



N° d'ordre : 2/2016

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Mr: Aboubakr Sabah

Spécialité : Science et génie de l'environnement

Sujet de la thèse : Présence et comportement des butylétains dans les stations d'épuration des eaux usées
par lagunage naturel.

Thèse présentée et soutenue le 12 janvier 2016 devant le jury composé de

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Abdelrhani EL ACHQAR	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mehraz de Fès	Président
Brice BOUYSSIERE	PU	Université de Pau - France	Rapporteur
Abdelaziz CHAOUCH	PES	Faculté des Sciences de Kénitra	Rapporteur
Najib TIJANI	PES	Faculté des Sciences de Meknès	Rapporteur
Françoise ELBAZ-POULICHET	DR	CNRS - France	Examineur
Cédric GARNIER	Maître de conférences	Université Toulon France	Examineur
Marie-George TOURNOUD Mustapha IJJAALI	PU PES	Université Montpellier France Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Directeurs de thèse
Chrystelle BANCON	Maître de conférences	Université Montpellier France	Invitée

Laboratoires d'accueil :

- Chimie de la matière Condensée.
- Unité mixte de recherche hydro-sciences Montpellier.

Etablissement :

- Faculté des Sciences et Techniques de Fès
- Université de Montpellier (France)



Résumé de la thèse

Cette thèse porte sur le comportement d'un composé prioritaire au titre de la Directive Cadre sur l'Eau au niveau européen : le tributylétain (TBT) et ses métabolites (dibutylétain (DBT) et monobutylétain (MBT)). On s'intéresse plus particulièrement aux eaux usées domestiques lors de leur transit dans deux stations d'épuration par lagunage naturel (STEP), traitement adapté aux effluents provenant des zones faiblement urbanisées.

Ce travail de thèse vient combler le manque de résultats scientifiques sur (1) le niveau des concentrations en butylétains dans les effluents domestiques des zones peu urbanisées en entrée des stations par lagunage et en sortie après traitement ; (2) l'efficacité du traitement par lagunage à éliminer les butylétains ; (3) l'identification des processus qui contrôlent le devenir de ces éléments au cours du traitement.

Les butylétains sont mesurés dans les matrices particulières, dissoutes et dans les boues, par couplage GC-ICP-MS, dans toutes les étapes du traitement par lagunage de deux communes rurales du département de l'Hérault (34, France) : Gigean (6000 eq-hab.) et Montbazin (4500 eq-hab.).

On montre que les trois espèces butylées sont systématiquement présentes dans tous les échantillons prélevés sur les deux STEP. Les butylétains arrivent principalement sous forme particulaire dans les eaux brutes en entrée des stations. Au cours du traitement, les processus de sorption sur les particules en suspension et la décantation de ces dernières au fond de chaque bassin sont les principaux facteurs permettant l'élimination des butylétains. Les premiers bassins anaérobies, de grande profondeur et de long temps de séjour, permettent l'élimination de plus de 60% à Gigean (93% à Montbazin) des butylétains. Les boues de fond de chaque bassin montrent des concentrations élevées en butylétains. La remise en suspension des butylétains est notée dans les derniers bassins de finition, peu profonds, ce qui peut être due à la re-stratification thermique. En sortie de station, malgré les abattements importants, des concentrations non négligeables en butylétains (12 à 228 et 1.8 à 15 ng(Sn).L⁻¹ respectivement pour Montbazin et Gigean) sont rejetées dans le milieu récepteur.

Des expériences de sorption basées sur la mise en contact de butylétains avec des boues de fond de bassin diluées ont été effectuées selon plusieurs approches expérimentales. On a ainsi montré que (1) la distribution des espèces MBT, DBT, TBT, entre les phases solide et liquide, est variable d'un test à l'autre selon les conditions opératoires ; (2) l'affinité entre les butylétains et la boue est importante, quelle que soit sa provenance. 98% des butylétains se retrouvent dans la phase solide, du fait de leur hydrophobicité. Le coefficient de distribution K_d entre le TBT et les boues est plus élevé que celui obtenu pour d'autres type de phases solides (75000 L.kg⁻¹) ; (3) le processus de sorption est rapide.

De plus des processus de sorption, désorption et déalkylation du TBT, expliquant les variations des concentrations en MBT et DBT dans la phase solide ont été identifiés. La désorption du TBT est rapide. Il se dégrade dans la phase liquide en DBT dont une partie se transforme en MBT. La sorption du MBT sur les boues a été systématiquement mesurée. Le phénomène de sorption n'est donc pas complètement réversible au cours du temps. Ces résultats contribuent à expliquer les dysfonctionnements observés dans les stations de traitement par lagunage, par exemple lors d'apports directs d'eau de pluie.

Cette thèse démontre la présence systématique des butylétains dans les stations d'épuration par lagunage naturel. Les données acquises in-situ couplées à des essais en laboratoire permettent de comprendre le comportement de ces composés lors de ce traitement : la fraction solide joue un rôle clé dans les processus de sorption-désorption-(bio)dégradation des butylétains.

MOTS-CLES

Organoétains ; station de traitement des eaux par lagunage naturel ; processus de sorption ; observation in situ ; expériences en jar tests.

Sommaire

Introduction générale	1
Partie1-Etude Bibliographique : Les composés organostanniques dans l'environnement : de leur utilisation à leur détection dans les stations d'épuration	5
<i>Chapitre I : Les composés organostanniques</i>	7
I.1 Propriétés physico-chimiques des butylétains.....	7
I.2 Toxicité.....	8
I.3 Usages et réglementation des butylétains.....	10
I.4 Analyse chimique des organoétains	12
I.5 Distribution des butylétains dans l'environnement aquatique continental	19
<i>Chapitre II : Devenir des butylétains dans l'environnement</i>	22
II.1 Bioaccumulation.....	22
II.2 Sorption - désorption.....	22
II.3 Interactions physicochimiques avec le matériel particulaire.....	23
II.4 Dégradation.....	26
<i>Chapitre III : La présence des butylétains dans les systèmes de traitement</i>	28
III.1 Les butylétains dans les stations d'épuration conventionnelles	28
III.2 Les butylétains dans les stations de traitement des eaux par lagunage.....	29
<i>Conclusion</i>	31
Partie 2-Etude expérimentale :	33
Section A : Les butylétains dans deux systèmes de traitement des eaux usées par lagunage naturel	33
<i>Introduction</i>	35
<i>Chapitre I : Matériel et méthodes</i>	36
I.1 Les sites d'étude.....	36
I.2 Les campagnes de prélèvement.....	38
I.3 Les protocoles de prélèvement et mesures in situ.....	40
I.4 La préparation et la conservation des échantillons.....	41
I.5 La détermination des concentrations en butylétains par le couplage GC-ICP-MS :.....	42
I.6 Le traitement statistique des données.....	48

<i>Chapitre II : Pollution des eaux résiduaires de la commune rurale de Montbazin par les butylétains et efficacité du traitement par lagunage</i>	50
II.1 Présentation des résultats.....	50
II.2 Bilan entrée-sortie	59
II.3 Comportement des butylétains au cours du traitement.....	64
<i>Chapitre III : Présence et transfert des butylétains dans la station de lagunage de Gigean.</i>	77
III.1 Introduction.....	77
III.2 Synthèse des principaux résultats	77
III.3 Conclusions majeures.....	78
<i>Chapitre IV Comparaison entre les niveaux de concentrations en butylétains dans les stations d'épuration des communes de Gigean et de Montbazin.</i>	79
IV.1 Points communs et différences entre les deux STEP	79
IV.2 Evolution des butylétains dans la colonne d'eau au cours du traitement par les STEP de GG et MBZ	80
IV.3 Les butylétains dans les boues au cours du traitement.....	84
IV.4 Comparaison avec la bibliographie.....	85
IV.5 Conclusion	87
<i>Conclusion</i>	88
Partie 2-Etude expérimentale :	91
Section B : Comportement des butylétains au cours du traitement	91
<i>Introduction</i>	93
<i>Chapitre I : Sorption / désorption des butylétains au cours du traitement par lagunage</i>	94
I.1 Isothermes expérimentales de sorption du TBT sur les boues de la STEP de Gigean.....	95
I.2 Mécanismes de sorption / désorption et désalkylation du tributylétain.....	100
I.3 Conclusion.....	103
<i>Chapitre II Applicabilité de l'échantillonnage passif pour le suivi des butylétains dans l'environnement</i>	104
II.1 Introduction.....	104
II.2 Protocoles expérimentaux.....	112
II.3 Résultats et discussion.....	114
II.4 Bilan.....	118
<i>Conclusion</i>	119
Conclusion générale et perspectives	121
Références bibliographiques	125

Annexes	139
<i>ANNEXE 1 : Le traitement des eaux usées par lagunage.....</i>	<i>141</i>
1.1 Utilisations dans le monde	141
1.2 Le principe du traitement.....	144
1.3 Principaux types de bassins.....	147
<i>ANNEXE 2 : Congrès ICCE 2013- Résumé et poster</i>	<i>150</i>
<i>ANNEXE 3 : Article publié dans CHEMOSPHERE</i>	<i>152</i>
<i>ANNEXE 4 : Environmental Science and Pollution Research – publication soumise</i>	<i>168</i>