

## *CONCLUSION GÉNÉRALE*

L'objectif de notre travail était de montrer que la floculation ne se limitait pas à la seule élimination de la turbidité mais peut éliminer, si elle est optimisée, un pourcentage important de la matière organique dissoute et rivaliser avec des traitements plus coûteux et de mise en œuvre plus complexe (adsorption, ozonation,...).

Pour ce faire, nous avons entamé une étude comparative sur trois molécules organiques aromatiques hydroxylées et/ou carboxylées (Phloroglucinol, acide pyroméllitique et substances humiques). Les deux premières 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. L'optimisation du processus de la coagulation-floculation a consisté à utiliser d'une part le sulfate d'aluminium seul puis en combinaison avec le charbon actif en poudre ou en grains et à observer leur impact sur l'élimination de la matière organique.

Deux grandes parties ont été nécessaires pour présenter notre travail, une partie bibliographique et une autre expérimentale.

La synthèse bibliographique a ainsi permis dans un premier temps d'établir un état des connaissances sur les différentes catégories de composés organiques présents dans les eaux naturelles (les substances humiques mais aussi les substances non humiques). Dans un second temps, les principaux travaux relatifs à l'élimination de la matière organique au cours des procédés de clarification ont été compilés, notamment ceux relatifs à la coagulation-floculation et l'adsorption.

La seconde partie du mémoire 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 trois 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 variables (eau distillée et eau de surface barrage Foug-El-Gherza).

La première étape a consisté à effectuer des essais de coagulation-floculation avec le coagulant seul puis la combinaison coagulant /adsorbant pour des composés organiques simples (phloroglucinol et l'acide pyroméllitique) en eau distillée. L'influence de plusieurs paramètres réactionnels a été prise en compte (dose de coagulant, dose de charbon actif, pH et teneur initiale des composés organiques simples). 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 fonctionnels 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.

Ainsi, rejoignant les résultats de travaux antérieurs, le phloroglucinol est apparu comme une structure très peu réactive vis-à-vis de sulfate d'aluminium seul et lorsque le pH des solutions est égal à 7. Concernant, l'acide pyromellitique, son élimination est meilleure à pH = 5,5 qu'à pH = 7 en présence de coagulant seul.

Dans le cas de la combinaison sulfate d'aluminium /charbon actif, l'élimination optimale du phloroglucinol en eau distillée est apparue pour des pH entre 4 à 7 dans le cas du CAP et 6 à 7 pour le CAG. Pour l'acide pyroméllitique, la gamme optimale est de pH = 5 à 8 pour les deux types de charbon actif. Le pH optimal est inférieur au pKa des deux composés testés.

Concernant l'efficacité de la coagulation- floculation par la combinaison d'une dose optimale de coagulant et de charbon actif à pH = 7, les rendements sont classés dans l'ordre suivant :  $R\%_{\text{coag} + \text{CAP}} > R\%_{\text{coag} + \text{CAG}} > R\%_{\text{coag seule}}$ . L'amélioration des rendements peut avoisiner les 40 à 50% selon le composé organique et les conditions expérimentales. En utilisant des doses de coagulant inférieures à l'optimale, les résultats d'élimination des composés organiques restent tout à fait acceptables et peuvent suggérer une économie sur le réactif coagulant et une incidence moins prononcée des effets néfastes du sulfate d'aluminium (pH, aluminium résiduel).

Il est donc possible de conclure que l'utilisation du charbon actif en tant qu'adjuvant de floculation et notamment le CAP, peut permettre de mieux éliminer les composés organiques à faible poids moléculaire au cours des traitements de clarification des eaux de surface. Les principaux mécanismes d'élimination seraient alors, et compte tenu du pH, des réactions de surface entre le composé organique à l'état dissous et la surface aussi bien des formes hydrolysées de l'aluminium que celle du charbon actif.

La deuxième étape de notre étude expérimentale a porté sur l'élimination des substances humiques d'une part par coagulation- floculation au sulfate d'aluminium seul et d'autre part combiné avec le charbon actif.

Dans un premier temps, les essais ont été réalisés sur des solutions synthétiques en eau distillée, et dans un second temps avec une eau de surface brute puis dopée en substances humiques.

Les essais de coagulation -floculation des substances humiques, dissoutes dans une eau distillée, ont montré que le pourcentage d'élimination des SH est important à pH =7. D'après nos résultats à pH = 7, les rendements maxima sont voisins de 79%. Toutefois, l'élimination maximale est obtenue dans des conditions acides, à pH = 5,5.

Aux pH de nos essais, le mécanisme prédominant serait une réaction de ces composés à la surface des hydroxydes métalliques solides. L'adsorption peut être ainsi de nature électrostatique mais également purement physique si les groupements acides ne sont pas dissociés. Un autre mécanisme de surface peut être représenté par une complexation ou un échange de ligand avec les groupements hydroxyles à la surface du floc. Un mécanisme de complexation avec les formes solubles cationiques ou anioniques de l'aluminium peut également se produire selon que le pH soit acide ou basique.

Pour ce qui concerne la combinaison sulfate d'aluminium /charbon actif au cours de l'élimination de SH en eau distillée avec une condition de dose coagulant égale à l'optimale, d'excellents rendements d'élimination des SH (97,80% pour le CAP et 86,81% pour le CAG) sont obtenus pour des doses relativement faibles de charbon actif (100 mg/l CAP et 200mg/l CAG). A pH = 7, et en présence de charbon actif en poudre, l'élimination des SH reste importante même pour une dose de coagulant inférieure à l'optimale.

Au cours de la dernière étape de notre étude, une application sur une eau de surface brute (eau de barrage Foug El Gherza) puis dopée de SH a été réalisée. En appliquant le procédé de coagulation- floculation avec le coagulant seul puis combiné avec le charbon actif, les résultats obtenus et leur discussion a permis de faire ressortir les conclusions suivantes :

- La présence de substances colloïdales mesurées par le paramètre de turbidité peut interférer sur l'élimination de la matière organique dissoute au cours de la coagulation- floculation. Ainsi, dans le cas de la coagulation par le sulfate d'aluminium seul, de l'eau du barrage Foug El Gherza, les rendements d'élimination de la turbidité se sont révélés meilleurs que ceux de l'abattement de l'absorbance en U.V représentant la charge organique aromatique.
- Cependant, l'ajout d'une teneur optimale en CAP conjointement avec une dose même inférieure à l'optimale de coagulant améliore les rendements d'élimination de la matière organique et peut même aboutir à une augmentation de rendements par rapport à celui obtenu en coagulation- floculation seule pour l'eau de surface.

- 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 ou 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.