gradient électrostatique entre la surface de la particule et la solution. (Figure II-2) illustre graphiquement la variation de potentiel électrostatique en fonction de la distance de la surface des particules [28].

Le potentiel à la surface de la particule est appelé potentiel de Nernst. La valeur détermine le plan de cisaillement (Figure II-2). Le potentiel électrostatique mesuré au plan de cisaillement est appelé potentiel Zêta.

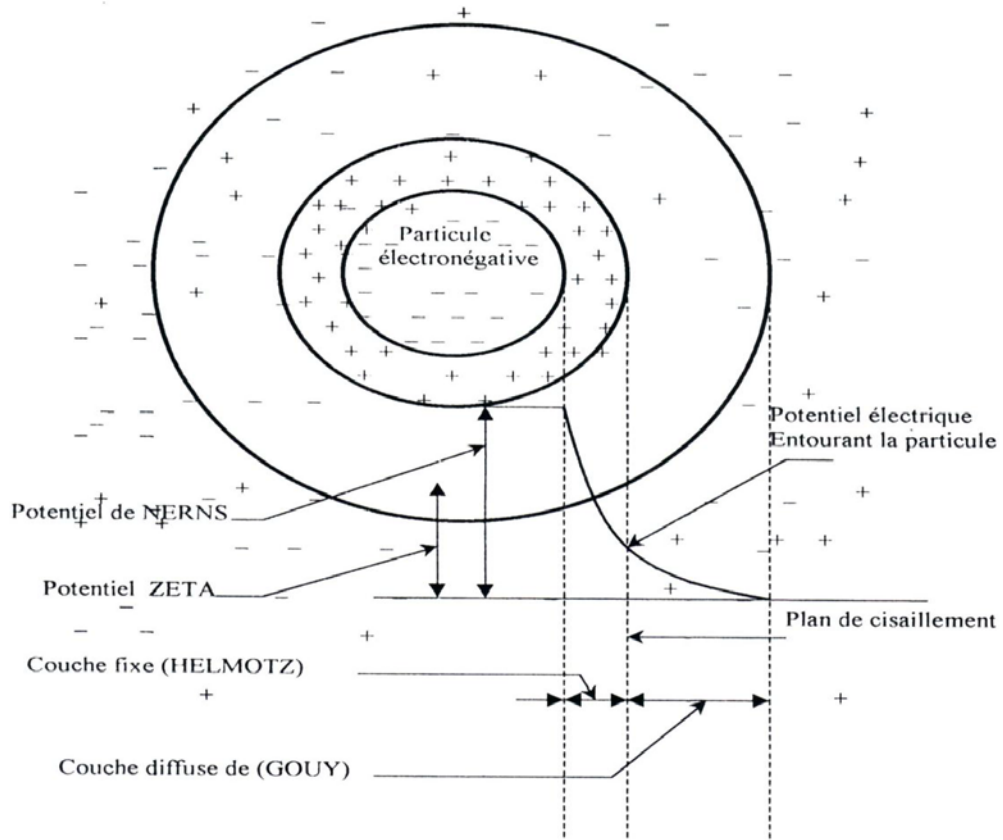


FIGURE II.1 : Théorie de la double couche (STERN).

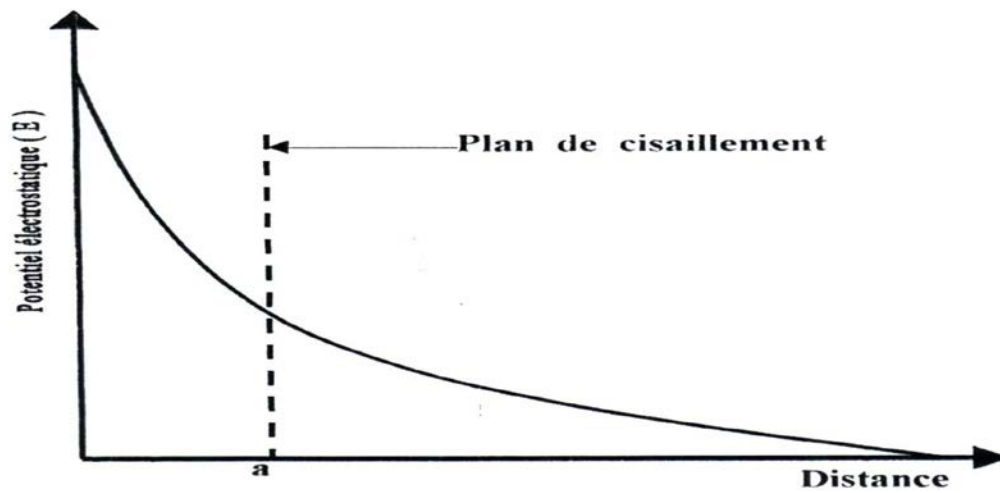


FIGURE II.2 : Variation du potentiel électrostatique en fonction de la distance de la particule.

### **II-2-4 Le Potentiel Zeta:**

Dans l'eau brute, les colloïdes sont généralement chargés négativement et se repoussent mutuellement. Afin de neutraliser cette charge superficielle négative, on ajoute des cations qui forment une couche autour du colloïde favorisant le rapprochement des particules. C'est la coagulation.

Pour mesurer la puissance de charge de la particule, on utilise un Zétamètre. Cet appareil permet d'évaluer la charge des particules grâce à la mesure du potentiel Zêta qui régit la manière dont les colloïdes se déplacent et interagissent.

En pratique, plus il est négatif, plus la charge de la particule s'intensifie (négativement bien sûr). Ainsi, au fur et à mesure qu'il diminue en valeur absolue, les particules peuvent s'approcher les unes des autres plus étroitement, ce qui accroît les probabilités de collision. Dans un système de clarification classique, à un pH compris entre 6 et 8, les coagulants fournissent des charges positives qui diminuent le potentiel Zêta. Théoriquement, la coagulation se produit à l'annulation de ce potentiel, ce qui correspond à une complète neutralisation de charge. Mais, en pratique, ce n'est pas nécessaire ; il suffit que ce potentiel soit légèrement négatif. Il faut faire attention à ne pas trop ajouter de coagulant, car la surface de la particule va alors se trouver chargée positivement (potentiel Zêta positif) et les colloïdes vont se disperser à nouveau [29].

### **II-3 Coagulation – Flocculation:**

#### **II-3-1 Définition :**

Le mot coagulation vient du latin coagulerai qui signifie « agglomérer » [30]. La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues à la présence de particules de très faible diamètre : les colloïdes. Leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation. En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible.

La coagulation et la flocculation sont les processus qui permettent l'élimination des colloïdes (Tableau II.1).

La coagulation consiste à les déstabiliser. Il s'agit de neutraliser leurs charges électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre par addition d'un réactif chimique, le coagulant. La flocculation est l'agglomération de ces particules déchargées en micro-floc, puis en flocons volumineux et décantables. Cette flocculation peut être améliorée par l'ajout d'un autre réactif : le flocculant ou adjuvant de flocculation.

Deux phénomènes de transport régissent la flocculation [31,32] :

- La floculation péricinétique liée à la diffusion brownienne (agitation thermique).
- La floculation orthocinétique est liée à l'énergie dissipée. L'efficacité de cette floculation qui permet d'obtenir le floc volumineux séparable est donnée dans la pratique par le gradient de vitesse  $G$  correspondant au régime turbulent.

**Tableau II-1** : Les étapes de l'agrégation [25]

Stade	Phénomène	Terminologies
Ajout du coagulant	Réaction avec l'eau : ionisation, hydrolyse, polymérisation	Hydrolyse
Destabilisation	Compression de la double couche électrique	Coagulation
	Adsorption spécifique d'ions du coagulant à la surface de la particule	
	Inclusion du colloïde dans un précipité d'hydroxyde	
	Liaison interarticulaire par des espèces polymériques du coagulant	
Transport de la particule (contact entre les particules)	Mouvement brownien	Floculation péricinétique
	Energie dissipée (gradient de vitesse)	Floculation orthocinétique

### **II-3-2 Paramètres Lies A La Coagulation-Floculation:**

Pour optimiser Le procédé de coagulation-floculation, il faut tenir compte de plusieurs variables en relation, comme le pH, la dose de coagulant, les conditions de mélange et la température.

#### **A) L'influence Du Paramètre pH :**

Le pH a une influence primordiale sur la coagulation. Il est d'ailleurs important de remarquer que l'ajout d'un coagulant modifie souvent le pH de l'eau. Cette variation est à prendre en compte afin de ne pas sortir de la plage optimale de précipitation du coagulant. La plage du pH optimal est la plage à l'intérieur de laquelle la coagulation a lieu suffisamment rapidement. En effet, une coagulation réalisée à un pH non optimal peut



entraîner une augmentation significative du temps de coagulation. En général, le temps de coagulation est compris entre 15 secondes et 3 minutes. Le pH a également une influence sur l'élimination des matières organiques.

### **B) L'influence De La Dose De Coagulant :**

La dose de réactif est un paramètre à prendre en compte. Le coagulant qui est habituellement fortement acide a tendance à abaisser le pH de l'eau. Pour se placer au pH optimal, il est possible d'ajouter un acide ou une base. Une dose de coagulant excessive entraîne une restalinisation des particules et augmentation du coût d'exploitation, tandis qu'un dosage insuffisant conduit à une qualité de l'eau traitée insuffisante. La quantité de réactifs ne peut se déterminer facilement.

Pratiquement, la dose optimale de coagulant peut être déterminée soit par l'emploi de la mesure du potentiel zêta (nécessite un matériel très coûteux), soit par un test au laboratoire, connu sous le nom de "Jar-Test"

### **C) L'influence De La Température:**

La température joue un rôle important. En effet, une température basse, entraînant une augmentation de la viscosité de l'eau, crée une série de difficultés dans le déroulement du processus : la coagulation et la décantation du floc sont ralenties et la plage du pH optimal diminue. Pour éviter ces difficultés, une solution consiste à changer de coagulant en fonction des saisons.

### **D) L'influence De La Turbidité:**

La turbidité est, elle aussi, un paramètre influant sur le bon fonctionnement du procédé de coagulation. Dans une certaine plage de turbidité, l'augmentation de la concentration en particules doit être suivie d'une augmentation de la dose de coagulant.

Quand la turbidité de l'eau est trop faible, on peut augmenter la concentration en particules par addition d'argiles. Dans le cas de fortes pluies, l'augmentation des MES favorise une meilleure décantation. Enfin, pour grossir et alourdir le floc, on ajoute un adjuvant de floculation [33, 34].

### **E) L'influence Des Conditions De Mélange :**

Les deux étapes de formation du floc consistent en une phase d'agitation rapide suivie d'une phase d'agitation lente permettant la maturation du floc.

Néanmoins, il faut éviter que l'agitation soit trop intense car elle empêche l'agrégation, ni trop prolongée car elle entraîne la rentabilisation des colloïdes [35].

La notion de gradient hydraulique a été émise pour la première fois en 1943 par : CAMP et STEIN [36] :  $G = (P/\mu V)^{1/2}$

G : gradient hydraulique ( $s^{-1}$ ).

$\mu$  : viscosité dynamique du liquide ( $kg\ m^{-1}\cdot s^{-1}$ ).

V : volume du liquide ( $m^3$ ).

P : puissance dissipée dans le liquide (W).

Dans le cas où l'agitation est mécanique, la puissance est exprimée par la relation :  $P = 1/2 C_t A \rho v_r^3$

$C_t$  : coefficient de traînée (il est égal à 1.8 pour des pales plates)

A : surface de la pale ( $m^2$ ).

$\rho$  : masse volumique du liquide ( $kg/m^3$ ).

$v_r$  : vitesse relative de la pale par rapport à la vitesse du liquide qui l'entoure.

Soit  $= 0.75 \times$  vitesse périphérique de la pale ( $v_p$ ) ;  $v_p = 2\pi d N/60$

où "d" représente la distance de l'extrémité de la pale à l'axe de rotation.

Les valeurs généralement admises pour G sont :

- En coagulation: jusqu'à 100 voire 500  $s^{-1}$
- En floculation de l'ordre de 20 à 60  $s^{-1}$

L'expérience démontre que produit adimensionnel  $Gt$  (s) (t s est le temps de séjour de l'eau dans le flocculateur) doit se situer entre  $10^4$  et  $10^5$  pour une floculation bien réalisée (agitation lente).

### **F) L'influence Des Ions Métalliques:**

Dans les eaux naturelles, la présence des ions métalliques bivalentes particulier  $Ca^{++}$ , conduit à la réduction de la stabilité des substances humiques A un PH donné, grâce à la présence du calcium, la dose d'aluminium à mettre en œuvre devient moins importante en permettant une clarification satisfaisante pour les eaux qui contiennent les substances humiques à concentration importante .

### **II-4 Mécanismes De La Coagulation Flocculation:**

On peut considérer qu'il existe quatre grands mécanismes qui agissent individuellement ou ensemble dans la coagulation flocculation [37, 38, 39].

-- Réduction de l'épaisseur de la couche ionique : transportée par les particules, par augmentation de la force ionique de la Solution.

-- Neutralisation des charges ioniques : par ajout d'un réactif chimique contenant des contre ions du colloïde.

- Pontage entre les particules : par utilisation des polymères de haut poids moléculaire.
- Piégeage des particules : par formation de polymères d'hydroxydes minéraux volumineux.

#### **II-4-1 Types De Coagulants/Floculant Utilises :**

Dans la séparation liquide/solide par coagulation-floculation le choix des coagulants et/ ou floculants est très large et son influence est grande sur les procédés envisagés pour effectuer la séparation (sédimentation, flottation, filtration) et pour limiter la quantité des boues produites.

Des coagulants floculants minéraux et organiques sont disponibles .La connaissance de leur chimie, leur structure et des mécanismes d'interaction avec les minéraux sont nécessaires afin d'optimiser les procédés [40].

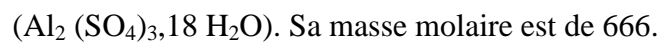
#### **II-4-2 Les Coagulants:**

Les principaux types de coagulant utilisés sont a base de sels d'aluminium ou de fer [34].

##### **A) Les Sels D'aluminium :**

Le sulfate d'aluminium est disponible en poudre ou hydraté e, ou e solution commerciale diluée au demi.

- Les doses sont toujours exprimées en poids de poudre dont la formule chimique est :



- Le dosage et consommation de ce coagulant s'expriment communément en fonction de cette formule. Lors de l'addition de sels d'aluminium, ce cation réagit avec la molécule d'eau selon les réactions d'hydrolyse
- Le W.A.C est un polychlorure d'aluminium dont la formule générale est :



- Les PCBA sont des Polychlorures basiques d'aluminium dont la formule est :



Ils sont sous forme très instable.

##### **B) Les Sels De Fer :**

Les sels de fer sont généralement plus coûteux que le sulfate d'aluminium, ce qui explique leur emploi plus restreint. Par ailleurs, ils se révèlent plus efficaces comme coagulants quant à l'abattement des substances humiques [41]. On peut citer le chlorure ferrique ( $FeCl_3, 6H_2O$ ) peut induire une coloration de l'eau traitée, le chlorosulfate ferrique (liquide) est de formule :  $FeSO_4Cl$  et le sulfate ferreux est peu utilisé et de formule :  $Fe_2 (SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ .

### **II-4-3 Les Adjuvants De Flocculation :**

Pour une meilleure efficacité du procédé de coagulation-flocculation, on utilise parfois des adjuvants de flocculation qui sont des colloïdes de même charge que les particules à flocculer, ajoutés pour en augmenter la concentration et de là le nombre de chocs entre les particules. Les plus utilisés sont la silice activée, les polyélectriques, le charbon actif, la bentonite...

- **La Bentonite:**

L'argile est un excellent adsorbant, dont les propriétés de rétention sont bien connues en agriculture. Elle fixe à la surface de ses microcristaux.

Les roches argileuses sont formées de mélange de minéraux argileux auxquels viennent s'ajouter des minéraux tels que les feldspaths, du quartz, du mica,... Du point de vue chimique, les argiles sont des silicates d'aluminium contenant entre autres des cations alcalins, alcalino-terreux et du fer.

Ces argiles, et en particulier les bentonites, sont utilisées actuellement pour la décoloration des huiles végétales et animales ainsi que pour la clarification des vins par élimination des protéines.

Dans le domaine des eaux potables, la bentonite est utilisée essentiellement comme adjuvant de flocculation dans le but de recharger artificiellement une eau contenant trop peu de matières en suspension, ceci afin d'obtenir une meilleure décantation.

Dans la plupart des études sur la flocculation des argiles, il s'agit en fait de considérer les suspensions d'argile (kaolinite, bentonite,...) comme une représentation synthétique des particules colloïdales présentes dans les eaux de rivière, ceci afin de mieux comprendre les mécanismes mis en jeu autour de la coagulation.

En Algérie, les gisements de bentonite les plus importants économiquement se trouvent dans l'Oran (ouest algérien). On relève en particulier la carrière de Maghnia (Hammam Boughrara) dont les réserves sont estimées à un million de tonnes et de celle de Mostaganem avec des réserves de deux millions de tonnes.

En parallèle, des études (Cous in, 1980 ; Mohellebi, 1983 ; Abdelouahab 1987) ont mis en évidence l'affinité de la bentonite vis-à-vis de polluants métalliques grâce à sa grande capacité d'échange d'ions. En phase liquide, la bentonite peut présenter une grande sélectivité d'adsorption de certains composés organiques [42]. Tout ceci laisse envisager d'utiliser cette argile dans l'affinage des eaux de consommation.

- **Le charbon actif:**

Dans le traitement des eaux, il est produit surtout à partir de charbon minéral, du coke et du lignite. C'est une substance carbonée amorphe, activée de façon à posséder un très haut degré de porosité [25]. Grâce à son importante surface développée, le charbon actif peut enlever de l'eau la plupart des matières organiques solubles. Il est beaucoup moins efficace vis-à-vis des polluants minéraux. Lorsqu'il est utilisé en poudre, il est injecté directement dans la floculo-décanteur et sa mise en œuvre ne nécessite qu'un investissement assez faible puisqu'elle ne bouleverse pas la conception des installations déjà existantes. Lorsque le charbon est en granulés, l'adsorption est réalisée sur des filtres, en traitement tertiaire, pour piéger une pollution spécifique ayant traversé les traitements antérieurs. La combinaison du charbon actif avec l'ozone s'avère actuellement le meilleur procédé en nature d'affinage.

L'usage du charbon actif en poudre demeure une technique très répandue du traitement de l'eau potable. L'utilisation du CAP améliore le goût et l'odeur de l'eau. C'est aussi un adjuvant de floculation pour la phase finale de la coagulation.

Les particules de charbon qui sont dispersées dans l'eau peuvent être considérées comme plus grosses que la matière en suspension ordinaire. Le charbon peut être injecté soit juste avant la filtration, soit durant la floculation.

Cette deuxième possibilité permet au charbon de contribuer à la coagulation par pontage.

Le choix du coagulant : Il est effectué après une étude de l'eau en laboratoire, ou à l'aide de la technique des essais de jar-test.

On utilise pour le mélange des réactifs la seule turbulence créée par un déversoir mais il est souhaitable de disposer d'un système permettant ce mélange rapide, système appelé mélangeur rapide ou coagulateur [25].

On distingue plusieurs types de mélangeurs :

- Mélangeurs statiques Il s'agit de dispositif mis en place à l'intérieur d'une tuyauterie (système hélicoïdal, diaphragme, cône ...) qui crée une turbulence suffisante pour permettre la diffusion instantanée du coagulant très efficaces au débit nominal.
- Mélangeurs rapides, Agitateurs rapides de type à hélice ou à pales (turbine) mis en place dans une chambre spéciale.

## **II-5 Conclusion:**

Dans les filières classiques de traitement d'eaux potable, la coagulation - floculation peut réduire d'une façon notable ces substances organiques malgré leur état dissous. L'efficacité de cette étape de traitement est rattachée au pH, au type et à la dose du coagulant ainsi qu'à la nature des particules et des matrices minérales et organiques.

# CHAPITRE III

## PROTOCOLES ET MÉTHODES D'ANALYSE

### **III-1 Présentation De L'étude :**

Les analyses ont été effectuées dans les laboratoires d'université de GHARDAIA.

Le principal objectif de ce travail est l'étude de l'incidence des paramètres réactionnelle sur l'oxydation de la substance humique par le permanganate de potassium par flocculation.

- Premièrement nous avons extrait les Acides Humiques de sol (Figure III-1)
- La deuxième partie de ce travail est de déterminer la dose optimale du coagulant et observer l'incidence du pH sur le rendement d'élimination des acides humiques.

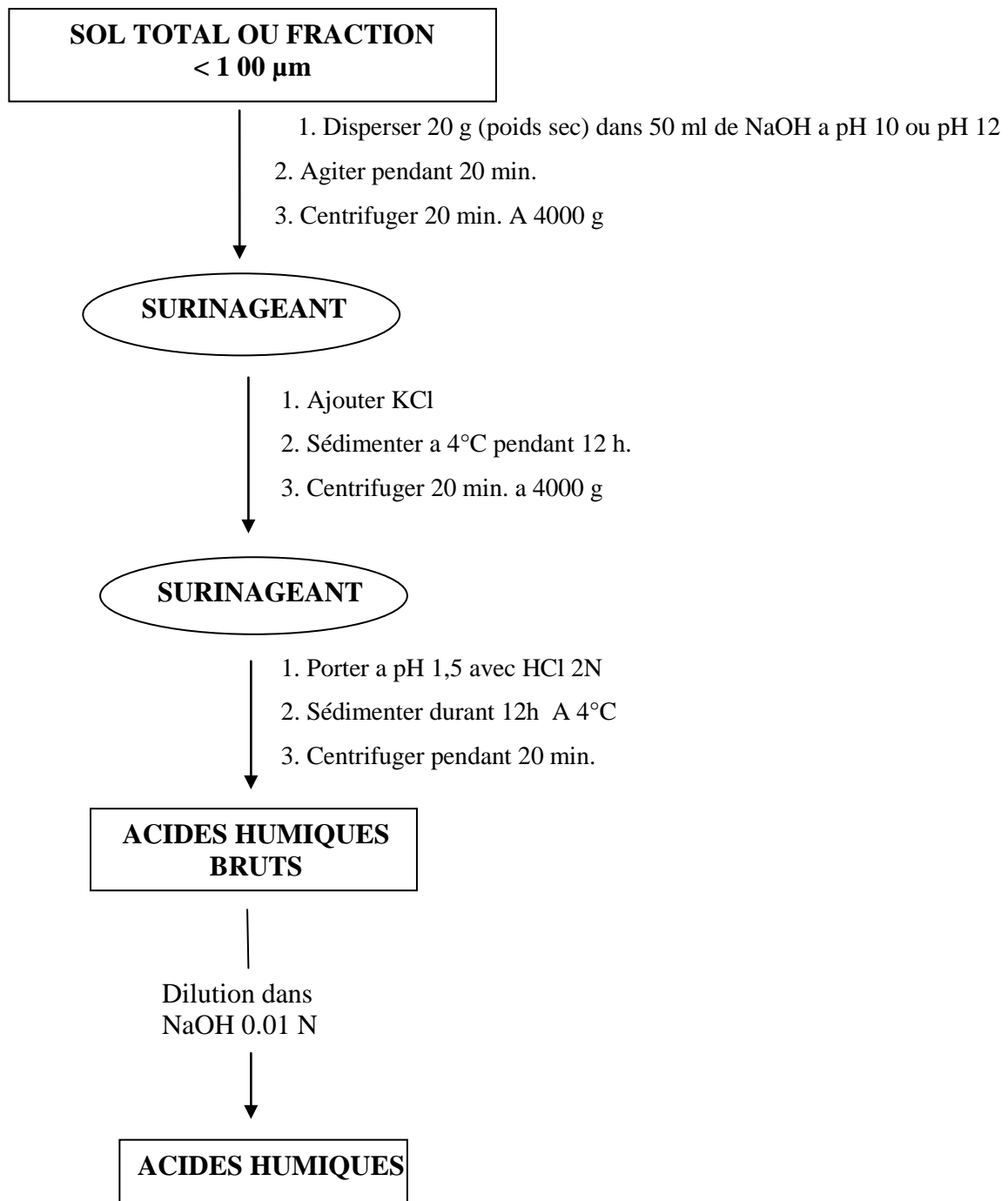
### **III-2 Fractionnement Des Composés Humiques :**

Les solutions des substances humiques utilisées pour les besoins de notre étude préparée au niveau de notre laboratoire par extraction (100 g de sol sont broyés, tamisés puis soumis au protocole d'extraction (Figure III-1).

Le protocole comporte au départ une alternative opératoire entre une extraction à pH 12 (NaOH 0,1N) ou pH 10 (NaOH 0,02 N, le pH étant maintenu par addition de NaOH dilué)

La purification des acides humiques comporte essentiellement les étapes suivantes :

Flocculation des "colloïdes organo-minéraux" (COM) dans les extraits totaux alcalins par action du KCl, à des concentrations variant de 0 à 10 %.



**Figure III-1 :** Protocole d'extraction, fractionnement et purification des composés humiques

A chaque étape, les matériaux sont centrifugés à 4000 g à l'aide d'une centrifugeuse.

**REMARQUE :**

Malheureusement on n'a pas pu identifier notre solution d'acide humique a cause de manque de moyen.



**III-3 Matériel Et Méthodes :****III-3-1 Description Du Procédure Expérimental:**

La détermination de la dose optimale de coagulant a été effectuée sur « jar-test » à pH =4.2 Dans la littérature le pH optimal se situe entre 5.4 et 6,8.

Le « jar-test » est une méthode traditionnelle considérée comme étant un moyen d'étude et de contrôle, qui permet d'évaluer l'influence des paramètres opératoires sur le processus de coagulation –floculation.

Le matériel d'essai est constitué par un flocculateur à 6 postes avec agitateur et une vitesse de rotation individuelle variant ente 0 et 200 tr/mn (Figure III-2).

Cet appareil permet d'agiter simultanément le liquide contenu dans une série de bêcher rempli chacun de 150 ml d'eau.

Les conditions optimales de coagulation – floculation –décantation ont été déterminées dans une étude antérieure.

Ces conditions sont :

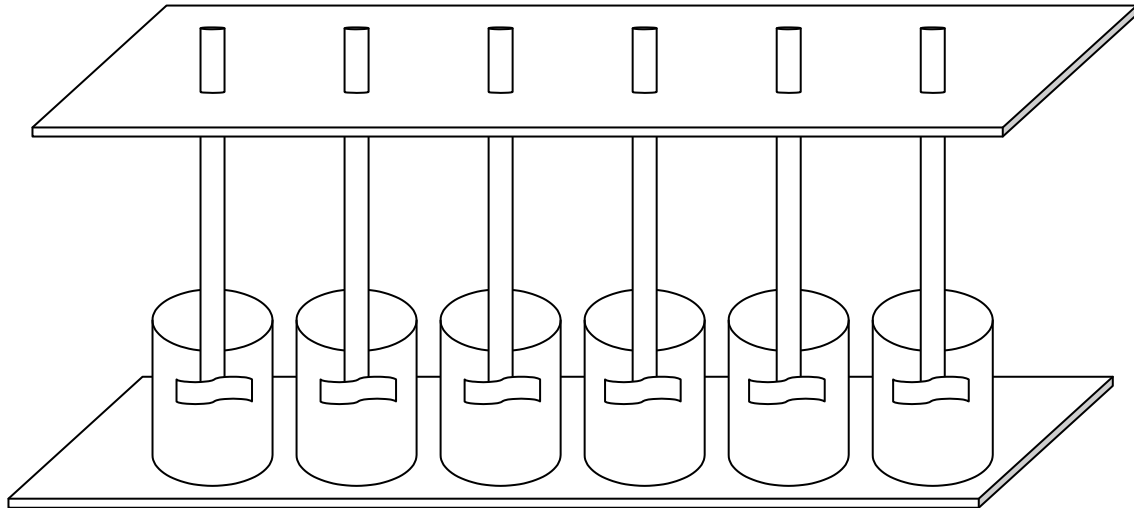
- 2 minutes d'agitation rapide avec une vitesse égale à 200 tr/mn.
- 30 minutes d'agitation lente avec une vitesse égale à 60 tr/mn.
- 3 heures de décantation.

Après décantation, les échantillons clarifiés prélevés permettent de calculer l'élimination de l'acide humique par la formule suivante :

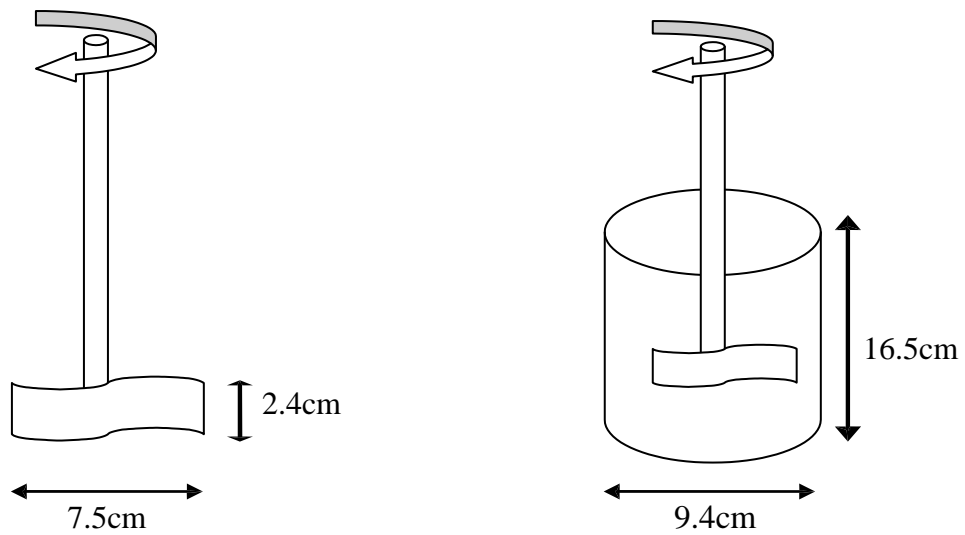
$$R (\%) = \left(1 - \frac{C_F}{C_I}\right) \times 100$$

Telle que :

- $C_I$  : concentration initiale de l'acide humique.
- $C_F$  : concentration finale de l'acide humique.



**Figure III-2:** Dispositif expérimental « Jar – test »



**Figure III-3 :** Dimensions du Jar - test



**Figure III-4 :** Le Jar – test utilisées

### **III-3-2 Spectrophotométrie :**

Les mesures de l'absorbance UV Visible ont été effectuées comme suit :

Le spectre d'adsorption des acides humiques est déterminé par balayage des longueurs d'onde de 350 à 400 nm. En utilisant un spectrophotomètre du type « JENWAY 6315 UV/VIS ».

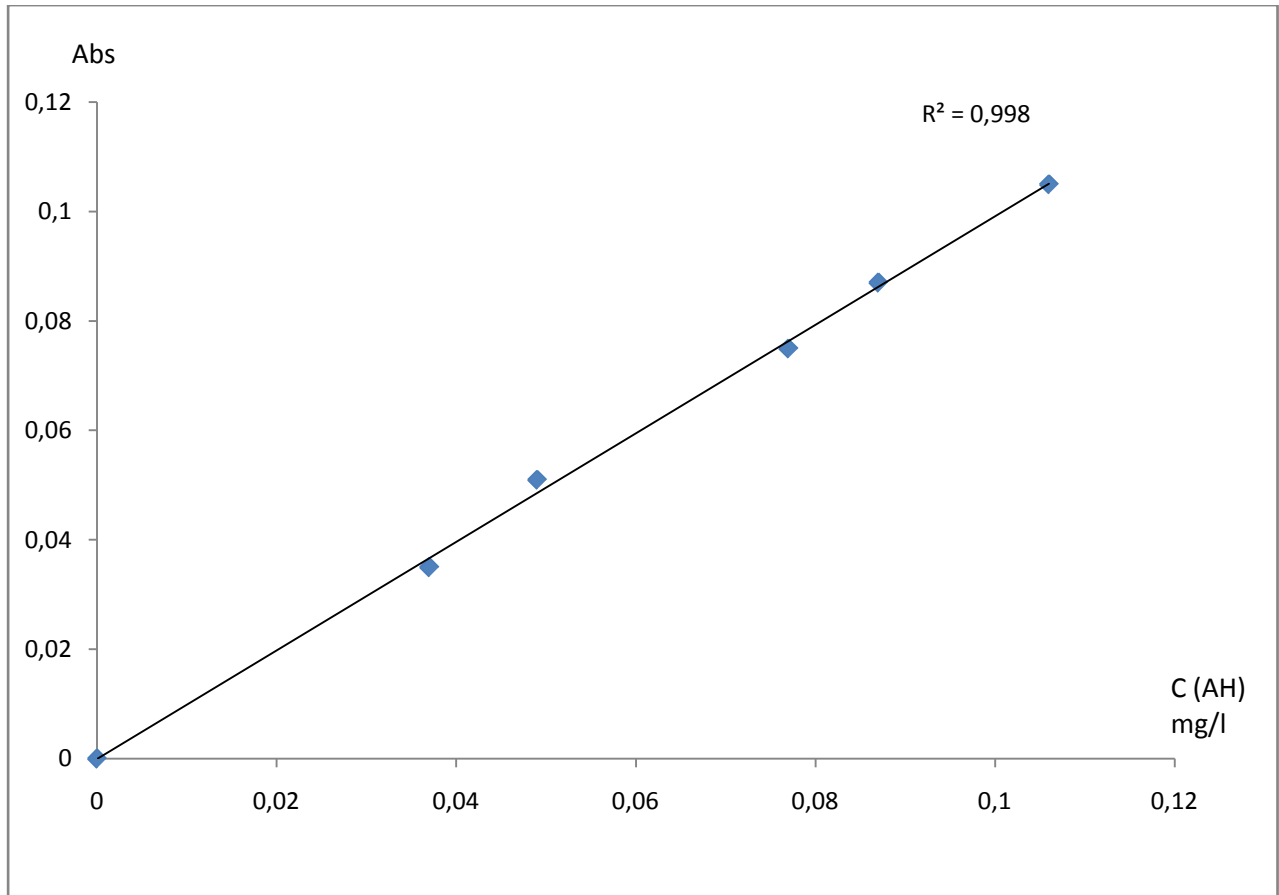
Pour éviter les interférences, nous avons utilisé des cuves en quartz. La longueur d'onde optimale est  $\lambda = 254$  nm. La concentration des acides humiques est déterminée par une courbe d'étalonnage préalablement établie (tableau III-1 et la figure III-6).



**Figure III-5 :** Le Spectrophotomètre JENWAY 6315

**Tableau III-1** : Courbe d'étalonnage des acides humiques.

Abs	0	0.106	0.087	0.077	0.049	0.037
AH (mg/l)	0	0.105	0.087	0.075	0.051	0.035



**Figure III-6** : Courbe d'étalonnage des acides humiques.

### **III-4 Conclusion :**

Ce chapitre a pour visée de présenter les protocoles et les méthodes expérimentales, les étapes suivies au cours de l'étude au laboratoire.

Nous avons d'abord décrit le fractionnement des acides humiques nécessaires à nos essais, ensuite les techniques, analytiques permettant de juger l'efficacité de la coagulation -floculation.

# CHAPITRE IV

## RESULTATS & INTERPRETATION

### **IV-1 Introduction :**

L'efficacité du procédé de coagulation – floculation dépend de nombreux paramètres réactionnels qui conditionnent les mécanismes mis en jeu.

Le but de ce chapitre est d'observer l'influence de quelques paramètres réactionnels sur l'élimination des acides humiques par coagulation- floculation au sulfate d'aluminium de potassium.

Nous observons successivement l'incidence de :

- La dose du coagulant.

Le coagulant utilisé pour nos essais de coagulation –floculation est le sulfate d'aluminium  $Al_2(SO_4)_3,18 H_2O$ . On prépare une solution mère de 10 g/l quotidiennement.

- Du pH.
- La dose du  $KMnO_4$ .

La solution mère de permanganate de potassium a été préparée à partir de l'eau distillée enrichie par 10 g/l de  $KMnO_4$ .

### **IV-2 Résultats Et Discussions:**

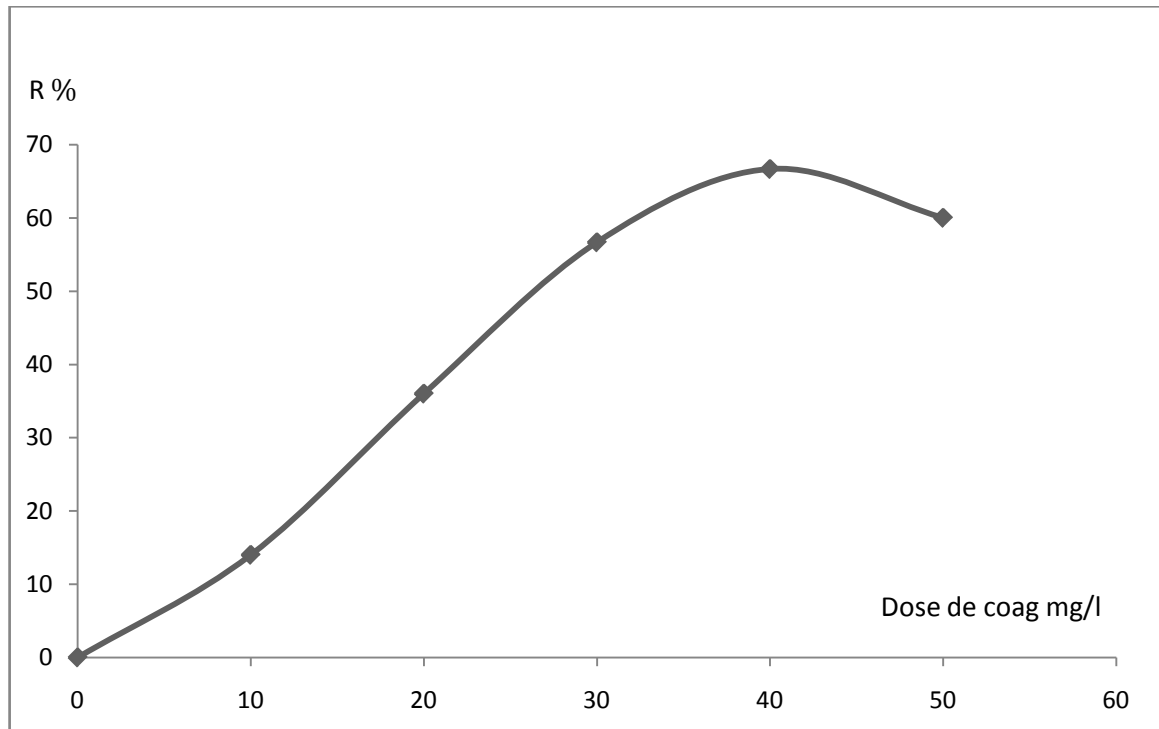
#### **IV-2-1 L'influence De La Dose Du Coagulant :**

Au cours de cette étape, nous avons étudié l'influence de la dose du coagulant sur le rendement d'élimination des acides humiques. Pour cela nous avons traité notre solution des acides humiques 5 mg/l, par des doses croissantes d' $Al_2(SO_4)_3,18 H_2O$  à pH =6.

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau IV-1

**Tableau IV-1** : l'influence de la dose du coagulant.

Dose de coag mg/l	0	10	20	30	40	50
R %	0	14	36	56.66	66.66	60



**Figure IV-1:** Rendement d'élimination des acides humiques en fonction de la dose du coagulant.

D'après ces résultats, nous pouvons constater que le rendement d'élimination des acides humiques s'améliore avec l'augmentation de la dose du coagulant jusqu'à une valeur de 66.66 %. On remarque que le rendement optimal est obtenu pour une dose de coagulant égale à 40 mg/l. C'est donc cette dose du coagulant qui a été retenue pour l'étude de l'influence d'autres paramètres.

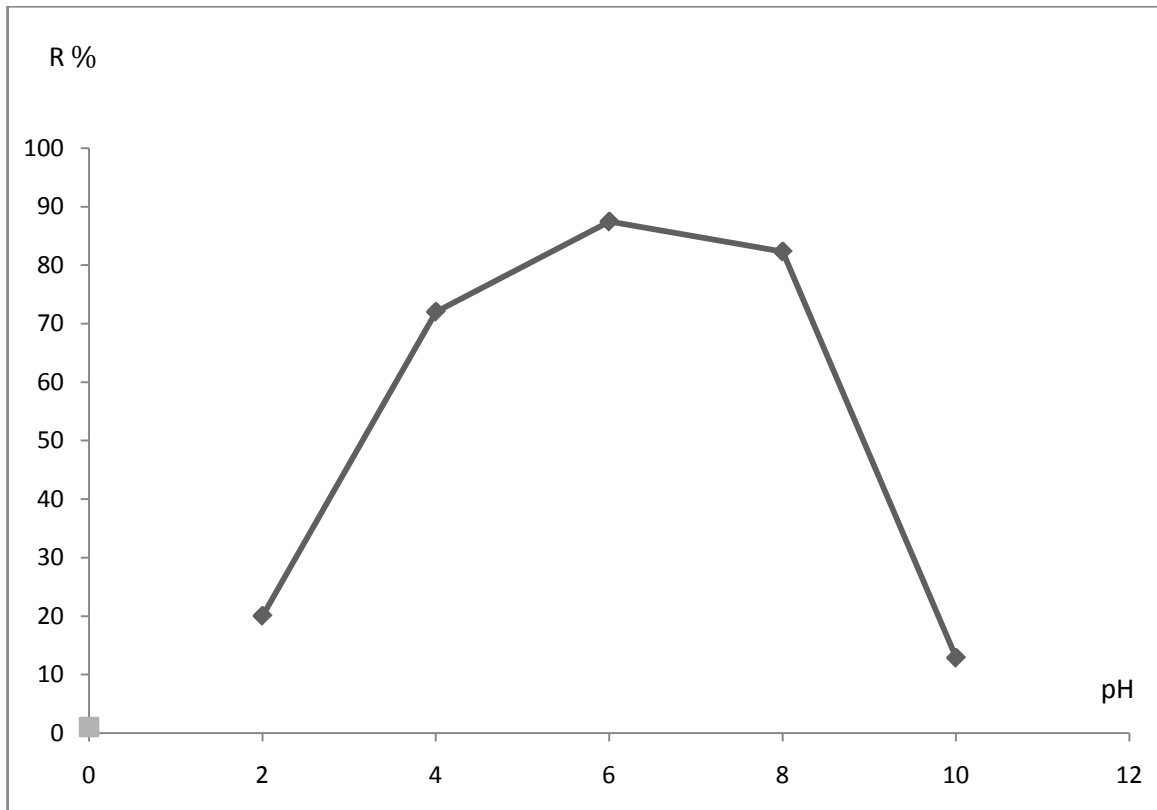
#### **IV-2-2 L'influence Du pH.**

Comme le pH est un paramètre déterminant lors de la coagulation – floculation, on a tenté d'observer l'effet de ce paramètre sur l'élimination des acides humiques.

Les résultats obtenus sont représentés par le tableau IV-2

**Tableau IV-1:** l'influence du pH

pH	0	2	4	6	8	10
R %	0	20	72	87.43	82.3	12.82



**Figure IV-2** : Rendement d'élimination des acides humiques en fonction du pH

D'après ces résultats, on constate clairement que les rendements d'élimination des acides humiques sont meilleurs à un pH acide et notamment pour des pH compris entre 4.5 et 6.8. Toutefois, pour les pH supérieures à 6, il ya une baisse du rendement d'élimination des acides humiques.

**IV-2-3- L'influence De La Dose Du  $Kmno_4$  :**

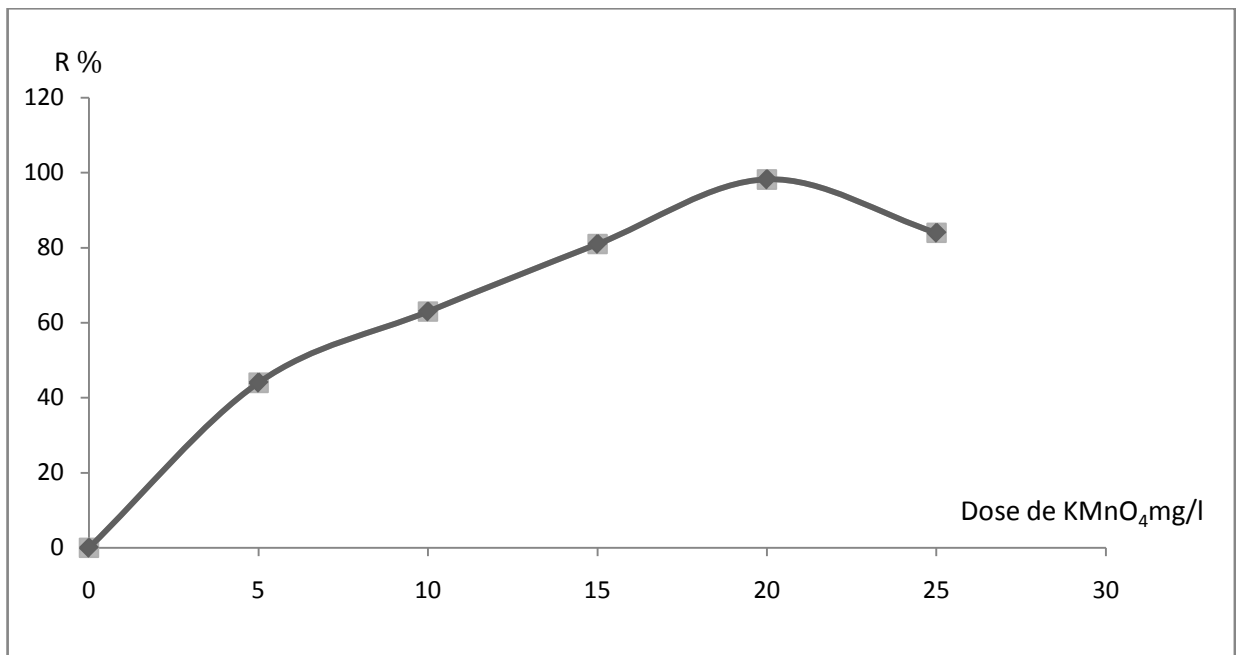
Au cours de cette étape, nous avons étudié l'influence de la dose de permanganate de potassium sur le rendement d'élimination des acides humiques. Pour cela nous avons traité notre solution synthétique des acides humiques 5mg/l, par des doses croissantes de permanganate de potassium à pH =6.

Les résultats obtenus sont regroupées dans le tableau IV-1

**Tableau IV-1** : l'influence de la dose du  $KMnO_4$ .

Dose de $KMnO_4$ (mg/l)	0	5	10	15	20	25
R %	0	44	63	81	98.2	84





**Figure IV-3** Rendement d'élimination des acides humiques en fonction de  $\text{KMnO}_4$

D'après ces résultats, nous pouvons constater que le rendement d'élimination des acides humiques s'améliore avec l'augmentation de la dose de permanganate de potassium comme un agent oxydant jusqu'à une valeur de 98.2 %. On remarque que le rendement optimal est obtenu pour une dose de permanganate de potassium égale à 20 mg/l.

Il est donc essentiel l'utilisation du  $\text{KMnO}_4$  en préoxydation pour diminuer la concentration d'une eau encore chargée en matières organiques. En parallèle, une réduction des teneurs en organohalogénés formés pourrait être observée; ce qui diminuerait les risques de toxicité pour la santé du consommateur.

### **IV-3 Conclusion :**

Les conclusions qui peuvent être émises d'après les résultats et les discussions présentées dans ce chapitre sont les suivantes :

- Le procédé de la coagulation floculation est très efficace dans l'élimination des acides humiques qui sont caractérisés par des masses moléculaires élevées et en partie sous forme colloïdale.
- L'influence du pH joue un rôle très important dans l'élimination des acides humiques.

# CONCLUSION GENERALE

### **Conclusion Générale :**

La coagulation-floculation est une étape de clarification très importante qui permet d'éliminer les matières colloïdales présentes sous forme minérale ou organique, et qui sont caractérisées par leur grande stabilité et leur faible taille.

Le processus de coagulation-floculation, malgré son apparente simplicité, fait intervenir divers mécanismes souvent complexes et suivant les conditions du pH.

Ce paramètre influe en effet largement sur la forme chimique du coagulant utilisé et on peut obtenir, en plus des ions métalliques simples des produits d'hydrolyse hautement chargés et de masse moléculaire très élevée.

En fin notre étude a données :

- Le pH optimal est de 6 se que confirme aux donnés bibliographique  $4.5 < \text{pH} < 6.5$ .
- Pour une concentration en permanganate de potassium de 20 mg/l et à  $\text{pH} = 6$ , le rendement d'élimination des acides humique est voisine le 98.2 %.

### **Recommandation :**

Cependant, il s'avère nécessaire de s'intéresser également aux étapes de traitement en amont de la coagulation- floculation car celles-ci peuvent conditionner l'efficacité de la clarification et donc l'optimisation du traitement d'une eau de surface.

# REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

[1] : **SCHNITZER M. (1978).**

Some observations on the chemistry of humic substances.

[2] : **KONONOVA M.M.**

Soil Organic Matter, 2nd ed. Pergamon Press.

[3] : **E. M. THURAMAN**

Development in biogeochemistry : Organic geochemistry of natural Waters.

[4] : **J. BUFFLE & P. DELADOEY**

Analysis and characterization of natural organic matters in freshwaters (II)

[5] : **C. RAV. ACHA & M. REBHUN**

Binding of organic solutes to dissolved humic substances and its effects

[6]: **BENEDIT MARTIN**

La matière organique naturelle dissoute des eaux de surface : fractionnement, caractérisation et réactivité

[7] : **S. AMIN & G. G. JAYSON**

Humic substance uptake by hydrotalcites and PILCS

[8] : **KIM et al**

Characteristics of humic substances and their removal behavior in water treatment.

[9] : **MALCOLM. R. L**

The uniqueness of humic substances in each soil, stream and marine environments

[10] : **S. ODEN.**

The humic aside, studies in their chemistry, physics, and soil science

[11] : **PHILIPPE. DUCHAUTONS et BERNARD SONCHIER.**

Pédogenèse et clomfication par Philippe duehoufour.

[12] : **G. JESSING**

physical and chemical characteristics of humus.

[13] : **SCHNITZER M. and KHAN S.U. (1972)**

Humic substances in the environment. M.Dekker

[14] : **EYHERAGUIBEL B. (2004)**

Caractérisation des substances humiques biomimétiques : effets sur les végétaux. Thèse 3ème cycle.

[15] : **BUFFLE J.F. (1988)**

Complexation reactions in aquatic systems: An analytical approach.

[16] : **OADES J.M. (1989)**

An introduction to organic matter in mineral soils.

[17] : **ANDREUX F et MUNIER-LAMY C (1994)**

Genèse et propriétés des molécules humiques.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

**[18] : BAILLY J.R. (1985)**

Sur la structure des substances humiques et le rôle des microorganismes dans leur formation. Thèse de Doctorat. Université Paul Sabatier

**[19] : SWIFT R.S. (1989)**

Molecular weight, shape, and size of humic substances by ultracentrifugation. In Humic Substances II.

**[20] : AMIR S. (2005)**

Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage

**[21] : SENESI N., RIZZI F.R., DELLINO P. and ACQUAFREDDA P. (1997)**

Fractal humic acids in aqueous suspensions at various concentrations, ionic strengths and pH values.

**[22] : BUSNOT A., BUSNOT F., LE QUERLER J.F., YAZBECK J. (1994)**

Caractérisation de matériel humique, d'origine terrestre de la région Bas-Normande.

**[23] : STEVENSON F.J. (1982)**

Geochemistry of Soil Humic Substances. In Humic Substances in soil, Sediment and Water.

**[24]:RAHNI M.**

Coagulation-floculation de quelques composés organiques par le fer ferreux en milieux aqueux : Etude de mécanisme et comparaison avec adsorption,

**[25] : R. M. Barrer.**

Zeolites and clay minerals as sorbents and molecular sieves. Academic Press, 1978.

**[26] : VIGOURET J.**

Le potentiel Zêta et son application dans le domaine de l'eau potable,

**[27] : DEGREMONT.**

Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1.

**[28]TARDAT-HENRY M, BEAURY J.P.**

Chimie des eaux, Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada, 1984.-

**[29] : BEAUDRY Jean-Paul.**

Traitement des eaux, Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada, 1984

**[30]: ACHOUR S.**

Optimisation des étapes de clarification au cours du traitement des eaux de surface algériennes, Tribune de l'eau,

**[31] : TARDAT-HENRY M, BEAURY J.P.**

Chimie des eaux, Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada, 1984.

**[32] :D.M. Ruthven.**

Principles of adsorption and adsorption processes. John Wiley and Sons. 1984

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

**[33]: BAZER-BACHI A.**

Modélisation mathématique du taux de coagulant dans une station de traitement d'eau, Revue des sciences de l'eau,

**[34] : LIND C.**

Coagulation Control and Optimization: Part 1, Public Works, Oct. 1994.

**[35] : CIDF Centre International De Formation**

Principes généraux de traitement des eaux

**[36] : CORNET J.L.**

Détermination des gradients hydrauliques dans les différentes phases du traitement des eaux

**[37]: GUESBAYA N.**

Élimination des matières organiques par le procédé de coagulation-floculation.

**[38] : EDELINE M.F.**

Épuration physico-chimique d'eaux, 2<sup>ème</sup> édition,

**[39] : DESJARDINS R.**

Le traitement des eaux, 2<sup>ème</sup> édition, Ed. De l'école polytechnique de Montréal, 1997

**[40] : BOTTERO J.Y, LARTIGES B.**

Séparation liquide-solide par coagulation-floculation

**[41] : LEFEBVRE E.**

Coagulation des substances humiques aquatiques par le fer ferrique en milieu aqueux. Effet de la peroxydation, Thèse de Doctorat, université de Poitiers, 1990

**[42] : MEIER.M, NAMJESNIK.K, MAURICE P et AIKEN, G.R, 1999**

Fractionation of aquatic natural organic matter upon sorption to goethite and kaolinite. Chemical geology.

**الملخص:**

المواد الدبالية هي نتيجة تحلل المواد العضوية. قد تكون المواد الدبالية موجودة في مياه الآبار التي ترتبط هيدروليكيًا بسطح الماء. قد تكون هذه المواد وهذه العناصر موجودة أيضًا في أنواع معينة من رقائق الصخور خاصة تلك التي تحتوي على الفحم. يمكن في بعض الأحيان الكشف عن وجودها بالقياسات المتعلقة باللون والكربون العضوي المذاب. يوجد عدة أنواع من العلاج يمكن أن تقلل من تركيز المواد الدبالية في مياه الشرب. تم إنجاز هذا العمل لرصد القضاء على المواد الدبالية بعملية التلبد والتخثر ودراسة تأثير علاج الأكسدة باستخدام برمنجنات البوتاسيوم. تظهر النتائج التجريبية أن العلاج بواسطة أكسدة برمنجنات البوتاسيوم فعالة. **الكلمات المفتاحية:** حمض الدبالي، التخثر، التلبد، استخراج، الأكسدة.

**Résumé :**

Les substances humiques sont le résultat de la décomposition des matières organiques. Elles peuvent être présentes dans l'eau de puits qui est reliée de façon hydraulique à l'eau de surface. Ces substances et ces éléments peuvent également être présents dans certains types de substrats rocheux, notamment dans ceux qui contiennent du charbon. Leur présence peut parfois être détectée à partir des mesures liées aux couleurs et au carbone organique dissous.

Plusieurs types de traitement peuvent permettre de réduire la concentration de substances humiques, dans l'eau potable.

Le présent travail a pour but d'observer l'incidence de traitement oxydatifs utilisant le permanganate de potassium, sur l'élimination par coagulation-floculation des substances humiques. Les résultats expérimentaux montrent que le traitement d'oxydation par le permanganate de potassium est efficace.

**Les mots clés :** Acide humique, coagulation-floculation, Extraction, oxydation

**Abstract:**

Humic substances are the result of the decomposition of organic matter. Maybe present in the water which is connected hydraulically of the water surface. These substances also may be present in certain types of rock substrates, particularly those containing coal. Their presence can sometimes be detected from measurements related to color and dissolved organic carbon.

Several types of treatment can reduce the concentration of humic substances in drinking water.

This work is designed to monitor the effect of oxidative treatment using potassium permanganate, elimination by coagulation-flocculation of the humic substances. Experimental results show that the oxidation treatment by potassium permanganate is effective.

**Keywords:** Himic acid, Coagulation-floculation, Extraction, Oxidation.