

III- 1 Introduction

Au cours de ce chapitre, nous allons tenter d'étudier l'efficacité de la précipitation chimique à la chaux et au sulfate d'aluminium vis à vis l'abattement du cadmium dissous dans des eaux minéralisées. Nous observons également son incidence sur la qualité physico-chimique des eaux en fin de traitement.

Nos essais ont porté dans un premier temps sur des solutions synthétiques d'eau distillée dopées en cadmium afin de tester l'influence de calcium et de magnésium sur l'élimination du cadmium. Dans un second temps, nos essais ont concerné divers échantillons d'eaux minéralisées (eaux souterraines et eaux de surface) dans le but de faire apparaître l'effet de la matrice minérale sur la diminution du cadmium. Les principales caractéristiques physico-chimiques des eaux à traiter seront présentées dans ce chapitre. Un exemple d'application du procédé de précipitation chimique du cadmium sur une eau usée industrielle est également proposé.

III-2 Effet des sels

Avant d'étudier l'effet de la minéralisation totale sur l'élimination du cadmium par la chaux ou le sulfate d'aluminium, il nous a paru judicieux de tester le comportement de certains éléments minéraux tels que le calcium et le magnésium vis à vis du cadmium.

Pour ce faire, nous avons considéré une eau distillée contenant une teneur fixe en cadmium en présence de chaux ou de sulfate d'aluminium. Le traitement s'effectue par l'introduction de doses croissantes d'ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} sous forme de chlorure de calcium (CaCl_2 , $2\text{H}_2\text{O}$) ou chlorure de magnésium (MgCl_2 , $6\text{H}_2\text{O}$). Les conditions opératoires sont identiques à celles appliquées lors de l'étude sur solutions synthétiques dans le chapitre précédent

III-2-1 Effet des sels sur l'élimination du cadmium par précipitation chimique à la chaux en eau distillée

Nos essais sont réalisés sur des solutions synthétiques d'eau distillée dopées en cadmium (20 mg/l) et contenant une dose de chaux égale à 40 mg/l. Puis, nous avons introduit des doses croissantes d'ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} variant de 20 à 600 mg/l. Pour chaque solution traitée, nous avons suivi la variation du cadmium résiduel ainsi que le pH

III-2-1-1 Résultats

Les résultats que nous avons obtenus sont présentés dans les tableaux 14 et 15 en annexe ainsi que sur les figures 24 et 25. A partir de ces résultats, nous pouvons constater que l'ajout progressif des ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} conduit à la diminution du cadmium jusqu'à une teneur optimale de sel de 200 mg/l pour le calcium par contre elle ne dépasse pas 100 mg/l dans le cas de magnésium. Après ces deux valeurs, le cadmium résiduel réaugmente aussi bien pour le magnésium que le calcium. Les rendements d'élimination apparaissent comme importants pour les deux ions. Le pH a été également affecté par ce traitement. Il semble que le pH augmente avec l'accroissement de la dose des ions introduits (Ca^{2+} , Mg^{2+}) et le pH obtenu en fin de traitement dans le cas de calcium est supérieur à celui obtenu en présence de magnésium.

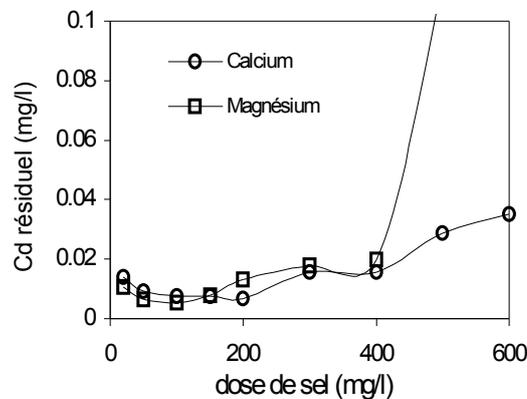


Figure 24 : Variation du cadmium résiduel en fonction de la dose des sels en eau distillée, $[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 40 \text{ mg/l}$, $[\text{Cd}_0^{2+}] = 20 \text{ mg/l}$.

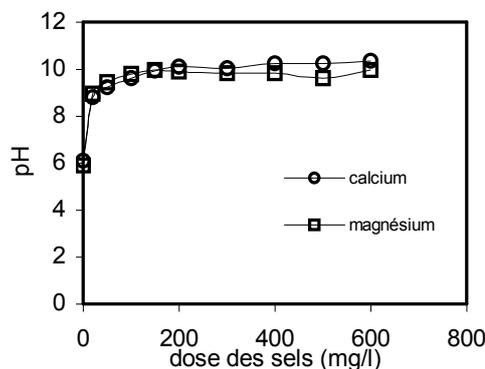


Figure 25 : Variation du pH en fonction de la dose des sels en présence sels en eau distillée, $[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 40 \text{ mg/l}$, $[\text{Cd}_0^{2+}] = 20 \text{ mg/l}$.

III-2-1-2 Discussion

L'amélioration du rendement d'élimination du cadmium par précipitation chimique à la chaux en présence des ions Ca^{2+} peut s'expliquer par plusieurs phénomènes :

- Le cadmium peut être précipité sous forme d'hydroxyde ou de carbonate du fait que l'introduction excessive de calcium favorise l'augmentation du pH.
- Le cadmium peut aussi être adsorbé sur les carbonates de calcium (CaCO_3) précipités à pH variant entre 9,11 et 9,5.

L'augmentation du cadmium résiduel au-delà de la dose optimale de calcium (200 mg/l) est due probablement aux ions Ca^{2+} qui entrent en compétition avec le cadmium pour les sites d'adsorption. Dans le cas du magnésium et en plus des phénomènes précités, le cadmium peut être adsorbé sur la magnésite ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) formée lors de l'ajout progressif des ions Mg^{2+} . Cela explique le fait que la teneur optimale de magnésium soit inférieure à celle du calcium. La diminution du rendement d'élimination peut s'expliquer par la saturation des sites d'adsorption de l'hydroxyde de magnésium ou par la dissolution des précipités formés tels que les carbonates de cadmium.

III-2-2 Effet des sels sur l'élimination du cadmium par coagulation floculation au sulfate d'aluminium en eau distillée

L'application de ce procédé a consisté à montrer l'effet des sels calciques et magnésiens sur l'abattement du cadmium. Pour une eau distillée contenant 20 mg/l du cadmium et 10 mg/l du sulfate d'aluminium, nous avons ajouté de doses croissantes d'ions Ca^{2+} et Mg^{2+} variant de 20 à 600 mg/l.

III-2-2-1 Résultats

Les tableaux 16 et 17 en annexe et les figures 26 et 27 montrent les résultats obtenus durant les essais. D'après ces résultats nous remarquons que les rendements obtenus en présence du magnésium sont importants et sont améliorés par rapport à ceux obtenus en eau distillée seule. L'ajout de doses croissantes de magnésium améliore les rendements d'élimination du cadmium de 74,05 % en eau distillée seule jusqu'à 81,52 % en présence du magnésium.

Par contre dans le cas de calcium, plus les doses de cet élément augmentent plus le rendement d'abattement décroît. Le pH semble subir une légère réduction avec l'accroissement des doses des sels minéraux introduits.

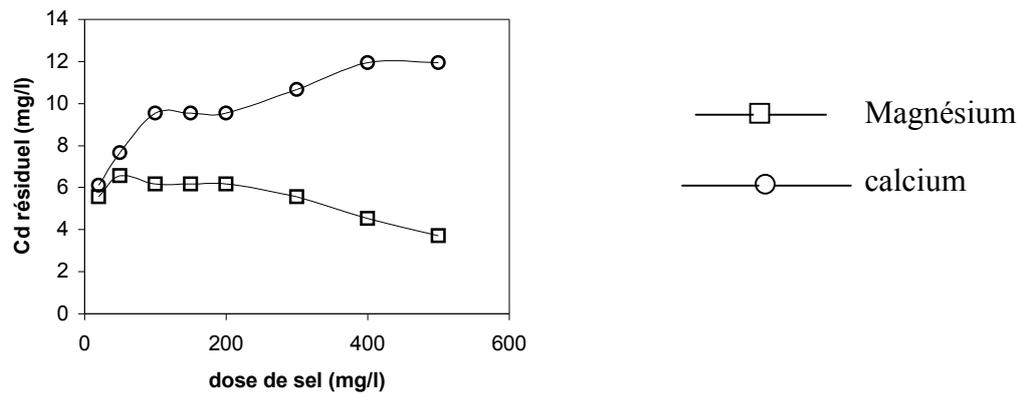


Figure 26 : Variation du cadmium résiduel en fonction de la dose des sels en eau distillée, $[Al_2(SO_4)_3] = 10 \text{ mg/l}$, $[Cd_0^{2+}] = 20 \text{ mg/l}$.

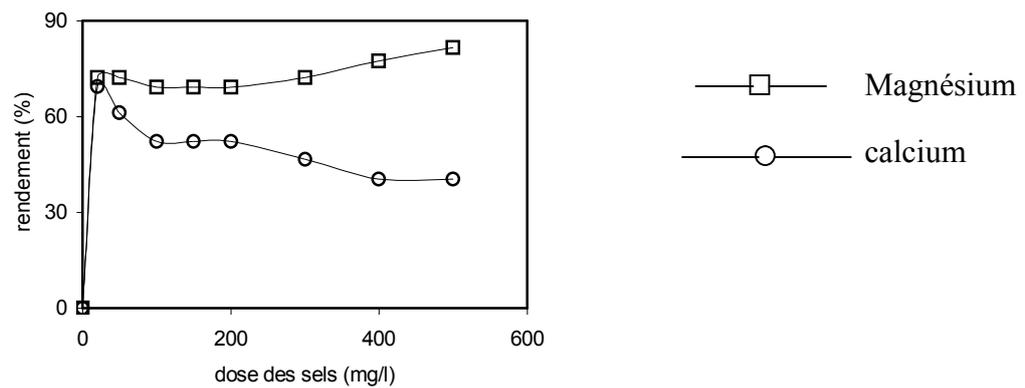


Figure 27 : Variation du rendement d'élimination du cadmium en fonction de la dose des sels en eau distillée, $[Al_2(SO_4)_3] = 10 \text{ mg/l}$, $[Cd_0^{2+}] = 20 \text{ mg/l}$.

III-2-2-2 Discussion

L'application de ce procédé avec l'ajout de magnésium induit une amélioration de l'élimination du cadmium plus ou moins appréciable. L'amélioration peut être observée en prenant comme référence les résultats en eau distillée sans sels. Le rendement d'élimination du cadmium obtenu en eau distillée seule est égal 74,05% qui semble inférieur à celui obtenu en présence du magnésium (81,52 %). Cette amélioration peut s'expliquer par l'adsorption du cadmium sur les hydroxydes d'aluminium formés suite aux réactions d'hydrolyse. Concernant le calcium, il apparaît que sa présence joue un rôle inhibiteur pour l'abattement du cadmium car l'augmentation des doses de cet

élément conduit à une diminution remarquable de rendements d'élimination de 69,43 jusqu'à 40,32 %. Nous pouvons expliquer cette diminution en supposant qu'il y a eu compétition des ions Cd^{2+} et Ca^{2+} pour les sites d'adsorption de $\text{Al}(\text{OH})_3$.

III-3 Élimination du cadmium en eaux naturelles minéralisées

Dans le but de faire apparaître l'impact de la composante minérale sur l'élimination du cadmium par précipitation chimique à la chaux ou au sulfate d'aluminium, nos essais ont concerné différentes eaux minéralisées (eaux souterraines, eaux de surface) enrichies par une teneur fixe en cadmium (20 mg/l) traitées par l'introduction des doses croissantes de chaux ou de sulfate d'aluminium. Puis, nous avons suivi l'évolution du cadmium résiduel ainsi que le pH des échantillons traités. Nous avons également évalué les valeurs de certains paramètres tels que le TH, TAC, calcium, magnésium, chlorures, Sulfates et potassium après traitement pour les eaux de foum El-Gherza afin d'avoir une idée sur l'incidence de la précipitation chimique à la chaux sur la qualité des eaux minéralisées. Les conditions opératoires sont identiques à celles appliquées lors de l'étude sur solutions synthétiques du précédent chapitre.

III-3-1 Caractéristiques des eaux minéralisées de dilution du cadmium

Les eaux minéralisées utilisées durant ce traitement regroupent les eaux souterraines qui peuvent être des eaux de source (eau d'Ifri) ou eaux de forage (eau de Sidi Khelil, eau Fontaine des gazelles ou eau d'El-Alia) destinées à l'alimentation en eau potable et les eaux de surface qui sont des eaux de barrages (barrage Fontaine des gazelles, barrage Foum El-Gherza) qui servent à l'irrigation des sols agricoles.

Avant d'aborder les essais d'élimination du cadmium, il est nécessaire de déterminer les principaux paramètres de qualité des eaux à traiter. Le tableau 28 présente les résultats d'analyse obtenus. D'après ces résultats, nous pouvons constater que les teneurs en cadmium des différentes eaux sont conformes aux normes de l'OMS à l'exception de l'eau de Foum El-Gherza. Cette constatation confirme les données bibliographiques (Cf Chapitre I) qui indiquaient que la présence du cadmium dans les eaux naturelles est à l'état de trace. Concernant les autres paramètres, nous remarquons que la conductivité passe d'une valeur moyenne (eau d'Ifri) à une valeur qui dépasse largement la norme (eau d'El- alia). Les fortes teneurs en calcium et magnésium reflètent une dureté importante supérieure dans tous les cas à 50 °F (à l'exception l'eai d'Ifri). Le TAC est très inférieur à la dureté totale (TH) ce qui traduit la présence d'une dureté permanente liée aux chlorures et aux sulfates.

III-3-2 Elimination du cadmium par précipitation chimique à la chaux en eaux minéralisées

L'objectif de nos essais est d'observer l'incidence de la minéralisation totale sur la réduction du cadmium par la chaux. Pour ce faire, nos essais ont été effectués sur des solutions minéralisées différentes (eaux souterraines, eaux de surface) contenant une teneur fixe en cadmium (20 mg/l) en ajoutant des doses croissantes de chaux comprises entre 10 et 600 mg/l. En fin de traitement, nous avons évalué le cadmium résiduel et le pH des échantillons traités. D'autres paramètres (TH, TAC, calcium, magnésium, chlorure, sulfate et potassium) ont été également évalués pour l'eau de barrage Foum El-Gherza.

III-3-2-1 Résultats

a) Eaux souterraines

Le suivi du cadmium résiduel en fonction de la dose de chaux a abouti aux résultats présentés sur le tableau 18 en annexe et la figure 28. Au vu de ces résultats, il apparaît que la précipitation chimique à la chaux semble très efficace pour l'élimination du cadmium de ces eaux en atteignant des rendements d'abattement importants et des teneurs résiduelles en cadmium inférieures aux normes. Nous remarquons également que la dose optimale de chaux correspondante à la meilleure élimination s'accroît avec l'augmentation de la minéralisation totale comme le montre le tableau 29.

Tableau 29 : Variation de la dose optimale de chaux en fonction de la conductivité des eaux souterraines

Eau souterraine	Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	Dose optimale de chaux (mg/l)
Eau fontaine des gazelles	725	200 mg/l < C < 250 mg/l
Eau Sidi Khelil	1330	400 mg/l < C < 600 mg/l
Eau d'El-Alia	4910	600 mg/l < C < 800 mg/l

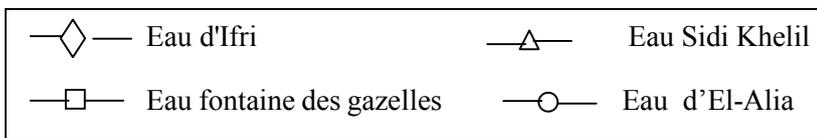
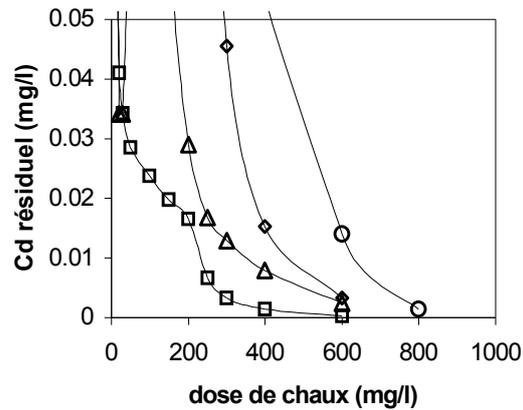


Figure 28 : Variation du cadmium résiduel en fonction de la dose de chaux des eaux souterraines, $[Cd_0^{2+}] = 20 \text{ mg/l}$.

b) eaux de surface

Les résultats obtenus durant ce traitement sont présentés dans le tableau 19 en annexe et sur les figures 29 et 30. D'après ces résultats, nous constatons que l'élimination du cadmium des eaux de surface par la précipitation chimique à la chaux donne de bons rendements et ne nécessite pas des doses importantes de chaux. La dose de chaux permettant d'atteindre une teneur en cadmium conforme aux normes varie entre 100 et 150 mg/l pour l'eau de Foum el-gherza et elle est entre 200 et 400 dans le cas de l'eau Fontaine des gazelles. Le pH augmente évidemment avec l'accroissement des doses de chaux et se situe entre 10 et 11. L'évolution des paramètres conductivité, TH, TAC, Ca^{2+} , Mg^{2+} de l'eau de Foum el gherza en fin de traitement est présenté sur le tableau 30.

La conductivité diminue en fonction de la dose de chaux puis réaugmente après passage par un minimum. Le TH et le TAC diminuent avec l'accroissement de la dose de chaux.

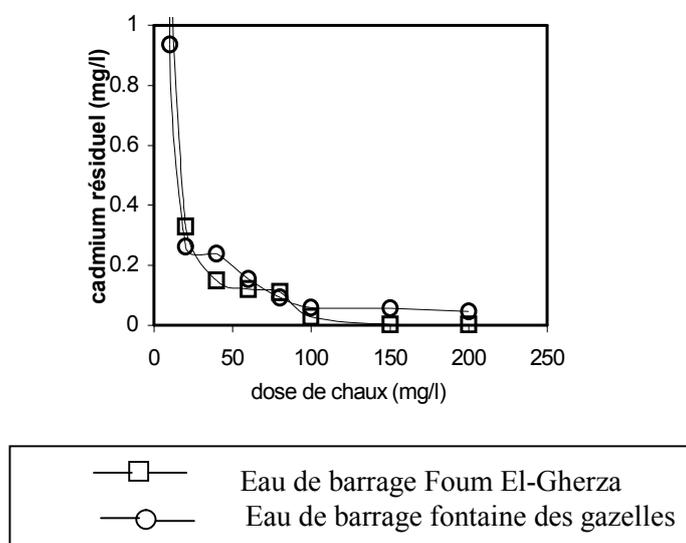


Figure 29 : Variation du cadmium résiduel en fonction de la dose de chaux des eaux de surface, $[Cd_0^{2+}] = 20 \text{ mg/l}$.

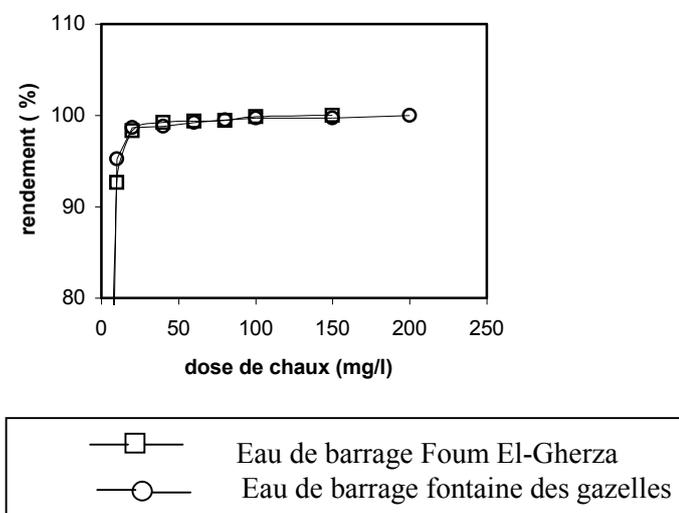


Figure 30 : Variation du rendement d'élimination du cadmium en fonction de la dose de chaux des eaux minéralisées, $[Cd_0^{2+}] = 20 \text{ mg/l}$.

III-3-2-2 Discussion

A partir des résultats obtenus pour les différentes eaux minéralisées, nous pouvons constater que les essais d'élimination du cadmium ont nécessité de fortes doses de chaux (100 à 800 mg/l) tout comme les solutions synthétiques traitées précédemment. L'accroissement des doses optimales de chaux en fonction de la minéralisation totale des eaux souterraines peut s'expliquer par la présence de plusieurs phénomènes qui entrent en compétition avec l'élimination du cadmium tels que la précipitation de calcium sous formes de carbonate ou de sulfate, la précipitation de l'hydroxyde de magnésium ou encore la précipitation de l'hydroxyde de fer si les ions de fer existent dans les eaux à traiter. C'est à dire que les ions OH^- libérés par l'ajout de chaux peuvent aussi réagir avec d'autres ions que Cd^{2+} . Cependant, les précipités formés peuvent contribuer à la diminution du cadmium en le fixant sur leur surface.

Dans le cas des eaux de surface, l'amélioration du rendement apportée par ce traitement est dûe probablement d'une part à la complexation du cadmium avec les matières organiques en particulier les substances humiques de ces eaux sous formes de complexes stables (Juste, 1995). Afin de mettre en évidence l'influence de la matière organique sur l'élimination du cadmium, nous avons traité une eau distillée dopée en cadmium (20 mg/l) et contenant 5 mg/l de substances humiques. Les résultats ont montré que la dose de chaux qui permet d'atteindre la teneur limite admissible en cadmium est de 40 mg/l (figure 31 et tableau 20 en annexe) par contre elle est égale à 200 mg/l dans le cas de l'eau distillée seule. Par ailleurs, le cadmium peut aussi être fixé par les matières en suspension (Blifert, 2001). De plus, le cadmium peut être retenu par les oxydes de fer formés lors de ce traitement.

Pour ce qui est de la variation de la dureté totale, nous pouvons expliquer sa diminution par la baisse de la concentration du calcium et de magnésium qui sont éliminés par formation des précipités peu solubles (CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$). L'ajout de chaux provoque une baisse de l'alcalinité de l'eau (dureté bicarbonatée liée aux Ca^{2+} et Mg^{2+}). Cependant, à des doses de chaux plus élevées, le TAC réaugmente du fait qu'on a dépassé la dose nécessaire pour réagir avec les carbonates de calcium et de magnésium.

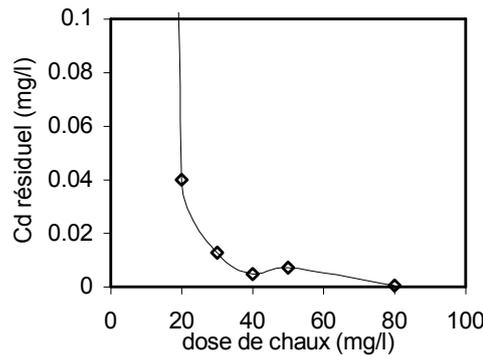


Figure 31 : Variation du cadmium résiduel en fonction de la dose de chaux en eau distillée en présence des matières organiques. $[SH] = 5 \text{ mg/l}$, $[Cd_0] = 20 \text{ mg/l}$

III-3-3 Elimination du cadmium par coagulation floculation au sulfate d'aluminium en eaux minéralisées

Afin de montrer l'effet de la minéralisation totale sur l'abattement du cadmium par coagulation floculation au sulfate d'aluminium, nos essais ont concerné deux types d'eaux minéralisées, eaux souterraines et eaux de surface enrichies par du cadmium dissous (20 mg/l). Le traitement s'effectue en ajoutant des doses croissantes de sulfate d'aluminium allant de 5 jusqu'à 80 mg/l. Pour évaluer l'efficacité du procédé, nous avons suivi l'évolution du cadmium résiduel, le pH ainsi que la variation d'autres paramètres de qualité des eaux traitées.

III-3-3-1 Résultats

a) eaux souterraines

Les résultats obtenus en fin de traitement sont présentés sur le tableau 21 en annexe et les figures 32 et 33. D'après ces résultats, nous constatons que la coagulation floculation au sulfate d'aluminium demeure un procédé peu efficace vis à vis l'abattement du cadmium parce que la teneur admissible n'est jamais atteinte. Cependant en comparant ces résultats à ceux obtenus en solutions synthétiques d'eau distillée, il apparaît que la minéralisation totale contribue plus ou moins dans la réduction du cadmium car les rendements d'élimination semblent importants et dépassent pour toutes les eaux 69%. nous remarquons que les rendements d'élimination s'améliorent avec l'augmentation de la minéralisation totale comme le montre le tableau 31

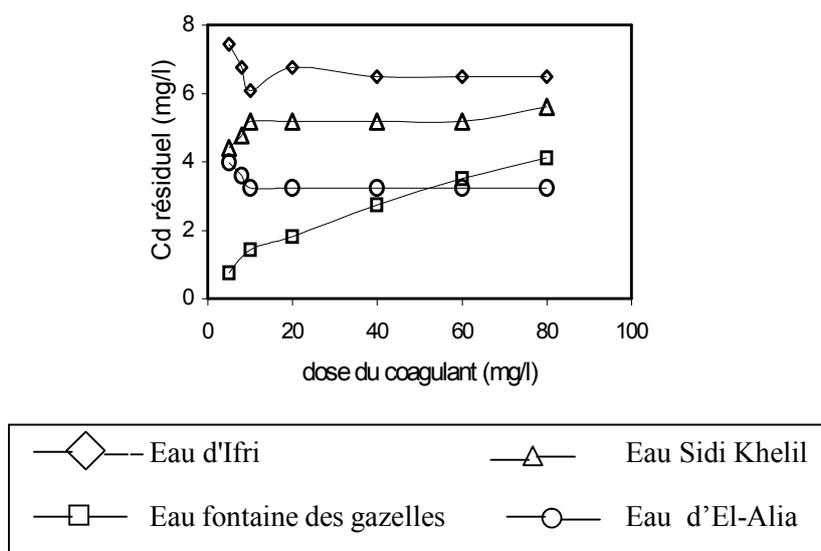


Figure 32 : Variation du cadmium résiduel en fonction de la dose de sulfate d'aluminium des eaux souterraines, $[Cd_0^{2+}] = 20 \text{ mg/l}$.

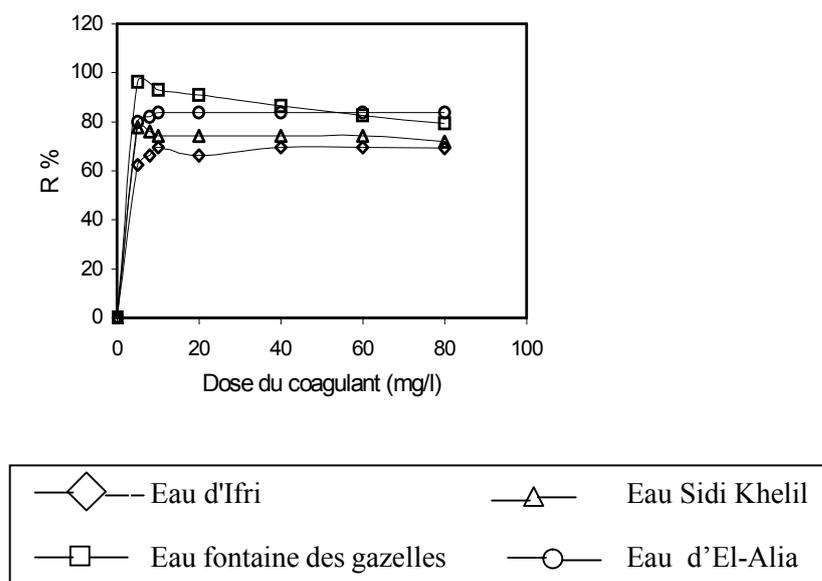


Figure 33 : Variation du rendement d'élimination du cadmium en fonction de la dose de sulfate d'aluminium des eaux souterraines, $[Cd_0^{2+}] = 20 \text{ mg/l}$.

Tableau 31 : Variation du rendement d'élimination du cadmium en fonction de la conductivité des eaux souterraines.

<i>Eau souterraine</i>	Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	Rendement d'élimination du Cd (%), [Al ₂ (SO ₄) ₃] = 80 mg/l
Eau Ifri	550	69,5
Eau fontaine des gazelles	725	79,38
Eau Sidi Khelil	1330	72
Eau d'El-Alia	4910	83,78

b) Eaux de surface

Le tableau 22 en annexe et les figures 34 et 35 montrent les résultats obtenus durant les essais. Au vu de ces résultats, nous pouvons constater que les rendements obtenus pour les eaux de surface sont supérieurs à ceux obtenus dans le cas des eaux souterraines en particulier pour les eaux de Foug el-Gherza car les rendements dépassent 83%. Dans le cas de l'eau fontaines des gazelles, les rendements apparaissent moins importants et diminuent avec l'augmentation de la dose de coagulant.

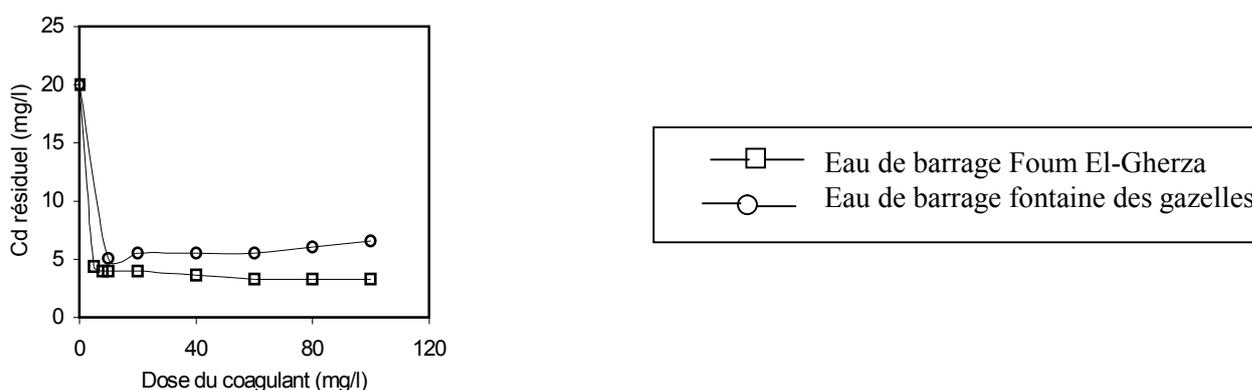


Figure 34 : Variation du cadmium résiduel en fonction de la dose de sulfate d'aluminium des eaux de surface, [Cd₀²⁺] = 20 mg/l.

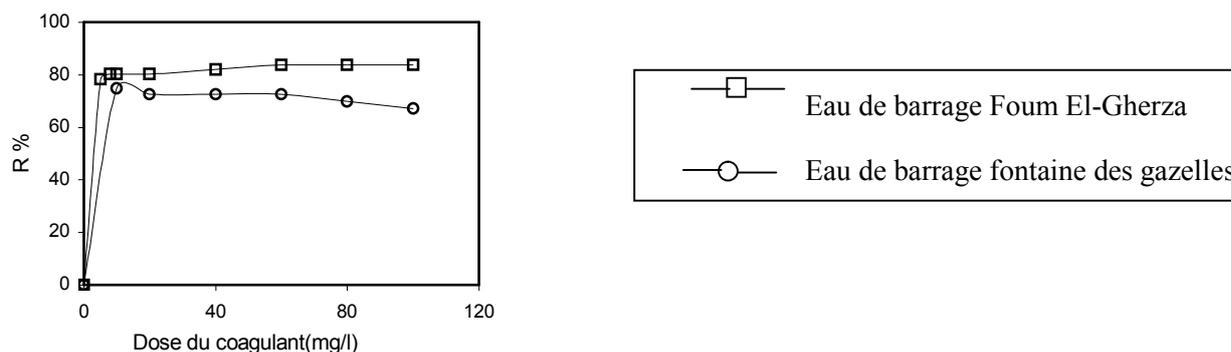


Figure 35 : Variation du rendement d'élimination du cadmium en fonction de la dose de sulfate d'aluminium des eaux de surface, $[Cd_0^{2+}] = 20 \text{ mg/l}$.

III-3-2 Discussion

L'élimination du cadmium par coagulation floculation en eaux naturelles minéralisées donne des résultats plus ou moins supérieures à ceux obtenus en solutions synthétiques d'eau distillée, cela peut s'expliquer par la stabilité du pH entre 6,5 et 7,5. Dans cet intervalle, suite à la réaction d'hydrolyse de sulfate d'aluminium la forme prédominante est l'hydroxyde d'aluminium qui adsorbe le cadmium. Pour les eaux souterraines, l'accroissement du rendement d'élimination en fonction de la minéralisation totale peut s'expliquer par la précipitation de certains composés qui contribuent à la rétention du cadmium ou l'aider à précipiter (phénomènes de co-précipitation).

Dans le cas des eaux de surface, la réduction du cadmium est supérieure à celle obtenue pour les eaux souterraines, ceci peut être expliquée par la complexation du cadmium avec les matières organiques ou la rétention du cadmium par les matières en suspension tout comme lors du traitement par la chaux. Vu les caractéristiques physico-chimiques des eaux de surfaces utilisées (Cf tableau 28), il apparaît qu'elles sont moyennement turbides et contiennent des matières organiques. La coagulation floculation au sulfate d'aluminium des eaux brutes de barrage Foum El-gherza a montré que la dose optimale de coagulant nécessaire pour l'élimination de la turbidité est égale à 30 mg/l. Par contre, la diminution des matières organiques exige une dose de sulfate d'aluminium plus importante égale à 70 mg/l (Rezég, 2004). Ce qui explique par la suite que la réduction du cadmium nécessite des doses de coagulant supérieures à 70 mg/l. Afin de mettre en évidence la contribution des matières organiques dans l'abattement du cadmium, nous avons traité une eau distillée enrichie par 20 mg/l du cadmium et contenant 5 mg/l des substances humiques par des doses croissantes de sulfate d'aluminium. Les résultats obtenus pour les faibles doses de coagulant semblant très proches de ceux obtenus en eau distillée seule (figure 36 et tableau 23 en annexe). Cependant, nous notons

une nette détérioration des rendements lorsque les doses de sulfate d'aluminium dépassent 40 mg/l. Le coagulant pourrait préférentiellement se complexer aux substances humiques.

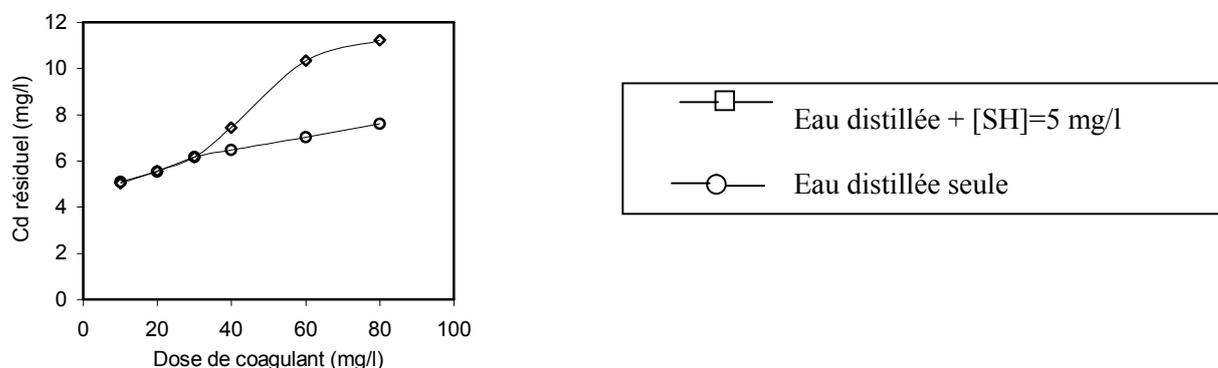


Figure 36: Variation du cadmium résiduel en fonction de la dose de sulfate d'aluminium en eau distillée, $[Cd_0] = 20 \text{ mg/l}$

III-4 Elimination du cadmium d'une eau industrielle par précipitation

chimique à la chaux

Dans le but de tester l'efficacité de l'élimination du cadmium par précipitation chimique à la chaux pour des eaux industrielles chargées naturellement en cadmium, nous avons considéré une eau usée industrielle (ASMIDAL) de la ville d'Annaba contenant 15,8 mg/l de cadmium puis nous avons introduit des doses croissantes de chaux variant entre 10 et 300 mg/l. En fin de traitement, nous avons suivi l'évolution du cadmium résiduel ainsi que le pH des échantillons traités.

III-4-1 Résultats

a) Caractéristiques physico-chimiques de l'eau usée industrielle ASMIDAL

Avant d'entamer le traitement de l'eau usée industrielle ASMIDAL, nous avons procédé à la détermination des principaux paramètres de sa qualité en commençant par l'analyse du cadmium. Le tableau 33 regroupe les résultats d'analyse obtenus. D'après ces résultats, nous pouvons constater que la teneur en cadmium est supérieure à la norme de l'OMS ainsi qu'à la norme de rejet (Cf chapitre I de la partie bibliographique). Concernant les caractéristiques physico-chimiques, nous remarquons que le pH est très acide et que la conductivité est très grande car ce rejet contient différents éléments minéraux.

Tableau 33 : Caractéristiques physico-chimique de l'eau usée industrielle (ASMIDAL) de Annaba

Paramètres	Valeur
T °C	15
PH	2,15
Conductivité (ms/cm)	70,5
TH (°F)	1360
Ca ²⁺ (mg/l)	640
Mg ²⁺ (mg/l)	2880
TAC (°F)	3550
Cl ⁻ (mg/l)	0
K ⁺ (mg/l)	4050
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	60
Cadmium (mg/l)	15,8

b) Essais d'élimination du cadmium

Les résultats que nous avons obtenus sont présentés dans le tableau 24 en annexe ainsi que sur les figures 37 et 38. A partir de ces résultats, nous constatons que le traitement par la chaux donne des rendements satisfaisants même pour des eaux industrielles qui peuvent contenir toutes sortes des éléments organiques ou minéraux. Nous remarquons que la teneur recommandée par l'OMS n'est pas atteinte ce qui implique que le traitement d'élimination du cadmium exige une dose de chaux supérieure à 300 mg/l pour permettre d'aboutir à la teneur voulue. Les pH final reste encore très bas compte tenu du pH très acide de l'eau brute (Cf tableau 33).

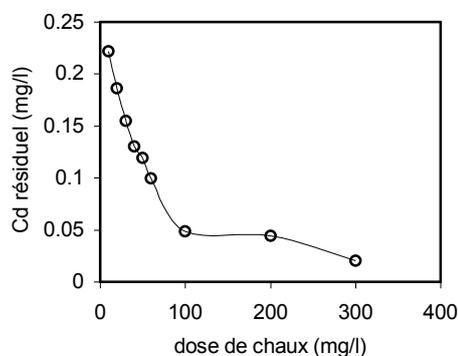


Figure 37 : Variation du cadmium résiduel en fonction de la dose de chaux des eaux industrielles (ASMIDAL).

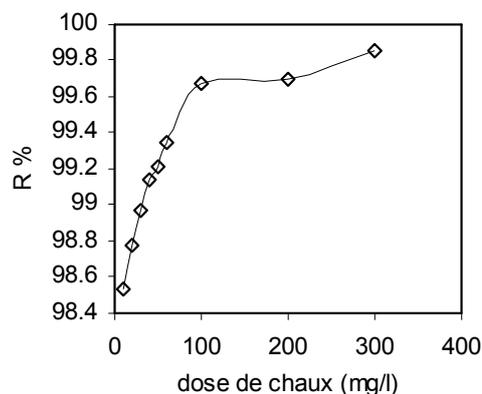


Figure 38 : Variation du rendement d'élimination du cadmium en fonction de la dose de chaux des eaux industrielles (ASMIDAL)

III-4-2 Discussion

La précipitation chimique à la chaux semble un procédé efficace pour l'élimination du cadmium même pour des eaux usées industrielles. Cependant, ces eaux exigent des doses de chaux très importantes qui dépassent 300 mg/l afin d'augmenter le pH à des valeurs qui favorisent la précipitation des hydroxydes du cadmium. D'autres mécanismes peuvent être présents durant ce traitement tels que la complexation du cadmium avec certains composés minéraux ou organiques contenus dans ce type d'eau.

III-5 Conclusion

Au vu des résultats obtenus au cours de ce chapitre, nous pouvons conclure que les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} contribuent dans l'élimination du cadmium par précipitation chimique à la chaux. Cependant, des teneurs exagérées de ces ions peuvent gêner le traitement. Dans le cas du sulfate d'aluminium, les ions Mg^{2+} jouent un rôle promoteur dans la réduction du cadmium contrairement aux ions Ca^{2+} qui inhibent l'abattement des ions Cd^{2+} .

Après avoir soumis différentes eaux naturelles minéralisées dopées par le cadmium à la précipitation chimique à la chaux et au sulfate d'aluminium, nous avons pu conclure que :

- Dans le cas des eaux souterraines, la chaux semble très efficace pour l'élimination du cadmium et donne des rendements d'abattement très importants. Cependant, les doses de chaux nécessaires à l'élimination voulue sont étroitement liées à la minéralisation totale de ces eaux.

La réduction du cadmium par le biais de sulfate d'aluminium demeure peu efficace malgré que la minéralisation des eaux utilisées contribue d'une façon limitée dans ce traitement.

- Pour les eaux de surface, il apparaît que le cadmium est mieux éliminé par la chaux que par le sulfate d'aluminium en raison de la présence des matières organiques qui participent à l'élimination du cadmium en se complexant avec ce dernier. De même, la présence de matières en suspension peut contribuer à la fixation du cadmium.

Le dernier essai a considéré une eau usée industrielle contenant naturellement du cadmium. Nous avons traité cette eau par la chaux et nous avons constaté que les résultats de ce traitement sont très satisfaisants.