

## **CONCLUSION GENERALE**

L'objectif de notre travail a été d'apprécier le rôle que peut jouer la présence de groupements fonctionnels acides (COOH et OH) au cours de l'élimination de la matière organique par coagulation-floculation au sulfate d'aluminium.

Pour ce faire, nous avons entamé une étude comparative sur cinq molécules organiques aromatiques hydroxylées et/ou carboxylées (Acides salicylique, gallique, pyroméllitique, pyrogallol et phloroglucinol). Ces molécules sont susceptibles d'être des monomères dans la structure des substances humiques lesquelles constituent la principale partie de la charge organique naturelle des eaux de surface.

Afin de cerner au mieux la problématique du thème choisi, l'élaboration d'une synthèse bibliographique a été nécessaire. La première partie du mémoire a donc consisté en un état des connaissances sur les différentes catégories de substances organiques dans les eaux de surface ainsi que sur les aspects théoriques et pratiques de la coagulation-floculation. Les travaux les plus connus relatifs à l'élimination de la matière organique par coagulation-floculation, ont été également exposés.

La seconde partie de notre travail a été consacrée à la présentation et à l'exploitation des résultats d'essais expérimentaux que nous avons réalisés dans le cadre de cette étude. Structurée en plusieurs chapitres, cette étude expérimentale a permis la description détaillée des réactifs utilisés ainsi que des protocoles expérimentaux suivis au cours des essais. Ces essais ont été réalisés sur des solutions synthétiques des composés organiques précédemment cités et dissous dans des milieux de minéralisation variable (eau distillée et eaux naturelles minéralisées).

La première étape a consisté à effectuer des essais de coagulation-floculation des acides organiques testés en eau distillée. L'influence de plusieurs paramètres réactionnels a été prise en compte (dose de coagulant, pH, teneur initiale du composé organique). Les résultats obtenus ont 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.

Parmi les composés testés, le phloroglucinol et l'acide salicylique sont apparus comme des structures peu réactives vis à vis du sulfate d'aluminium, quel que soit le pH et la dose de coagulant introduit. Ces rendements d'élimination ne dépassent guère 10 à 22% et sont donc

négligeables. Ces résultats sont confirmés par des travaux antérieurs relatifs à l'action du chlorure ferrique et qui signalent également que la plupart des composés aromatiques présentant une à trois fonctions acides en position méta ou para sont peu éliminés. Il en est de même pour les composés, tel l'acide salicylique, possédant deux fonctions acides différentes, bien qu'elles soient en ortho.

Concernant les composés organiques présentant de bons rendements d'élimination, leur réactivité a paru être influencée par la variation du pH.

En eau distillée, l'élimination optimale de l'acide gallique, du pyrogallol et de l'acide pyroméllitique a été obtenue dans une gamme de pH de 5 à 7.

Dans le cas de l'acide gallique et du pyrogallol, aucune stœchiométrie n'a pas pu être mise en évidence entre la concentration initiale de chacun des composés organiques et la dose du coagulant. Aux pH suffisamment acides de nos essais, le mécanisme prédominant serait malgré tout une réaction de ces composés à la surface des hydroxydes métalliques solides. Les espèces hydrolysées de l'aluminium peuvent en effet être constituées par des floccs comportant un mélange de  $\text{Al}(\text{OH})_3$  amorphe et des formes cationiques  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$  et  $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ . L'adsorption peut être ainsi de nature électrostatique mais également purement physique si les groupements acides ne sont pas dissociés (cas des OH du pyrogallol). Un autre mécanisme de surface peut être représenté par une complexation ou un échange de ligand avec les groupements hydroxyles à la surface du flocc.

L'exploitation de nos résultats expérimentaux par les lois empiriques de Freundlich et de Langmuir a indiqué que l'adsorption pouvait effectivement être le mécanisme prédominant au cours de la coagulation-floculation de l'acide gallique et du pyrogallol.

L'acide pyroméllitique a été particulièrement bien éliminé à  $\text{pH} = 5,5$ , notamment pour des concentrations croissantes en ce composé. Les rendements d'élimination peuvent alors dépasser 90%. Contrairement au pyrogallol et à l'acide gallique, une loi stœchiométrique a pu être mise en évidence entre la concentration initiale de l'acide pyroméllitique et la dose de sulfate d'aluminium (20mg d'acide pyroméllitique par mg de sulfate d'aluminium). Tout comme pour les substances humiques, cette élimination peut s'expliquer par l'existence d'interactions chimiques entre l'acide pyroméllitique et les espèces solubles cationiques de l'aluminium.

Le comportement de l'acide pyroméllitique en eau distillée semble donc très proche de celui des substances humiques et conforte l'hypothèse que les groupements  $\text{COOH}$  joueraient un rôle important dans les mécanismes de complexation de l'aluminium par les substances humiques.

La seconde phase de notre étude expérimentale a porté sur l'étude de l'influence de la composition minérale d'eaux naturelles (eaux souterraines et de surface) sur la floculation des composés organiques testés.

Lorsque ces composés organiques ont été dissous dans des eaux souterraines exemptes initialement de toute matière organique, les résultats obtenus ont montré que la minéralisation de ces eaux pouvait notablement influencer sur le processus de coagulation-floculation de ces composés. Comparé aux résultats des essais en eau distillée, ils 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 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 ). De plus, ces eaux étant fortement tamponnées et caractérisées par un pH voisin de la neutralité, la forme hydrolysée prédominante de l'aluminium serait l'hydroxyde d'aluminium. En eaux minéralisées, le mécanisme d'adsorption sur les floes d' $\text{Al}(\text{OH})_3$  pourra donc également expliquer l'élimination de l'acide gallique, du pyrogallol et du phloroglucinol.

La minéralisation croissante a semblé inhiber l'élimination de l'acide salicylique et surtout celle de l'acide pyroméllitique bien que la présence de sels de calcium ou de magnésium puissent, par des effets de pontage ou de complexation avec le composé organique, faciliter les interactions avec l'aluminium, la présence en quantités importantes d'anions minéraux peut notablement diminuer l'efficacité de la coagulation-floculation.

Des ions tels que les sulfates, les phosphates ou les chlorures peuvent en effet entrer en compétition avec les COOH des composés organiques et complexer l'aluminium. Ils gêneraient donc considérablement la réaction de formation de l'hydroxyde d'aluminium qui devrait être le principal produit de l'hydrolyse du coagulant aux pH des eaux naturelles testées.

L'extrapolation de ces résultats à l'interprétation des mécanismes de coagulation-floculation des substances humiques est tentante. Il semblerait donc que la réactivité des substances humiques puisse dépendre non seulement de leur structure chimique, de l'importance des groupements acides OH et COOH mais également des interactions possibles entre les ions minéraux présents dans les eaux et les groupements acides de ces substances humiques. Les lois stœchiométriques en eaux minéralisées lorsqu'elles existent, peuvent sensiblement différer de celles en eau distillée du fait que les demandes en coagulant sont plus importantes en milieux minéralisés.

Enfin, lorsque les essais ont concerné les eaux de surface minéralisées et dopées en composés organiques, les résultats ont varié selon la structure du composé.

La présence d'une matière organique dissoute en quantité appréciable peut perturber la coagulation-floculation de la fraction colloïdale mesurée par le paramètre de turbidité. Le comportement des différents acides organiques considérés reste globalement comparable à celui observé en eaux souterraines minéralisées. Dans le cas de l'acide pyroméllitique, la présence d'une composante organique de type essentiellement humique dans les eaux a semblé favoriser sa réactivité au cours de la coagulation-floculation.

Au cours de tous ces résultats, il est possible de conclure que la coagulation-floculation des substances humiques en eau de surface peut mener à des schémas réactionnels complexes du fait de la présence dans leur structure de nombreuses fonctions acides OH et COOH. Ces dernières peuvent en effet faire l'objet de nombreuses interactions avec des substances minérales ou organiques aussi bien sous forme dissoute que sous forme de suspension. Il y'a lieu donc d'en tenir compte dans l'optimisation du traitement et en particulier des dosages de coagulant dérivant souvent de lois stœchiométriques coagulant/substances humiques.