

**Bilan sédimentaire et géochimique d'un barrage de rivière
(Wettingen, Suisse septentrionale)**

THESE

présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Genève pour obtenir le grade de
Docteur ès Sciences, mention Sciences de la Terre

par

Stéphanie Jüstrich

de

Berneck (SG)

Thèse N °: 4196

GENEVE

Atelier de reprographie ReproMail

2010

T ABLE DES MATIÈRES

Remerciements	v
Résumé	vii
Abstract	x
Zusammenfassung	xiii
Table des matières	xvi
Liste des figures	xx
Liste des tableaux	xxii
Liste des annexes	xxiii
Chapitre 1: Cadre de la recherche et objectifs	1
1.1 Aspects généraux	1
1.1.1 Impacts des barrages et des réservoirs sur le cycle naturel	2
1.1.2 Impacts sociaux	5
1.1.3 Barrages suisses	6
1.2 Réservoirs et processus	9
1.2.1 Sédimentation	9
1.2.2 Diagenèse précoce et compaction	10
1.2.3 Analyse conceptuelle	11
1.3 Objectifs de la recherche	12
Chapitre 2: Contexte du réservoir de Wettingen	15
2.1 Le barrage de Wettingen: concept technique	15
2.2 Sédiments et contamination du réservoir	17
2.2.1 Risques liés à la contamination du réservoir	19
2.3 Contexte géologique	20
2.4 Contexte hydrographique	25
2.4.1 Eaux souterraines	25
2.4.2 Eaux superficielles	27
2.4.3 Apports de sédiments et de substances au réservoir	31
2.4.4 Rejets locaux d'eaux épurées	34
Chapitre 3: Matériel et méthodes	37
3.1 Approche méthodologique	37
3.1.1 Stratégie d'échantillonnage	38

3.2 Matériel et méthodes	40
3.2.1 Echantillonnage	40
3.2.2 Analyses	44
Chapitre 4: Sédiments de réservoir	51
4.1 Introduction	51
4.2 Sédiments des carottes	54
4.2.1 Description des faciès	55
4.2.2 Paramètres physico-chimiques	58
4.2.3 Datation	67
4.3 Interprétation des carottes	69
4.3.1 Carotte OET 110	69
4.3.2 Carotte KIL 111	71
4.3.3 Carotte AUT 112	73
4.3.4 Carotte WET 120	74
4.4 Evolution du milieu de dépôt et de la contamination du site	76
4.4.1 D'un système fluvial à un système lacustre	76
4.4.2 Répartition des contaminants dans le site	78
4.4.3 Histoire de la contamination du site de Wettingen	80
4.5 Sédiments de surface	81
4.5.1 Granulométrie	81
4.5.2 Matière organique	82
4.5.3 Métaux et micropolluants organiques	83
4.6 Evolution des sédiments de surface	86
4.6.1 Etat des sédiments entre 2005 et 2008	86
4.6.2 Evolution entre 1997 et 2008	88
4.7 Comparaison avec d'autres lacs et réservoirs de Suisse	89
4.8 Conclusions	94
Chapitre 5: Bilan sédimentaire historique (sédiments déposés)	97
5.1 Introduction	97
5.2 Bathymétrie	97
5.3 Profils transverses	99
5.3.1 Morphologie du réservoir	100
5.3.2 Sédimentation: période 1932-2003	103
5.3.3 Transport des sédiments: période 2003-2007	104
5.4 Discussion de l'évolution morphologique du réservoir	106
5.4.1 Evolution du chenal principal	107
5.5 Discussion du bilan sédimentaire historique	109
5.5.1 Evolution du taux de sédimentation dans le réservoir	110

5.6 Conclusions	111
Chapitre 6: Bilan sédimentaire actuel (sédiments en transit)	113
6.1 Introduction	113
6.2 Caractéristiques des matières en suspension (MES)	114
6.2.1 Variabilité spatiale	114
6.2.2 Granulométrie	115
6.2.3 Matière organique	116
6.2.4 Charge sédimentaire de juin 2005 à avril 2006	117
6.3 Calcul et variations des flux (juin 2005-avril 2006)	118
6.3.1 Flux sédimentaire	118
6.3.2 Flux de matière organique	119
6.4 Apports de la crue du 23 août 2005	120
6.4.1 Charge sédimentaire	121
6.4.2 Granulométrie	122
6.4.3 Flux sédimentaire	123
6.5 Discussion du bilan sédimentaire	124
6.5.1 Lien entre concentrations et flux de sédiments	126
6.5.2 Variations des stocks sédimentaires	126
6.5.3 Bilan annuel	130
6.6 Comparaison des bilans sédimentaires historique et actuel	131
6.7 Conclusions	133
Chapitre 7: Production sédimentaire et comblement du réservoir	135
7.1 Introduction	135
7.2 Capacité de piégeage	135
7.2.1 Données de terrain	135
7.2.2 Méthodes d'évaluation empiriques	139
7.2.3 Discussion	142
7.3 Perte de capacité de stockage	145
7.4 Production sédimentaire	146
7.5 Durée du comblement	147
7.6 Conclusions	150
Chapitre 8: Bilan géochimique	153
8.1 Introduction	153
8.2 Analyses préliminaires	155
8.3 Concentrations de substances polluantes	156
8.3.1 Concentrations d'éléments traces métalliques	156
8.3.2 Concentrations de micropolluants organiques	157
8.3.3 Valeurs indicatives et de référence pour la pollution métallique et organique	158

8.4 Flux de substances polluantes	161
8.4.1 Flux d'éléments traces métalliques	161
8.4.2 Flux de micropolluants organiques	162
8.5 Bilan géochimique	163
8.5.1 Discussion des variations du stock géochimique	164
8.5.2 Bilan annuel	165
8.5.3 Variations dans les apports des affluents	166
8.6 Conclusions	168
Chapitre 9: Evaluation des risques liés à la contamination du site	171
9.1 Introduction	171
9.2 Sédiments profonds	172
9.2.1 Risques de remise en suspension des polluants	172
9.2.2 Risques d'infiltration dans la nappe phréatique	173
9.3 Sédiments de surface	176
9.3.1 Toxicité des sédiments	176
9.4 Conclusions	181
Chapitre 10 : Devenir des sédiments de barrage	183
10.1 Evaluation de la contamination des sédiments de réservoir selon la législation suisse	183
10.1.1 Cas des sédiments du réservoir de Wettingen	184
10.2 Exemple de gestion globale d'un fleuve et de ses barrages : le Rhin	189
10.3 Evolution des réservoirs en fonction du climat	193
10.3.1 Le changement climatique en Europe et en Suisse	193
10.3.2 Effets du changement climatique sur les réservoirs et les barrages	195
10.3.3 Le cas du réservoir de Wettingen	197
10.4 Conclusions	200
Chapitre 11 : Conclusions et perspectives	203
11.1 Evolution spatiale du remplissage sédimentaire	203
11.2 Evolution temporelle du remplissage sédimentaire	204
11.3 Bilan sédimentaire	204
11.4 Capacité de piégeage du réservoir	206
11.5 Bilan géochimique	206
11.6 Contamination du réservoir : histoire de la pollution et contamination actuelle	207
11.7 Risques liés à la contamination du site	208
11.8 Gestion des sédiments contaminés	209
11.9 Durée de vie du barrage	209
11.10 Perspectives	210
Bibliographie	211
Annexes	I-LV