
Élimination de la matière organique naturelle des eaux par combinaison Sulfate d'aluminium /charbon actif

III.1. Introduction

Comme nous l'avons déjà signalé, la charge organique d'une eau de surface est composée majoritairement par les substances humiques, dont la présence se manifeste par un certain nombre de problèmes (couleur, goût, sous produits indésirables,...).

Au cours de ce chapitre, nous nous sommes intéressés à l'optimisation de différents paramètres pouvant intervenir lors de la coagulation –floculation des substances humiques en solutions synthétiques d'eau distillée, puis dissoutes dans une eau de surface de barrage de la région de Biskra. Il s'agit ensuite de mettre en évidence les effets combinés du sulfate d'aluminium et du charbon actif en poudre et en grains.

III.2.Élimination de SH en solutions synthétiques d'eau distillée

III.2.1.Essais de coagulation –floculation avec sulfate d'aluminium seul

Au cours de cette première phase de l'étude, nous avons repris les mêmes étapes suivies lors de la coagulation –floculation de l'acide pyroméllitique et du phloroglucinol.

III.2.1.1.Variation de la dose de coagulant

a) Résultats

Des solutions contenant une concentration constante de substances humiques (5 mg/l) sont coagulées à partir de différentes doses de sulfate d'aluminium comprises entre 0 et 20 mg/l à pH = 7. La figure 17 englobe les résultats obtenus et qui sont exprimés en termes de pourcentages éliminés (rendements d'élimination des substances humiques) en fonction de la dose de coagulant.

Nous pouvons constater que le rendement d'élimination des substances humiques s'améliore avec l'augmentation de la dose de coagulant jusqu'à 10mg/l de sulfate d'aluminium introduit. Le pourcentage d'élimination de 5 mg/l de substances humiques atteint alors une valeur de 78,02 %. Au delà de cette dose optimale de coagulant, le rendement reste constant. Le tableau 23 présente les différents résultats expérimentaux.

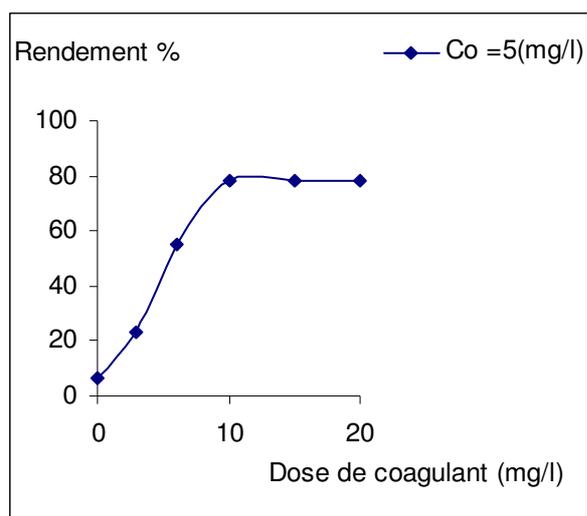


Figure 17: Effet de la dose de coagulant sur l'élimination des SH (5 mg/l), pH=7

Tableau 23 : Résultats optima de coagulation des SH en eau distillée

Paramètres	Substance humique SH
Concentration (mg/l)	5
pH	7
Dose optimale (mg/l)	10
Rendement %	78,02

b) Discussion des résultats

L'observation des différents résultats obtenus montre que l'élimination des substances humiques par coagulation- floculation seul est appréciable. Par ailleurs, les travaux antérieurs (*Achour et Guesbaya, 2006*) ont montré que le pourcentage d'abattement augmente avec l'accroissement de la concentration initiale des substances humiques. Etant donné que les substances humiques se présentent en partie sous une forme colloïdale et que l'élimination des colloïdes est le domaine privilégié de la coagulation –floculation, les bons rendements observés pourraient être liés en partie à l'état sous lequel se présente les substances humiques. Notons également qu'à pH 7, l'hydrolyse du sulfate d'aluminium aboutit essentiellement à la formation d'un précipité d'hydroxyde d'aluminium et donc principalement à un mécanisme de piégeage des

SH. De plus, les substances humiques portent de nombreux groupements fonctionnels carboxyliques et phénoliques. Il est probable que les groupements COOH sont plus affectés dans le processus de coagulation que les groupements OH. Cette hypothèse pourrait être argumentée par l'étude de *Lefebvre et Legube (1993)* qui ont montré que dans les mêmes conditions expérimentales, la coagulation de l'acide phtalique (deux groupement carboxyles, position ortho) est meilleure que celle du catéchol (deux groupements hydroxyles, position ortho) (*Rezeg, 2004 ; Hecini et Achour, 2008*)

III.2.1.2. Variation du pH

a) Résultats

Nous avons coagulé 5mg/l de substances humiques avec une dose constante de sulfate d'aluminium, valeur optimale obtenue de l'essai précédent (10 mg/l), et ce dans une gamme de pH entre 3 et 9. La figure 18 indique clairement que l'élimination des substances humiques est meilleure à pH acide qu'à pH neutre et basique. Le pH optimal est égal à 5,5 et correspond à un rendement égal à 80,22%.

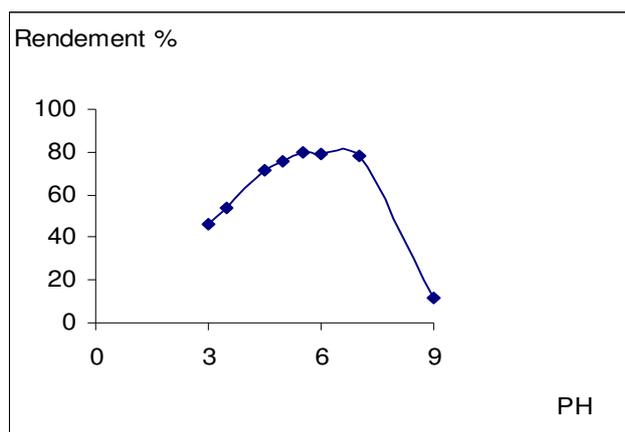


Figure 18 : Effet du pH sur la coagulation des SH = (5mg/l)
Dose de coagulant = 10mg/l

b) Discussion des résultats

Le pH optimal de coagulation est égale à 5,5, résultat conforme à ceux indiqués dans la littérature (*Jekel, 1986 ; Lefebvre, 1990 ; Achour et Guesbaya, 2006*) et qui indiquent que le rendement optimal d'élimination des substances humiques par coagulation est obtenu dans des conditions de pH acides ; les valeurs les plus citées sont autour de 5 pour l'aluminium et de 4,5 pour le fer .

Par ailleurs, notons que les pKa des groupements fonctionnels carboxyles et hydroxyles portés par les substances humiques sont respectivement de l'ordre de 4,23 et 8,7. En conséquence, au pH optimal de notre étude, les groupements COOH seraient dissociés.

Du fait que le pH conditionne aussi les formes chimiques de l'aluminium, il est évident que les mécanismes intervenant lors de l'élimination des substances humiques peuvent être très divers.

Dans la gamme de pH entre 5 et 7, l'élimination des SH est appréciable et les réactions mises en jeu sont probablement nombreuses. Ceci, compte tenu de la présence simultanée de plusieurs espèces hydrolysées d'aluminium solubles cationiques et la forme insoluble d'hydroxyde $\text{Al}(\text{OH})_3$ qui favorise un effet d'adsorption et de piégeage des particules organiques.

Au delà du $\text{pH}=7$, les rendements d'élimination des SH diminuent et peuvent s'expliquer d'une part par une grande dissociation des SH et surtout par la prédominance des formes hydrolysées anioniques de l'aluminium (par exemple, $\text{Al}(\text{OH})_4^-$).

Nos résultats confirment les données bibliographiques de *Jeckel(1986)*, *Lefebvre(1990)* concernant la coagulation des composés organiques pour des pH se situant entre 5 et 7 selon la nature du coagulant.

III.2.2 Combinaison sulfate d'aluminium / charbon actif

Nous avons testé au cours de notre étude deux types de charbon actif (en poudre et en grains) afin d'observer le rôle que peut accomplir chacun d'eux en combinaison avec le coagulant sulfate d'aluminium. Nous avons pu constater précédemment (Cf Chapitre 2 de la partie expérimentale) que l'ajout de charbon actif et plus particulièrement le charbon actif en poudre pouvait être bénéfique vis-à-vis de l'élimination de composés organiques simples tels que le phloroglucinol et l'acide pyroméllitique.

Au cours de cette étape, nous avons voulu tester l'efficacité de la combinaison charbon actif/sulfate d'aluminium sur l'élimination de SH dissoutes dans de l'eau distillée.

III.2.2.1 Effet de la dose de charbon actif en poudre et en grains

En eau distillée, les substances humiques ont été dissoutes à raison de 5 mg/l dans les différents cas des essais. Ainsi constituées, les solutions obtenues sont coagulées par introduction d'une dose de sulfate d'aluminium de 10mg/l (dose optimale) et une dose de 5mg/l (dose inférieure à l'optimale). Les doses de charbon actif sont variables et les essais sont réalisés par ajustement à $\text{pH}=7$. Les résultats obtenus apparaissent sur les figures 19 et 20.

a) Dose de coagulant = dose optimale

La courbe illustrée sur la figure 19 représente l'évolution des rendements en fonction du charbon actif en poudre et en grains et le tableau 24 permet une brève récapitulation des résultats des rendements maxima pour différentes doses de charbon actif testées. Les résultats obtenus montrent que les rendements d'élimination sont très importants dans le cas de dose de coagulant égale à l'optimale 10mg/l, avec une augmentation dès les doses les plus faibles en charbon actif.

Nous observons un rendement d'élimination maximal de 97,80% pour la dose optimale de charbon actif en poudre de 100 mg/l. Le rendement optimal est moins élevé (86,81 %) pour une dose optimale de charbon actif en grain de 200mg/l. Au-delà de cet optimum, les rendements restent stables pour les deux types de charbon. Cette amélioration des rendements peut être justifiée par l'augmentation des sites d'adsorption avec l'augmentation de la dose de charbon.

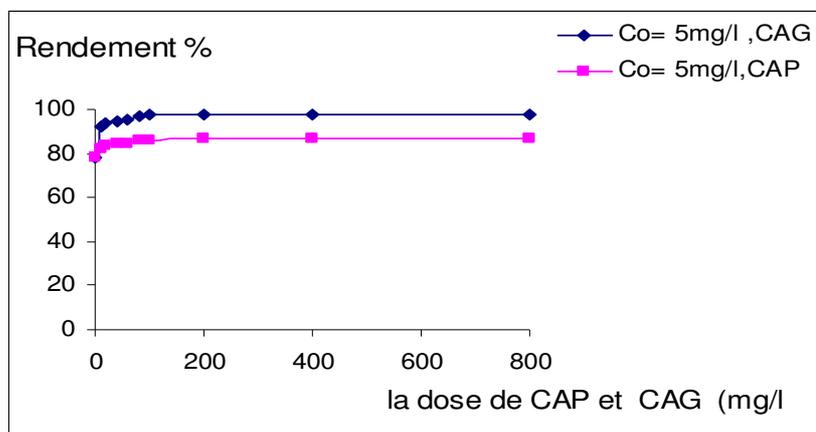


Figure 19 : Effet de la dose de CAP et CAG sur l'élimination des SH (5mg/l)
Dose de coagulant = 10 mg/l = dose optimale ; pH=7.

b) Dose de coagulant < dose optimale

A travers les résultats de la figure 20, nous pouvons observer que les rendements d'élimination de substances humiques subissent des variations significatives au fur et à mesure que les doses de charbon actif augmentent, quel que soit le type de charbon.

En effet, le taux d'élimination passe de 23,36 à 78,83% et la dose optimale de charbon actif en poudre est de 1000 mg/l. Pour le charbon actif en grain, les taux d'élimination passent de 23,36 à 62,04 % pour une dose optimale de charbon actif en grains de 2000 mg/l. Rappelons que la valeur de 23,36% correspond au coagulant seul (5mg/l de sulfate d'aluminium) sans charbon actif en poudre ou en grains. Pour le charbon actif en poudre, les rendements d'élimination sont élevés par rapport à ceux du charbon actif en grains quelle que soit la dose de charbon actif. Au de la de l'optimal, il y a une stabilisation des rendements et ce phénomène de stabilité existe pour les deux charbons. Comparés aux essais précédents, ces essais avec une dose de coagulant inférieure à l'optimal et ajoutée au charbon actif étudié représentent des économies de produit d'aluminium de 50% en comparaison avec l'emploi du coagulant seul.

Le tableau 24 récapitule les résultats optima des différents essais réalisés.

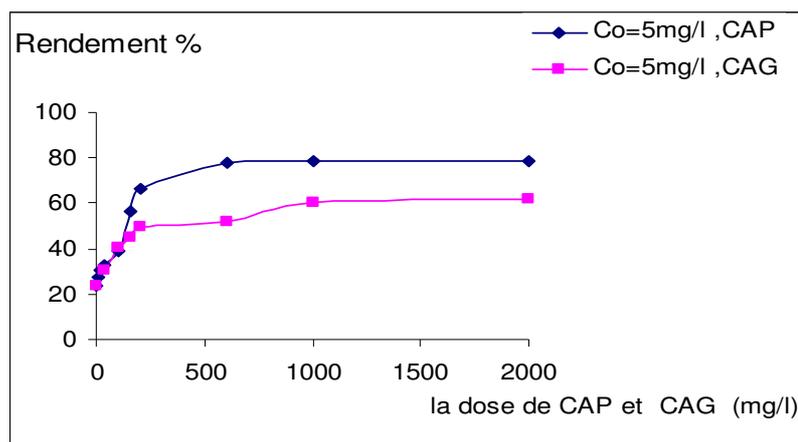


Figure 20 : Effet de la dose de CAP et CAG sur l'élimination des SH (5mg/l)
Dose de coagulant = 5mg/l < dose optimale ; pH=7.

Tableau 24 : Récapitulatif des résultats pour la combinaison sulfate d'aluminium /charbon actif

	Coagulant seul	Combinaison (coagulant+charbon actif)
Composés organiques	Substances humiques (SH) (5mg/l)	
pH	7	
Dose optimale de coagulant (mg/l)	10	10
Rendement %	78,02	-
Dose optimale charbon Actif (mg/l)		
CAP	-	100
CAG		200
Rendement optimal %		
CAP	-	97,80
CAG		86,81
Dose coagulant < Dose optimale (mg/l) En présence de CAP et CAG	-	5
Dose optimale charbon Actif (Dose de coagulant < Dose optimale)		
CAP	-	1000
CAG		2000
Rendement optimal (%) (Dose de coagulant < Dose optimale)		
CAP	-	78,83
CAG		62,04

Au vu des résultats présentés précédemment, il semble possible d'affirmer que les substances humiques sont parfaitement éliminées par la combinaison coagulant /charbon actif au pH de nos

essais dans le cas de la dose optimale de coagulant, mais aussi pour une dose de coagulant inférieure de moitié à l'optimale. Ceci est particulièrement vrai dans le cas du CAP.

III.2.2.2 Effet du pH

Cette phase de l'étude a pour but d'apprécier l'influence du pH sur l'élimination des substances humiques et ce, par la combinaison de sulfate d'aluminium et du charbon actif en poudre à des doses optimales. Nous avons effectué des essais sur des solutions de substances humiques (5mg/l) en eau distillée et avec une dose optimale constante de charbon actif en poudre (100 mg/l). La dose introduite de sulfate d'aluminium correspond à la dose optimale de 10mg/l déterminée au préalable lors de la coagulation-floculation de ces composés en eau distillée sans ajout de charbon. L'ajustement du pH (globalement de 2,52 à 9) a été réalisé durant la phase rapide de l'agitation. Les résultats des essais sont regroupés dans le tableau 25 et représentés sur la figure 21.

Le pH optimal correspondant à la combinaison de coagulant et le charbon actif en poudre est un pH optimal acide (pH = 5).

D'après nos essais, nous observons que le rendement d'élimination de substances humiques sur le charbon actif en poudre augmente au fur et à mesure que le pH augmente jusqu'à pH = 5 pour lequel le rendement est maximal (98,48%). Pour la gamme de pH de 2,52 à 7, la variation des rendements est assez faible et ils restent élevés. Au-delà du pH =7 où le rendement est égal à 97,73%, une diminution de l'efficacité de l'élimination est remarquée pour les rendements.

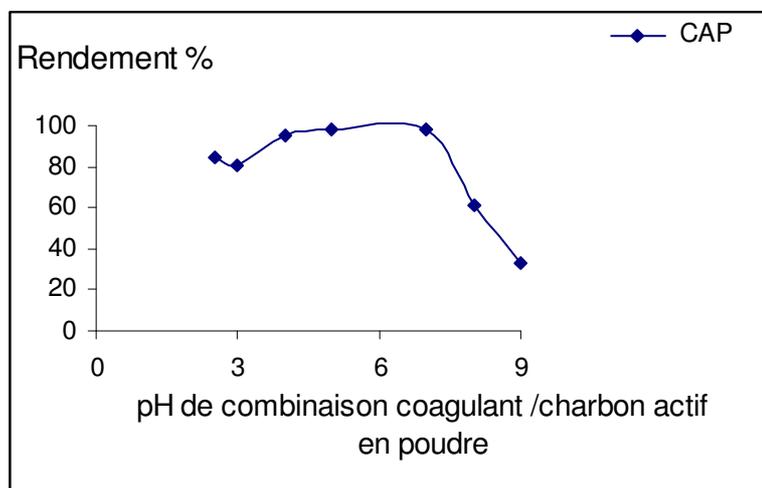


Figure 21 : Effet du pH sur la combinaison de coagulant et du charbon actif en poudre
Dose de coagulant =10 mg/l , Co (SH)=5 mg/l, dose de CAP = 100 mg/l.

Tableau 25 : Effet du pH et comparaison des résultats optima pour le coagulant seul et en présence de CAP

Composé organique Paramètres	Substances humiques (5mg/l)		
	coagulation seule	Combinaison	
pH optimal	5,5	5	7
Rendement %	80,22	98,48	97,73
Dose coagulant optimale (mg/l)	10	10	10
Dose optimale CAP (mg/l)	-	100	100

Nous pouvons constater que le pH optimal reste voisin de 5 aussi bien pour le coagulant seul que pour la combinaison sulfate d'aluminium/charbon actif. Mais les rendements sont améliorés en présence de charbon actif en poudre. A pH =7, les résultats sont appréciables mais moindres qu'à pH = 5. Le charbon actif semble donc plus efficace à pH acide.

Ceci peut s'expliquer par une certaine neutralisation de la surface du charbon actif lorsque le pH diminue et donc une diminution des répulsions électrostatiques au profit des interactions de Van Der Waals.

Il apparaît que l'élimination par combinaison est influencée par la valeur du pH qui modifie la charge ionique de la surface de l'adsorbant, ainsi que le degré d'ionisation de l'adsorbat.

Pour des pH élevés, dépassent le point de charge nulle du matériau, la densité de charge à la surface est globalement négative. Si le composé organique est aussi chargé négativement, l'adsorption est défavorisée du fait de la présence de forces électrostatiques de répulsion.

Des travaux effectués au laboratoire LARHYSS (*Seghairi et al, 2003 ; Bouchemal et Achour, 2008*) ont montré que le pH peut représenter un paramètre fondamental dans le déroulement de la réaction de fixation des composés organiques sur les différents adsorbants.

Le pH conditionne l'état de protonation des composés ainsi que celui des groupements hydroxyles à la surface des matériaux. Les travaux de *Seghairi et al.* (2003) ont déterminé que les substances humiques étaient mieux adsorbées pour des pH voisins de 4 à 5. Pour des valeurs de pH plus élevées, une nette diminution de l'efficacité de l'adsorption est remarquée.

Par ailleurs, les résultats de la coagulation confirment les données bibliographiques (*Semmens et Ayers, 1985 ; Jekel, 1986 ; Rafni, 1994 ; Achour, 2001*) concernant l'élimination de molécules organiques pour des pH se situant globalement entre 5 et 7 selon la structure du composé ainsi que la nature du coagulant (sulfate ferrique ou d'aluminium, chlorure ferrique).

III.3. Elimination de la matière organique aromatique d'une eau de surface

Au cours de cette dernière phase de l'étude, nous avons testé l'effet du coagulant seul et l'effet de la combinaison du coagulant avec le charbon actif en poudre sur l'élimination des micropolluants organiques et la turbidité par le procédé de coagulation –floculation sur une eau de surface.

Afin d'observer le comportement des substances humiques précédemment étudiées dans un milieu aqueux de composition plus complexe, celles-ci sont donc dissoutes dans une eau de surface contenant naturellement des substances minérales et organiques. Les essais de jar-test sont réalisés dans un premier temps sur l'eau de surface brute puis sur la même eau dopée en SH.

III.3.1. Essais de coagulation - floculation sur eau de surface

III.3.1.1. Eau brute (barrage Foum El Gherza)

En introduisant des doses croissantes de sulfate d'aluminium, nous avons réalisé les essais de jar-test sur l'eau brute de barrage Foum El Gherza. Rappelons que ses principales caractéristiques physico-chimiques ont été présentées dans le tableau 16 (cf. chapitre I, 2^{ème} Partie).

Les résultats concernant l'évolution de la turbidité et de l'absorbance en U.V ($\lambda = 254 \text{ nm}$) apparaissent sur la figure 22.

Au vu de ces résultats, il semble que les rendements d'élimination de la turbidité sont meilleurs que ceux de l'abattement de l'absorbance en U.V. Les rendements optima sont respectivement de 81,71% pour la turbidité et 59,05% pour l'aromaticité (absorbance en UV).

Par ailleurs, il y'a lieu de remarquer essentiellement que les doses optimales de coagulant nécessaires à l'élimination de la turbidité sont inférieures à celles nécessaires à l'abattement de la charge organique.

Les doses de coagulant utilisées sont de 80 mg/l en sulfate d'aluminium pour une élimination maximale en matière organique aromatique pour l'eau brute de barrage Foum-El gherza et de 50 mg/l pour l'élimination de la turbidité.

Ceci impliquerait qu'une partie importante de la matrice organique présente dans l'eau brute de barrage Foum-El gherza est sous forme dissoute et n'a pu être convenablement touchée par les conditions de traitement.

Le rendement d'élimination obtenu peut aussi s'expliquer d'une part par la faible teneur en SH (le rendement devrait augmenter pour des plus fortes teneurs en SH) et d'autre part par la composante minérale de l'eau de barrage.

De plus, nous pouvons constater que le pH de cette eau est assez alcalin, ce qui favoriserait plutôt la formation d'hydroxyde d'aluminium et donc un phénomène d'adsorption ou de piégeage de SH. La présence d'une dureté élevée devrait favoriser cette rétention en créant des sites positifs

sur l'hydroxyde, mais les teneurs importantes de chlorures et de sulfates pourraient inhiber cette adsorption en augmentation la charge négative de l'hydroxyde.

Le suivi des valeurs du pH montre qu'il reste voisin de la neutralité. Les formes hydrolysées de l'aluminium prédominantes seraient donc insolubles. Le mécanisme de coagulation- floculation le plus probable serait une adsorption des particules sur les floes $\text{Al}(\text{OH})_3$ formés.

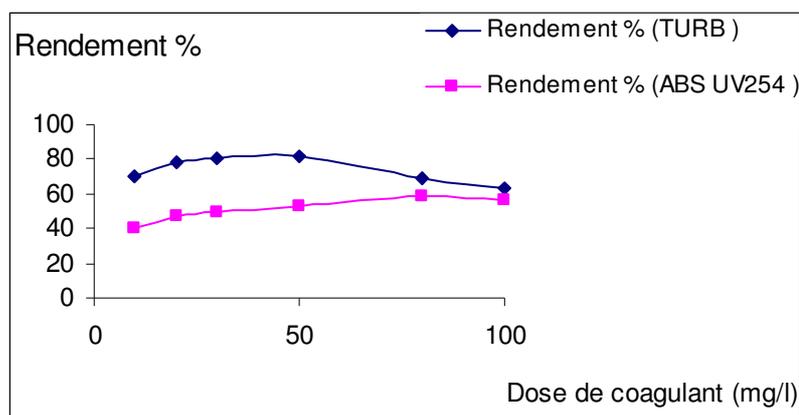


Figure 22 : Essai de jar-test sur l'eau de barrage Foum-El-Gherza (Sans ajout de SH)

II.3.1.2 Eau de barrage dopée par 5mg/l de SH.

L'étude s'est poursuivie en utilisant la même eau de barrage que précédemment mais enrichie par une teneur supplémentaire en SH, soit 5mg/l de SH ajoutées.

Nous pouvons observer que les doses optimales et les rendements d'élimination de la matière organique augmentent lorsque la teneur en SH s'accroît. Ce qui rejoint les conclusions portant sur la coagulation de SH à concentrations variables (*Achour et Guesbaya, 2006 ; Croué, 1987*). De plus, nous pouvons constater une faible restabilisation de la fraction colloïdale humique, contrairement à l'eau de barrage brute. Ceci provient du fait que les substances humiques sont en majorité à l'état dissous car solubles et contribuent peu ou pas du tout à la turbidité de l'eau.

Notons par ailleurs que la dose optimale de coagulant nécessaire à l'abattement de la turbidité est décalée par rapport à la dose nécessaire à l'élimination des UV. La figure 23 présente l'évolution de la turbidité et de l'absorbance UV en fonction de la dose de coagulant.

Ce qui incite à croire qu'en présence d'une charge humique importante, surtout si elle est majoritairement dissoute, il sera nécessaire d'augmenter les doses de coagulant.

En pratique et en l'absence d'une turbidité importante, la dose de coagulant introduite pour flocculer une eau de surface devra tenir compte :

- de la teneur initiale en matière organique et surtout humique.
- De la fraction colloïdale ou dissoute des particules organiques.
- Du pH de l'eau.
- De la minéralisation totale de cette eau et les proportions en ions inhibiteurs ou promoteurs de la réaction de floculation des SH.

Les rendements seront dépendants non seulement de ces divers paramètres mais aussi de leurs effets synergiques qui pourront soit améliorer le procédé, soit le détériorer selon la nature, la quantité de ces constituants et de leurs interactions.

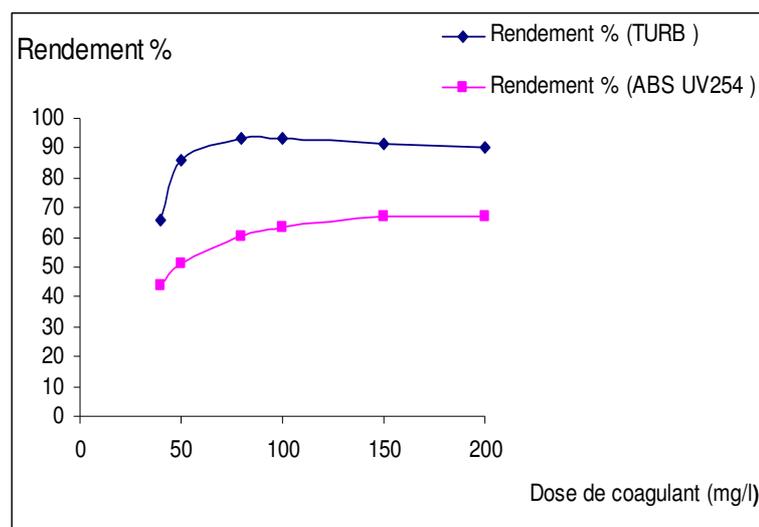


Figure 23 : Essai de jar-test sur l'eau de barrage Foum -El-Gherza (Dopée en SH)

III.3.2 Essais de combinaison sulfate d'aluminium + charbon actif en poudre

Compte tenu des résultats précédents, nous avons choisi de combiner l'ajout simultané du charbon actif en poudre avec le coagulant mais avec une dose constante de coagulant inférieure à la dose optimale pour l'abatement de l'aromaticité de l'eau (Dose de coagulant < dose optimale de coagulant).

III.3.2.1 Eau brute non dopée

Les résultats sont présentés sur la figure 24. Nous avons procédé à l'ajout simultané d'une dose constante de coagulant (40mg/l) et de doses variables de charbon actif en poudre (40 à 2600mg/l) dans l'eau de barrage brute.

D'une façon générale, nous pouvons observer une différence dans l'évolution de la turbidité et celle de l'aromaticité (absorbance UV) par rapport à des doses variables de charbon actif en poudre. Concernant la matière organique, il y a une augmentation de son élimination qui suit l'accroissement des doses de charbon actif jusqu'à atteindre un rendement optimal de 87,62 %,

correspondant à une dose optimale 600 mg/l. Quant à l'élimination de la turbidité, elle est importante dès l'ajout des doses les plus faibles en charbon actif en poudre, avec des rendements d'élimination très élevés, à l'optimale un rendement de 90,00 % pour une dose de CAP de 1200mg/l. D'autre part, si on considère les résultats synthétisés dans le tableau 26, il y'a lieu de constater principalement que les doses optimales de charbon actif en poudre nécessaires à l'élimination de la matière organique, qui correspond majoritairement aux SH, sont moins importantes que celles pour l'abattement de la turbidité.

Cependant, il faut également constater qu'une teneur optimale en CAP en présence d'une dose de coagulant inférieure améliore les rendements d'élimination de la matière organique et peut même aboutir à une augmentation du rendement par rapport à celui obtenu en coagulation-floculation seule pour l'eau de surface.

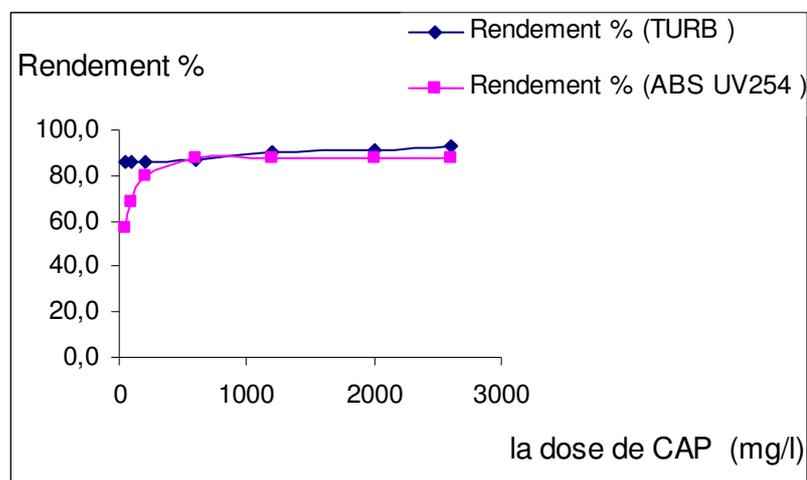


Figure 24 : Effet de la dose de CAP sur l'eau de barrage Foum-El-Gherza
Dose de coagulant < Dose optimale (Sans ajout de SH)

III. 3.2.2 Eau de barrage dopée par 5mg/l SH

Nous étudions l'effet de la combinaison coagulant /charbon actif en poudre sur l'eau de barrage de Foum El Gherza mais en la dopant par 5mg/l en substances humiques. Nous utilisons des doses croissantes en charbon actif en poudre de (40 à 2600 mg/l) et une dose constante de coagulant inférieure à la dose optimale (essai concernant l'eau dopée en substances humiques) soit 80mg/l. Le tableau 26 et la figure 25 présentent les résultats des essais de combinaisons des solutions ainsi préparées.

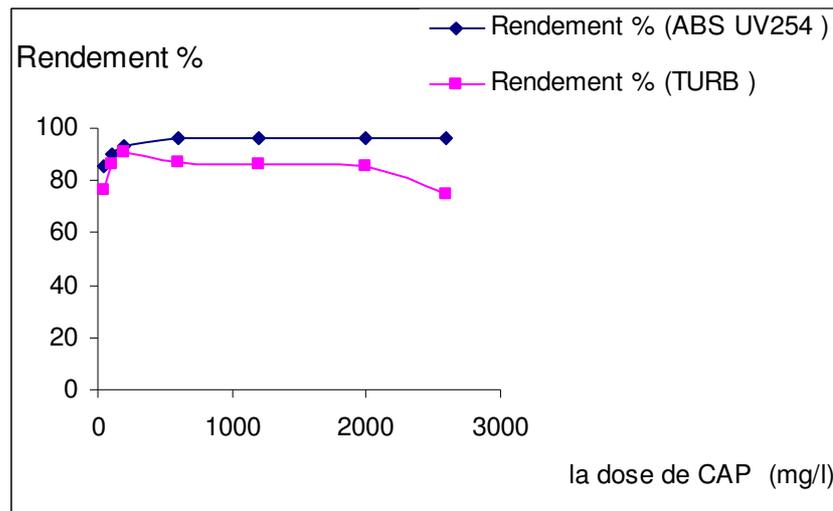


Figure 25 : Effet de la dose de CAP sur l'eau de barrage Foum El Gherza

Dose de coagulant < dose optimale (dopée en SH)

Concernant l'incidence du rajout de ce composé organique SH sur l'évolution de la turbidité, nous pouvons observer que la dose optimale relative à ce paramètre est 200 mg/l en charbon actif en poudre avec un rendement d'élimination élevé 90,75 %, avec une légère diminution par rapport à l'eau brute.

La présence d'une matrice organique dissoute à teneur appréciable pourrait donc créer une légère perturbation à l'élimination de la phase dispersée (particules en suspension) des eaux considérées au cours de la coagulation par le sulfate d'aluminium en présence de charbon actif.

En ce qui concerne l'évolution de la matière organique évaluée par la mesure de l'absorbance en U.V, le comportement de la charge organique de cette eau de surface dopée serait globalement celui du composé organique dissous. Aux doses utilisées de charbon actif et avec une dose de coagulant inférieure à l'optimale, de bons rendements d'élimination de cette matière organique sont observés et la dose optimale de CAP est de 600 mg/l pour un rendement optimal de 96,36%. Au-delà de l'optimum, il y a une stabilité du rendement. Le rajout de charbon actif en poudre à cette eau de surface dopée par des SH semble améliorer les rendements d'élimination globale de la matière organique par rapport à ceux observés en eau brute. De plus, il est intéressant de noter que le comportement d'élimination de la matière organique testée (SH) vis-à-vis de la présence de charbon actif en poudre et avec une dose de coagulant inférieure à l'optimale reste assez similaire à celui observé au cours des essais en eau brute et en eau distillée, notamment en ce qui concerne la stabilité des rendements après l'optimum d'élimination. Il y'a lieu également d'observer que, dans les conditions de nos essais, l'abattement de la matière organique (suivie par l'absorbance UV) est supérieur à celui de l'abattement de la turbidité.

Tableau 26 : Récapitulatif des résultats optima de l'absorbance UV₂₅₄ et la turbidité

Paramètres \ Eaux de surface	Barrage Foum-El-Gherza (Sans ajout de SH)	Barrage Foum El Gherza (dopée en SH)
<u>(AbsUV₂₅₄), coagulant seul</u>		
Rendement optimal %	59,05	67,27
Dose de coagulant (mg/l)	80	150
pH (final)	6,83	6,26
<u>Turbidité (NTU), coagulant seul</u>		
Rendement optimal %	81,71	93,50
Dose de coagulant (mg/l)	50	100
pH	7,32	6,79
<u>(AbsUV₂₅₄), combinaison CAP + coagulant</u>		
Rendement optimal %	87,62	96,36
Dose de CAP (mg/l)	600	600
Dose de coagulant (mg/l) <à la dose optimale de l'essai de (AbsUV ₂₅₄), coagulant seul	Constante = 40	Constante = 80
pH	7,28	7,26
<u>Turbidité (NTU), combinaison CAP + coagulant</u>		
Rendement optimal %	90,00	90,75
Dose de CAP (mg/l)	1200	200
Dose de coagulant (mg/l) < à la dose optimale de l'essai de (AbsUV ₂₅₄), coagulant seul	Constante = 40	Constante = 80
pH	7,25	7,18

II.4 Conclusion

Au cours de ce chapitre, l'objectif était de montrer l'efficacité de l'élimination de SH en solution synthétique d'eau distillée et en eau de surface par le procédé de clarification utilisant la coagulation-floculation avec le sulfate d'aluminium seul puis combiné avec le charbon actif en poudre ou en grain.

Dans un premier temps, les essais de coagulation-floculation des substances humiques, dissoutes dans l'eau distillée, et à un pH = 7, ont montré que le pourcentage d'élimination des SH était important, conformément aux travaux antérieurs.

En faisant varier le pH des solutions, l'optimum de coagulation a été obtenu pour un pH égal à 5,5, résultat conforme à ceux de la littérature et qui indiquent que le rendement optimal d'élimination des substances humiques par coagulation est obtenu dans des conditions de pH acides.

En ce qui concerne la combinaison sulfate d'aluminium /charbon actif, l'élimination de SH en eau distillée dans les conditions où la dose de coagulant est égale à l'optimum, nous avons obtenu un rendement d'élimination important (97,80%) pour une dose optimale de charbon actif en poudre de 100 mg/l. Ce rendement est moins élevé, soit 86,81 % pour une dose optimale de charbon actif en grain de 200mg/l. L'abattement des substances humiques est dès le départ élevé, proche des rendements optimaux et une stabilité des rendements au-delà de l'optimum pour les deux types de charbon.

Dans le cas où la dose de coagulant est inférieure à l'optimale (5mg/l de sulfate d'aluminium), la combinaison sulfate d'aluminium /charbon actif, pour l'élimination de SH en eau distillée aboutit à un rendement d'élimination appréciable (78,83%) pour une dose optimale de charbon actif en poudre de 1000 mg/l un rendement de 62,04 % pour une dose optimale de charbon actif en grain de 2000mg/l. Les rendements restent donc intéressants avec une dose de coagulant inférieure à l'optimale et ajoutée au charbon actif étudié. Ce qui pourrait économiser sur le réactif coagulant.

Il semble donc que la combinaison du charbon actif et du sulfate d'aluminium (A une dose optimale ou inférieure) est capable d'éliminer efficacement les SH à pH égal à 7. Toutefois, la variation du pH a permis de mettre en évidence qu'une meilleure élimination des SH était possible à des pH acides, voisins de 5 que ce soit en présence ou en absence de charbon actif.

Dans le cas de la coagulation par le sulfate d'aluminium seul, d'une eau de surface (eau du barrage Fom El Gherza), il semble que les rendements d'élimination de la turbidité soient meilleurs que ceux de l'abattement de l'absorbance en U.V

Cependant, l'ajout d'une teneur optimale en CAP conjointement avec une dose 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.