

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	01
----------------------------	----

Partie I : Elimination des fluorures des eaux de boisson

Chapitre I : synthèse bibliographique sur le fluor

I-1 Introduction.....	04
I-2 Propriétés générales du fluor.....	04
I-3 Présence du fluor dans l'environnement.....	06
I-4 Effets physiologiques du fluor et de ses composés.....	07
I-4-1 Fluorose endémique (hydrotellurique).....	08
I-4-2 La fluorose endémique en Algérie.....	09
I-5 Normes de teneurs limites en fluor dans les eaux de boisson.....	11
I-6 Présence du fluor dans les eaux du Sahara septentrional	12
I-6-1 Aquifères du Sahara septentrional.....	12
I-6-2 Caractéristiques physico-chimiques des eaux du Sahara septentrional.....	12
I-6-2-1 Principaux paramètres physico-chimiques.....	12
I-6-2-2 Répartition des teneurs en fluor.....	15
I-7 Procédés d'élimination des fluorures.....	18
I-7-1 Procédés d'adsorption.....	18
I-7-1-1 Adsorption sur alumine activée.....	18
I-7-1-2 Filtration sur phosphate tricalcique.....	19
I-7-1-3 Adsorption sur charbon actif.....	19
I-7-1-4 Adsorption sur les argiles.....	20
I-7-2 Procédés membranaires.....	23
I-7-2-1 Osmose inverse.....	23
I-7-2-2 Electrodialyse et dialyse.....	24
I-7-2-3 Nanofiltration.....	25
I-7-3 Procédés de précipitation.....	27
I-7-3-1 Coagulation floculation aux sels d'aluminium.....	27
I-7-3-2 Précipitation chimique à la chaux.....	29

I-8 Conclusion.....	33
----------------------------	-----------

Chapitre II : Elimination des fluorures des eaux de boisson par des procédés de précipitation

II-1 Introduction.....	35
II-2 Procédure expérimentale.....	35
II-2-1 Dosage du fluor.....	37
II-2-2 Description des essais de précipitation chimique à la chaux et essais de coagulation floculation au sulfate d'aluminium	38
II-2-2-1 Essais en solutions synthétiques de fluorure de sodium.....	38
II-2-2-2 Essais sur des eaux souterraines naturellement fluorées.....	38
II-2-3 Utilisation du sulfate d'aluminium comme adjuvant de la précipitation chimique à la chaux.....	39
II-2-4 Combinaison chaux /sulfate d'aluminium.....	39
II-3 Effet de la teneur initiale en fluor sur solutions synthétiques.....	39
II-3-1 Résultats.....	40
II-3-2 Discussion.....	41
II-3-2-1 Précipitation chimique à la chaux.....	41
II-3-2-2 Coagulation floculation au sulfate d'aluminium.....	43
II-4 Application des deux procédés à des eaux souterraines.....	44
II-4-1 Echantillonnage d'eaux souterraines de la région de Biskra.....	45
II-4-2 Défluoruration des eaux souterraines par précipitation chimique à la chaux.....	49
II-4-2-1 Résultats.....	49
II-4-2-2 Discussion.....	50
II-4-3 Défluoruration des eaux par précipitation chimique à la chaux en présence d'un adjuvant.....	53
II-4-4 Défluoruration des eaux souterraines par coagulation floculation au sulfate d'aluminium.....	55
II-4-4-1 Résultats.....	56
II-4-4-2 Discussion.....	57
II-4-5 Comparaison entre les deux procédés de défluoruration.....	58
II-4-6 Combinaison entre la précipitation chimique à la chaux et la coagulation floculation au sulfate d'aluminium.....	60
II-5 Conclusion.....	63

Chapitre III : Elimination des fluorures des eaux de boisson par adsorption sur bentonite

III-1 Introduction.....	65
III-2 Procédure expérimentale.....	66

III-2-1 Méthodes de dosage.....	66
III-2-2 Solutions synthétiques de NaF.....	66
III-2-3 Eaux souterraines.....	66
III-2-4 Caractéristiques des bentonites testées.....	66
III-2-5 Activation de la bentonite.....	67
III-2-6 Description des essais d'adsorption.....	68
III-3 Résultats des essais d'élimination du fluor sur bentonites brutes et activées.....	68
III-3-1 Adsorption du fluor sur les bentonites brutes.....	69
III-3-1-1 Cinétiques de rétention du fluor.....	69
III-3-1-2 Effet du pH.....	71
III-3-2 Adsorption du fluor sur les bentonites activées.....	72
III-4 Récapitulatif des conditions optimales d'activation des bentonites.....	77
III-5 Isothermes d'adsorption du fluor.....	79
III-6 Effet de la teneur initiale en fluor.....	81
III-7 Effet de la minéralisation.....	83
III-7-1 Essais de défluoruration d'eaux naturellement fluorées.....	83
III-7-2 Effet des ions calcium et magnésium.....	85
III-8 Conclusion.....	86
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	88

<h2 style="margin: 0;">Partie II : Elimination de polluants minéraux d'origine anthropique</h2>

Chapitre I : Synthèse bibliographique sur le cadmium et les phosphates

I-1 Introduction	96
I-2 Le cadmium.....	96
I-2-1 Propriétés générales du cadmium.....	96
I-2-2 Présence du cadmium dans l'environnement.....	98
I-2-2-1 Sources de pollution.....	98
a) Les apports d'origine agricole.....	98
b) La source industrielle.....	98
c) Le milieu urbain et routier.....	99
I-2-2-2 Exemples de teneurs en cadmium dans l'environnement.....	99

a) Teneurs de cadmium dans les sols.....	99
b) Présence du cadmium dans les plantes et les aliments.....	100
c) Présence du cadmium dans l'air.....	100
d) Présence du cadmium dans les eaux.....	100
I-2-3 Effets physiologiques du cadmium et de ses composés.....	103
I-2-4 Normes de teneurs limites en cadmium dans les sols et les eaux.....	104
I-2-5 Méthodes de séparation du cadmium.....	105
I-2-5-1 Echange d'ions et procédés membranaires.....	105
I-2-5-2 Biosorption.....	106
I-2-5-3 Procédés d'adsorption.....	107
a) Adsorption sur charbon actif	107
b) Adsorption sur les argiles.....	109
I-2-5-4 Coagulation floculation aux sels d'aluminium et de fer.....	112
I-2-5-5 Précipitation chimique à la chaux.....	112
I-3 Les phosphates.....	114
I-3-1 Propriétés physico-chimiques des phosphates	114
I-3-2 Origine et domaine d'utilisation des phosphates.....	114
I-3-3 Effets et nuisances des phosphates.....	115
I-3-4 Présence des phosphates dans l'eau	115
I-3-5 Procédés d'élimination des phosphates.....	117
I-3-5-1 Elimination physico-chimique des phosphates.....	117
a) Utilisation des sels de fer et d'aluminium.....	117
b) Utilisation des sels de calcium	118
b-1) Par précipitation à la chaux	118
b-2) Par ajout des ions calcium (CaCl ₂) en présence d'une base (NaOH).....	119
c) Procédés d'adsorption	120
I-3-5-2 Déphosphatation biologique.....	121
I-4 Conclusion.....	121

Chapitre II : Elimination du cadmium et des phosphates par des procédés de précipitation

II-1 Introduction.....	124
II-2 Procédure expérimentale.....	124
II-2-1 Préparation des solutions	124
II-2-1-1 Solution mère de cadmium.....	124
II-2-1-2 Solution mère de phosphates.....	124
II-2-1-3 Solutions mères de chaux et de sulfate d'aluminium.....	124
II-2-2 Description des milieux de dilution.....	125
II-2-2-1 Milieux de dilution du cadmium.....	125
II-2-2-2 Milieux de dilution des phosphates.....	126
II-2-3 Méthodes de dosage.....	126
II-2-3-1 Dosage du cadmium	126
II-2-3-2 Dosage des phosphates.....	127
II-2-3-3 Dosage des paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau.....	127

II-2-4 Description des essais	128
II-2-4-1 Essais d'élimination du cadmium.....	128
a) Précipitation chimique à la chaux.....	128
b) Coagulation floculation au sulfate d'aluminium.....	129
II-2-4-2 Essais d'élimination des phosphates.....	129
a) Précipitation chimique à la chaux.....	129
b) Coagulation floculation au sulfate d'aluminium.....	129
II-3 Résultats des essais d'élimination du cadmium.....	130
II-3-1 Elimination du cadmium en solutions synthétiques d'eau distillée.....	130
II-3-1-1 Précipitation chimique à la chaux.....	130
II-3-1-2 Coagulation floculation au sulfate d'aluminium.....	132
a) Détermination de la dose optimale de sulfate d'aluminium..	132
b) Effet du pH.....	134
II-3-2 Elimination du cadmium en solutions synthétiques d'eaux minéralisées.....	136
II-3-2-1 Précipitation chimique à la chaux.....	137
II-3-2-2 Coagulation floculation au sulfate d'aluminium.....	139
II-4 Résultats des essais d'élimination des phosphates.....	142
II-4-1 Elimination des phosphates par précipitation chimique à la chaux.....	142
II-4-1-1 Détermination de la dose optimale de chaux.....	142
II-4-1-2 Influence de la concentration initiale des ions Ca^{2+} et Mg^{2+}	143
II-4-2 Elimination des phosphates par coagulation floculation au sulfate d'aluminium.....	145
II-5 Conclusion.....	147

Chapitre III : Elimination du cadmium et des phosphates par adsorption sur bentonite

III-1 Introduction.....	148
III-2 Procédure expérimentale.....	148
III-2-1 Solutions mères de chlorure de cadmium.....	148
III-2-2 Solutions mères de phosphates.....	148
III-2-2 Description des milieux de dilution du cadmium	149
III-2-3 Bentonites testées.....	149
III-2-4 Méthodes de dosages.....	149
III-2-5 Description des essais d'adsorption.....	150
III-2-5-1 Cadmium.....	150
III-2-5-2 Phosphates.....	150
III-3 Résultats des essais d'élimination du cadmium.....	151
III-3-1 Effet de la dose de bentonite sur l'évolution des cinétiques d'adsorption.....	151
III-3-2 Isothermes d'adsorption.....	156
III-3-3 Effet de la teneur initiale en cadmium.....	157
III-3-4 Effet du pH.....	158
III-3-5 Effet des ions calcium, magnésium et phosphates.....	160
III-3-6 Influence de la minéralisation du milieu de dilution.....	162

III-4 Résultats des essais d'élimination des phosphates.....	166
III-5 Conclusion.....	168
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	170
CONCLUSION GENERALE.....	178
ANNEXE.....	182