

# MECANISMES D'ELIMINATION D'ACIDES ORGANIQUES AROMATIQUES PAR LE SULFATE D'ALUMINIUM ET EFFET DE LA MINERALISATION

## *Removal mechanisms of acid aromatic organics by aluminium sulphate and mineralization effect*

REZEG ASSIA<sup>1</sup>, ACHOUR SAMIA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Attachée de recherche au C.R.S.T.R.A, B.P. 1682 Biskra 07000, Algérie.

<sup>2</sup> Laboratoire de recherche en hydraulique souterraine et de surface - LARHYSS -  
Faculté des sciences et des sciences de l'ingénieur- Université de Biskra - B.P. 145 R.P, 07000, Algérie

### ABSTRACT

The aim of this work was to study removal of aromatic organic molecules in distilled water by aluminium sulphate. Coagulation-flocculation of these compounds highlighted the complexity of the involved mechanisms and their close dependence on nature and number of acid groups substituting the aromatic ring. The position of substituents one over the other appeared to contribute evenly to explain the differences in the disposal yields observed. The adsorption could be the predominant mechanism during the coagulation-flocculation of gallic acid and pyrogallol. In addition, removal of pyromellitic acid at pH = 5.5, can be explained by the existence of chemical interactions between the pyromellitic acid and the cationic soluble species of aluminum. When these organic compounds were dissolved in mineralized groundwater, the results showed that the water mineralization could be have promoter or inhibitor impact according to the structure of the organic compounds tested. Thus, compounds with hydroxyl function (pyrogallol and gallic acid) beheld their disposal yields increase from the water Ifri (Conductivity = 0.64ms/cm; TH = 48 °F) to the water of Biskra the most mineralized (Conductivity = 4.75ms/cm; TH = 208 °F). The increased mineralization appeared also inhibit the elimination of salicylic acid and especially that of acid pyromellitic.

**KEY-WORDS:** Coagulation-flocculation, aromatic acids, mineralized water, mechanisms.

### RESUME

L'élimination de molécules organiques aromatiques en eau distillée par coagulation-floculation au sulfate d'aluminium a mis en évidence la complexité des mécanismes mis en jeu et leur étroite dépendance de la nature et du nombre de groupements acides substituant le cycle aromatique. La position des substituants l'un par rapport à l'autre a semblé contribuer également à expliquer les différences de rendements d'élimination observés. L'adsorption pourrait être le mécanisme prédominant au cours de la coagulation-floculation de l'acide gallique et du pyrogallol. Par ailleurs, l'élimination de l'acide pyroméllitique à pH=5,5, peut s'expliquer par l'existence d'interactions chimiques entre l'acide pyroméllitique et les espèces solubles cationiques de l'aluminium. Lorsque ces composés organiques ont été dissous dans des eaux souterraines naturellement minéralisées, les résultats ont montré que la minéralisation de l'eau pouvait avoir un effet promoteur ou inhibiteur selon la structure du composé organique testé. Ainsi, les composés fortement hydroxylés (phloroglucinol, pyrogallol et l'acide gallique) ont vu leurs rendements d'élimination augmenter en passant de l'eau Ifri (Conductivité=0.64ms/cm ; TH=48°F) à l'eau de Biskra la plus minéralisée (Conductivité =4,75ms/cm ; TH= 208°F). La minéralisation croissante a semblé par ailleurs, inhiber l'élimination de l'acide salicylique et surtout celle de l'acide pyroméllitique.

**MOTS CLES :** Coagulation-floculation, acides aromatiques, eaux minéralisées, mécanismes.

### 1 INTRODUCTION

La matière organique des eaux de surface est souvent à l'origine de colorations et/ou de mauvais goûts rebutants pour le consommateur. Elle peut également servir de nutriment ou de support aux microorganismes présents dans les réseaux de distribution (Petitjean et al., 2004). La réactivité des substances organiques, au cours de la chloration des eaux, peut également aboutir à la formation

de sous produits chlorés potentiellement toxiques, principalement des trihalométhanés et des acides haloacétiques (Mills et al., 1998 ; Rook, 1974 ; Krasner et al., 1989). Il paraît donc essentiel d'éliminer au mieux cette matière organique responsable de l'instabilité de la qualité de l'eau. La coagulation-floculation apparaît de plus en plus comme non seulement un procédé de clarification mais également comme un traitement d'élimination spécifique de la matière organique dissoute (Christian et al., 2000).

Lors de la pratique de la coagulation-floculation, les paramètres affectant significativement le procédé d'élimination du carbone organique total sont le pH, la dose de coagulant et la teneur en substances humiques. Ces dernières sont définies comme des mélanges complexes de matières organiques naturelles incluant dans leurs structures des parties aromatiques et aliphatiques et leurs propriétés chimiques sont directement associées à leur forte teneur en groupements fonctionnels oxygénés, notamment les hydroxyles et les carboxyles (Christman et Ghassemi, 1966 ; Schnitzer et Khan, 1972).

Ce travail a pour objectif de préciser le rôle des fonctions acides de la matière organique au cours de la coagulation-floculation par le sulfate d'aluminium. Pour ce faire, nous avons entrepris d'évaluer l'efficacité de ce procédé sur des molécules organiques modèle de types acides aromatiques hydroxylés et / ou carboxyliques. Le choix des composés s'est orienté vers des molécules aromatiques susceptibles d'être des monomères des structures des substances humiques. Il s'agit des acides pyromellitique, gallique, salicylique ainsi que du pyrogallol et du phloroglucinol.

La première étape de l'étude expérimentale a été menée en eau distillée et ce pour mieux observer et interpréter les types d'interactions entre le sulfate d'aluminium et les composés organiques. Pour mettre en évidence les effets bénéfiques ou inhibiteurs de sels communément présents dans les eaux traitées, les essais ont par la suite été poursuivis en solutions minéralisées.

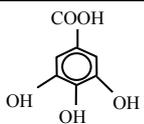
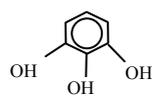
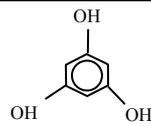
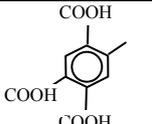
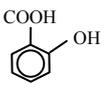
## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 Préparation des solutions

#### 2.1.1 Solution de composés organiques modèles

Les composés organiques que nous avons utilisés pour les besoins de notre étude sont des produits commercialisés par Aldrich. Pour chaque milieu de dilution, nous avons préparé une solution mère de 100 mg/l de chacun des composés organiques testés. Le tableau 1 précise leur structure chimique.

Tableau 1 : Structure chimique des composés organiques modèles

Acide gallique	Pyrogallol	Phloroglucinol	Acide pyromellitique	Acide salicylique
				
Masse molaire =172.12	Masse molaire =126.11	Masse molaire =162.14	Masse molaire =254.15	Masse molaire =138.12

#### 2.1.2 Milieux de dilution des composés organiques

L'eau distillée utilisée tout au long de cette étude a une conductivité voisine de 5  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et un pH compris entre 6,12 à 6,7. Les milieux aqueux de dilution minéralisés sont des eaux souterraines exemptes initialement de matière organique et qui consistent en une eau de source embouteillée (Eau Ifri, Nord-Est algérien) et en deux eaux provenant de forages de la région de Biskra (Eaux de Djamorah et de Biskra El- Allia, Sud-Est algérien). Les principales caractéristiques physico-chimiques de ces eaux ont pu être déterminées au laboratoire et sont présentées dans le tableau 2. Les déterminations analytiques ont été effectuées en accord avec les méthodes standard d'analyse (Rodier, 1984 ; APHA, 1989).

#### 2.1.3 Solution de coagulant

Le réactif coagulant utilisé est le sulfate d'aluminium ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 18\text{H}_2\text{O}$ ) pour lequel une solution mère de 10 g/l est préparée périodiquement.

Tableau 2 : Caractéristiques physicochimiques des eaux minéralisées de dilution

Paramètres	Eaux de dilution		
	Ifri Bejaïa	Djamorah (Biskra)	El Allia (Biskra)
pH	7,34	7,51	7,98
TAC ( $^{\circ}\text{F}$ )	24	24	22
TH ( $^{\circ}\text{F}$ )	48	102	208
$\text{Cl}^-$ (mg/l)	70	240	730
$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	42	400	890
Conductivité (ms/cm)	0,64	1,61	4,75

### 2.2 Dosage des composés organiques

Les composés organiques sont dosés par spectrophotométrie UV-visible (WPA LIGHT WAVE), par mesure de l'absorbance (A). Les concentrations résiduelles des composés sont déterminées à partir des courbes d'étalonnage.

Le rendement d'élimination est défini par :

$$R\% = (1 - C_f / C_0) \cdot 100$$

$C_0$  : concentration initiale du composé organique

$C_f$  : concentration résiduelle à la fin de l'essai

### 2.3 Description des essais de coagulation- floculation

Les essais de jar-test ont été réalisés sur un floculateur à 6 agitateurs (Floculateur Fisher 1198). Au cours de notre étude, les solutions enrichies en composé organique et réactif coagulant sont soumises à l'essai de jar test selon le protocole suivant :

une agitation rapide de 200 tr/min pendant 3 min.

la vitesse est réduite pour une demi-heure d'agitation à 60 tr/min.

une décantation de 30 minutes puis filtration sur membrane.

Ces conditions expérimentales peuvent se justifier par les résultats d'études antérieures se rapportant à la coagulation-floculation de divers composés organiques (Lefebvre, 1990 ; Rahni, 1994 ; Guesbaya, 1998).

## 3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 Essais de coagulation- floculation des acides organiques en eau distillée

Au cours des essais réalisés en eau distillée, différents paramètres réactionnels sont pris en compte tels le pH des solutions et la dose de coagulant ou la concentration initiale du composé organique.

#### 3.1.1 Influence du pH

Les essais de coagulation-floculation sont conduits sur des solutions synthétiques de composés organiques cités précédemment et dissous à raison de 5 mg/l en eau distillée. La figure 1 représente l'évolution des rendements d'élimination des acides salicylique, pyromellitique et du pyrogallol en fonction du pH initial des solutions.

D'une façon générale, les composés organiques testés semblent mieux éliminés dans une gamme de pH entre 5 et 7. A pH optimal, l'amélioration des rendements est appréciable, surtout pour l'acide pyromellitique.

D'après Lefebvre (1990), la présence de deux fois deux groupements acides (COOH ou OH) contigus sur ces composés semble leur conférer un comportement semblable aux substances humiques. Par contre, les composés aromatiques présentant une seule fonction acide ou deux ou trois fonctions non contiguës (fonction en position méta ou para) ne sont pas bien éliminés (Lefebvre et Legube, 1993 ; Rahni, 1994 ; Semmens et Ayers, 1985). C'est le cas du phloroglucinol. Le pH peut s'avérer un paramètre important dans la mesure où il conditionne la spéciation du coagulant

et la dissociation des groupements fonctionnels dans la structure des composés organiques testés. Concernant les pK de certains composés tels que les acides pyromellitique ou gallique, un manque de données est signalé par différents auteurs (Lefebvre et Legube, 1993 ; Rahni, 1994). Cependant, aux pH optima déterminés par les essais (pH entre 5 et 7), ces composés pourraient être partiellement dissociés, notamment ceux substitués par des groupements carboxyliques. Rappelons également qu'à pH acide (5 à 6), les espèces cationiques de l'aluminium sont prépondérantes. Les réactions possibles seraient la formation de complexes solubles ou insolubles selon la structure du composé et la nature des fonctions acides présentes.

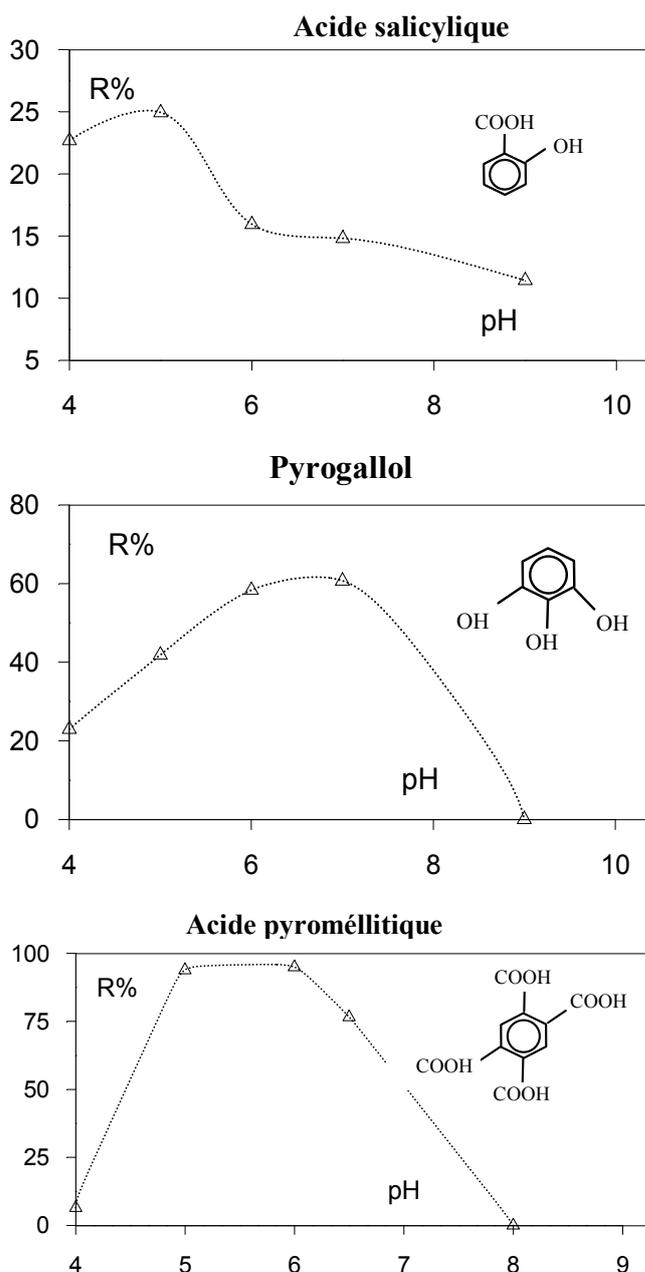


Figure 1 : Effet du pH sur la coagulation d'acides organiques ( $C_0=5\text{mg/l}$ ).

Nous avons pu ainsi observer qu'à des pH basiques supérieurs à 7, les rendements d'élimination des composés organiques décroissent. Ceci peut s'expliquer par une complexation compétitive des OH<sup>-</sup> du milieu avec l'aluminium. Les réactions d'hydrolyse de l'aluminium vers les formes Al(OH)<sub>3</sub> pourraient aussi être favorisées aux dépens des réactions de complexation avec la matière organique (Van Benschoten et Edzwald, 1990).

Les formes hydrolysées de l'aluminium peuvent être constituées par des floccs comportant un mélange de Al(OH)<sub>3</sub> amorphe et d'espèces chargées positivement tels que Al(OH)<sup>2+</sup> et Al(OH)<sup>+</sup>. Un mécanisme électrostatique de neutralisation de charges par les formes anioniques des composés organiques partiellement dissociés peut alors avoir lieu. Un second mécanisme déjà évoqué par Wais Mossa et Mazet (1990) ou Rahni (1994) correspondrait à une réaction d'échange d'ions hydroxydes sur les floccs (adsorption spécifique).

Ajoutons également que, dans la gamme optimale de pH, les teneurs résiduelles en aluminium que nous avons mesurées sont très faibles, voire nulles. Par conséquent, cela est en faveur de la formation de produits organo-aluminiques insolubles par des mécanismes de complexation avec les formes cationiques du coagulant ou des réactions en surface avec les précipités amorphes d'hydroxyde d'aluminium.

Selon les résultats relatifs des acides organiques testés, il est intéressant de noter que Les composés présentant le comportement le plus proche de celui des substances humiques sont surtout les acides pyromellitique et gallique qui aboutissent à des rendements d'élimination très élevés à pH acide, voisin de 5 à 6.

### 3.1.2 Influence de la teneur initiale des acides organiques

Compte tenu de l'élimination importante observée pour le pyrogallol, l'acide gallique et l'acide pyromellitique (pH=5,5), nous avons voulu mieux comprendre les mécanismes de leur réaction avec le sulfate d'aluminium. Différents essais ont donc été conduits sur des solutions synthétiques de ces acides organiques dissous à différentes concentrations en eau distillée et coagulés par des doses croissantes de coagulant.

#### a) Pyrogallol et acide gallique

Le tableau 3 permet de récapituler les résultats optima de la coagulation-floculation de l'acide gallique et du pyrogallol.

Quelle que soit la concentration initiale des acides organiques, l'acide gallique présente des rendements optima supérieurs à ceux du pyrogallol. Ceci pourrait s'expliquer par la présence d'une fonction acide supplémentaire (COOH) sur le noyau aromatique de l'acide gallique, par rapport au pyrogallol. Il est possible, qu'aux pH des essais (de l'ordre de 5 à 6), l'élimination des composés organiques s'améliore avec un nombre de fonctions acides plus important. Leur degré d'ionisation

peut également influencer sur les interactions aluminium/composé organique.

Nous pouvons ainsi observer que les doses optimales de sulfate d'aluminium restent faibles dans le cas du pyrogallol et ne dépassent pas 5mg/l, aux concentrations initiales testées. Aucune stœchiométrie n'apparaît entre la concentration initiale du composé organique et la dose optimale de coagulant. Toutefois, un semblant de stœchiométrie semble apparaître entre la concentration initiale de l'acide gallique et la dose optimale de coagulant. Mais dans nos conditions expérimentales, aucune loi stœchiométrique n'a pu clairement être mise en évidence. La pseudo-stœchiométrie observée indiquerait qu'un mécanisme de complexation entre les formes solubles cationiques du coagulant et l'acide gallique, peut être favorisé par la présence d'un COOH sur le noyau aromatique. Cependant, le mécanisme le plus vraisemblable et qui serait prédominant serait une réaction de l'acide gallique mais aussi du pyrogallol à la surface des oxo-hydroxydes métalliques solides. Compte tenu des pH suffisamment acides des essais, la fixation des molécules organiques partiellement chargées négativement pourrait se faire sur les floccs d'aluminium comportant une charge de surface positive. L'adsorption peut être ainsi de nature électrostatique mais également purement physique si les groupements fonctionnels acides ne sont pas dissociés (cas des OH du pyrogallol). Un autre mécanisme de surface consisterait en une complexation ou un échange de ligand avec les groupements hydroxydes à la surface du flocc (adsorption spécifique)

**Tableau 3 : Rendements et doses de coagulant optima pour différentes concentrations des acides gallique et pyromellitique.**

Concentration (mg/l)	Pyrogallol		Acide gallique	
	Dose optimale (mg/l)	Rendement %	Dose optimale (mg/l)	Rendement %
0.5	3	77.542	25	86.690
2	3	66.461	25	81.739
5	5	53.817	90	72.785
10	5	42.609	100	66.482

#### b) Acide pyromellitique

Le tracé des isothermes de Freundlich et de Langmuir dans le cas de l'acide pyromellitique nous a conduit à des coefficients de corrélation très faibles lors des ajustements linéaires. Ce qui indiquerait que l'adsorption est loin d'être le phénomène prédominant aux pH observés (5 à 6). En se référant aux données bibliographiques, l'élimination de l'acide pyromellitique ne peut être apparemment expliquée que par le mécanisme qui prend en compte les réactions

entre la matière organique et les formes solubles hydrolysées métalliques pour conduire à la formation d'un précipité. Edzwald (1979) ainsi que Lefebvre (1990), en travaillant sur différentes substances humiques proposent ce type de mécanisme. Nous avons récapitulé les résultats concernant la coagulation-floculation de l'acide pyromellitique dans le tableau 4.

**Tableau 4 : Relation entre la dose optimale de sulfate d'aluminium et la concentration initiale en acide pyromellitique.**

Concentration initiale (mg/l)	0.5	2	5	8	10
Dose optimale de coagulant (mg/l)	10	50	100	150	200
Rendement %	40.83	84.53	94.08	94.44	95.44

Afin de mettre en évidence une relation stœchiométrique entre la dose optimale de sulfate d'aluminium et la concentration initiale du composé, nous avons procédé à l'ajustement des couples de valeurs des deux paramètres précités par la méthode des moindres carrés linéaires. La relation permet d'aboutir à une stœchiométrie de 20 mg de sulfate d'aluminium par mg d'acide pyromellitique. Au cours de nos essais, l'acide pyromellitique a présenté des propriétés très proches de celles des substances humiques vis à vis de la coagulation-floculation aussi bien par des

sels ferriques ou d'aluminium. Compte tenu de ces aspects, l'élimination de l'acide pyromellitique à pH= 5,5 par coagulation-floculation au sulfate d'aluminium peut s'effectuer principalement par un mécanisme qui suppose la formation d'un sel insoluble entre les monomères ou les polymères métalliques solubles cationiques et la matière organique.

### 3.2 Essais de floculation des acides organiques en milieux minéralisés

Afin de mettre en évidence l'effet de la minéralisation des eaux sur l'élimination des acides organiques, nous avons poursuivi l'étude par des essais de coagulation-floculation en solutions minéralisées et dopées par les composés organiques précédemment testés. Les milieux aqueux de dilution sont des eaux souterraines naturellement minéralisées (Ifri, Djamorah, El Allia) Leurs caractéristiques ont préalablement été présentées (Cf tableau 2). Les tableaux 5 et 6 récapitulent les résultats optima relatifs aux différents acides testés dans des eaux de minéralisation variable. Comparés aux résultats en eau distillée, nous pouvons constater que la minéralisation des milieux de dilution semble modifier l'élimination des composés organiques par coagulation-floculation. Le phloroglucinol, le pyrogallol et l'acide gallique voient leurs rendements d'élimination s'améliorer au fur et à mesure que la minéralisation de leur milieu de dilution s'accroît.

**Tableau 5 : Récapitulatif des valeurs optimales de coagulant et des rendements d'élimination pour le pyrogallol, le phloroglucinol et l'acide gallique (5mg/l)**

Eaux-testées	Eau distillée	Eau Ifri Cond.=0,64ms/cm pH=7,34	Eau Djamorah Cond.=1,61ms/cm pH=7,51	Eau Biskra Cond.=4,75ms/cm pH=7,98
Composés organiques				
Pyrogallol				
Rendement optimal %	53,58	61,79	83,39	98,02
Dose de coagulant (mg/l)	5	250	250	200
Phloroglucinol				
Rendement optimal %	10	50,15	58,82	76,76
Dose de coagulant (mg/l)	10	150	150	150
Acide gallique				
Rendement optimal %	72,78	87,43	90,60	95,18
Dose de coagulant (mg/l)	90	200	200	200

**Tableau 6 : Récapitulatif des valeurs optimales de coagulant et des rendements d'élimination pour les acides salicylique et pyromellitique (5mg/l)**

Eaux-testées	Eau distillée	Eau Ifri Cond.=0,64ms/cm pH=7,34	Eau Djamorah Cond.=1,61ms/cm pH=7,51	Eau Biskra Cond.=4,75ms/cm pH=7,98
Composés organiques				
Acide pyromellitique				
Rendement optimal %	94,08	65,71	51,06	31,71
Dose de coagulant (mg/l)	100	150	150	150
Acide salicylique				
Rendement optimal %	22,67	8,34	10,32	15,05
Dose de coagulant (mg/l)	90	10	10	30

Cet aspect apparaît d'une manière évidente quelle que soit la dose de coagulant utilisée, notamment dans le cas du phloroglucinol et du pyrogallol dont les fonctions acides substituant le cycle aromatique ne comportent que des fonctions hydroxyles.. Les acides salicylique et pyromellitique se comportent différemment des composés précités vis-à-vis de la minéralisation des eaux. Comparés aux essais réalisés en eau distillée, il y a lieu de noter que la présence de sels minéraux diminue les rendements d'élimination de ces deux composés. Toutefois, l'acide salicylique semble moins influencé que l'acide pyromellitique par la variation de cette minéralisation. Notons que l'acide pyromellitique comporte plusieurs fonctions carboxyles et aucune fonction hydroxyle dans sa structure.

Les mécanismes de coagulation-floculation des acides organiques en présence d'eaux minéralisées pourraient sensiblement différer de ceux observés en eau distillée. La présence de plusieurs mécanismes compétitifs entre les espèces hydrolysées de l'aluminium, en grande partie insoluble, et les composés organiques est mise en évidence par l'absence de restabilisation au-delà de l'optimum, même pour un excès de coagulant. Dans les eaux minéralisées fortement tamponnées et dont les pH sont voisins de la neutralité, la formation en quantité notable d'hydroxyde d'aluminium peut avoir lieu. Il favoriserait alors un phénomène d'adsorption physique ou un échange de ligand avec les ions OH<sup>-</sup> à la surface de cet hydroxyde. La minéralisation du milieu a semblé également élargir la gamme optimale de pH, comparativement aux observations en eau distillée. Diverses études ont ainsi montré que le déplacement ou l'élargissement de la zone optimale du pH de coagulation sont principalement liés à l'affinité de l'anion minéral considéré envers les sels d'aluminium. Ces anions minéraux tels que les sulfates, les phosphates ou les chlorures peuvent être considérés comme des ligands concurrents des ions hydroxyles. Cet effet est d'autant plus important que la concentration en sel augmente et peut expliquer les demandes en coagulant plus élevées en milieux minéralisés.

La réactivité des substances humiques vis à vis du coagulant pourrait donc être dépendante non seulement de la structure chimique de ces substances, de l'importance des groupements acides OH et COOH dans cette structure mais aussi de la composition minérale de l'eau et donc des interactions des sels minéraux avec les groupements acides de ces substances humiques.

#### 4 CONCLUSION

L'étude expérimentale que nous avons menée a été consacrée à l'élimination, par coagulation-floculation au sulfate d'aluminium, de plusieurs acides organiques hydroxylés et/ou carboxyliques. Les résultats des essais réalisés en eau distillée ont indiqué que l'élimination d'une molécule organique dépend de la nature et du nombre de groupements fonctionnels ainsi que de leur position l'un par

rapport à l'autre. Le comportement des composés aromatiques acides semble être fonction du pH et de leur concentration initiale. En eau distillée, l'élimination optimale est apparue pour des pH entre 5 et 7. L'acide pyromellitique est particulièrement bien éliminé à pH= 5,5 grâce à la présence de deux fois deux groupements acides contigus sur ce composé qui lui confère un comportement semblable aux substances humiques. Les mécanismes mis en jeu seraient essentiellement un échange de ligand ou une complexation à la surface des floes d'hydroxydes d'aluminium. Ils concerneraient principalement des composés du type du pyrogallol et de l'acide gallique pour lesquels aucune loi stœchiométrique n'est apparue de façon nette. Le second mécanisme correspond aux interactions entre les composés organiques et les espèces solubles cationiques de l'aluminium. Ils impliquent une relation stœchiométrique entre la dose optimale de coagulant et la concentration initiale du composé, comme c'est le cas pour l'acide pyromellitique. Toutefois, si l'on admet que le dosage stœchiométrique existe entre le coagulant et certains acides proches des substances humiques, il sera prévisible que les lois obtenues seront influencées par des paramètres tels que la nature précise de la molécule organique, le pH du milieu et la force ionique des solutions aqueuses.

Les essais de coagulation-floculation de ces composés, dissous dans plusieurs eaux souterraines, ont montré qu'une minéralisation croissante du milieu pouvait notablement influencer le procédé. Une première catégorie de composés (phloroglucinol, pyrogallol, acide gallique) voyait leurs rendements d'élimination augmenter lorsqu'on passe de l'eau distillée à l'eau la plus minéralisée (eau de Biskra). La deuxième catégorie de composés (acides salicylique et pyromellitique) aboutit en eaux minéralisées à des rendements moindres qu'en eau distillée. La présence d'un nombre important de fonctions carboxyles dans la structure des composés organiques pourrait avoir un effet inhibiteur sur la coagulation-floculation de ces composés en eaux minéralisées.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] APHA, AWWA, WPCF, (1989), Standar methods for the examination of water and wastewater, 17<sup>th</sup> Ed., Washington DC, American Public Health Association, 1454 pp.
- [2] CHRISTMAN, R.F., GHASSEMI, M. (1966), Chemical nature of organic colors in water, J. Am. Water. Wks. ass., 59, 6, 723-741
- [3] EDZWALD, J.K. (1979), Coagulation of humic substances- AIChE Sym. Series 190, Water 1979, 75, 54-62.
- [4] GUESBAYA, N. (1998), Elimination des composés organiques par le procédé de coagulation-floculation, Thèse de Magister en Hydraulique, Université de Biskra.

- [5] JULIEN, F., GUEROUX B., MAZET M. (1994), Comparaison de l'élimination de molécules organiques par coagulation-floculation et par adsorption sur floes d'hydroxyde métallique préformés, *Water. Res.* 28, 12, 2567-2574
- [6] KRASNER, SW., MCGUIRE, MJ., JACANGELO, JG & al. (1989), The occurrence of Disinfection By-products in US Drinking Water, *Journal of the American Water Works Association*, volume 81, n° 8, p 41-53.
- [7] LEFEBVRE, E. (1990), Coagulation des substances humiques aquatiques par le fer ferrique en milieu aqueux. Effet de la préoxydation, Thèse de Doctorat, Université de Poitiers.
- [8] LEFEBVRE, E., LEGUBE, B. (1993), Coagulation-floculation par le chlorure ferrique de quelques acides et phénols en solution aqueuse, *Wat. Res.*, 27, 3, 433-447.
- [9] MILLS, CJ., BULL, RJ., CANTOR, KP & al. (1998), Risques pour la santé liés à la consommation de sous-produits de la chloration dans l'eau potable : rapport d'atelier – Santé Canada,
- [10] PETITJEAN P., HÉNIN O., GRUAU G. (2004), Dosage du carbone organique dissous dans les eaux douces naturelles. Intérêt, principe, mise en oeuvre et conditions opératoires Cahiers Techniques de Géosciences Rennes. N°3, 48p.
- [11] RAHNI, M. (1994), Coagulation-floculation de quelques composés organiques par le fer ferreux en milieu aqueux : Etude de mécanismes et comparaison avec l'adsorption, Thèse de Doctorat, Université de Poitiers, France.
- [12] RODIER, J. (1984), L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, Ed. Dunod, 7<sup>e</sup> Edition, Paris.
- [13] ROOK, JJ. (1974), Formation of Haloforms during Chlorination of Natural Waters - Water treatment and examination, n° 23 - p 234-243.
- [14] SCHNITZER, M., KHAN, S.U. (1972), Humic substances in the environment, Marcel DEKKER Inc., New York.
- [15] SEMMENS, M.J., AYERS, K. (1985), Removal by coagulation of trace organics from Mississippi River, *Water, Journal AWWA*, 77, 5, 79-84.
- [16] VAN BENSCHOTEN J.E., EDZWALD J.K. (1990), Chemical aspects of coagulation using aluminum salts. II. Coagulation of fulvic acids using alum and polyaluminum chloride, *Wat. Res.*, 24, 12, 1527-1535.
- [17] WAIS MOSSA M.T., MAZET M. (1990), Adsorption d'acides humiques sur floes d'hydroxydes d'aluminium : Influence de la taille des floes et du sel d'aluminium, *Envir. Technology*, 12, 51-58.