

N°d'ordre : 2902

THESE

présentée

DEVANT L'UNIVERSITE DE RENNES 1

pour obtenir

le grade de : ***DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE RENNES 1***

MENTION : Sciences de la Terre

ECOLE DOCTORALE : Sciences de la Matière

PAR

Charlotte MARTIN

**MÉCANISMES HYDROLOGIQUES ET HYDROCHIMIQUES IMPLIQUÉS
DANS LES VARIATIONS SAISONNIÈRES DES TENEURS EN NITRATE
DANS LES BASSINS VERSANTS AGRICOLES.
Approche expérimentale et modélisation**

Soutenu le 29 octobre 2003 devant la commission d'Examen composée de :

Jean-Paul GAUDET	Rapporteur
Marc VOLTZ	Rapporteur
Hélène PAUWELS	Examinatrice
Ghislain de MARSILY	Président du jury
Chantal GASCUEL-ODOUX	Co-directrice de thèse
Luc AQUILINA	Co-directeur de thèse

Table des matières

Avant-propos	iii
Remerciements	v
Résumé	vii
Abstract	ix
Liste des sigles et paramètres	xi
Introduction	13
1 Signatures chimiques des bassins versants, processus hydrologiques et hydrochimiques	19
1.1 Le cycle de l'azote	21
1.1.1 A l'échelle de la parcelle	21
1.1.2 A l'échelle du versant	23
1.2 Signatures chimiques des bassins versants	24
1.2.1 Définitions	24
1.2.2 Dynamique pluri-annuelle	25
1.2.3 Variations saisonnières	26
1.3 Facteurs de contrôle des variations saisonnières	31
1.3.1 Processus de type "Supply limited"	31
1.3.2 Processus de type "Transport-controlled"	31
1.3.3 Apports des études hydrologiques et hydrochimiques dans les bassins versants à la compréhension des processus	33
1.4 Les bassins versants armoricains	35
1.4.1 Caractéristiques géologiques des bassins versants armoricains	35
1.4.2 Circulation d'eau dans les bassins versants armoricains	36

1.4.3	Processus de dénitrification	37
1.4.4	Variations des teneurs en nitrate	38
1.4.5	Variabilité climatique	41
1.4.6	Processus impliqués dans les variations de teneurs en nitrate dans les bassins versants armoricains	43
1.5	Modélisation des flux d'eau et de nitrate dans les bassins versants	45
1.5.1	Approche globale	46
1.5.2	Approche spatialisée	46
1.5.3	Discussion sur les types d'approches de modélisation	47
1.6	Conclusion du chapitre	48
2	Description du site, matériels et méthodes	51
2.1	Introduction	53
2.2	Description du site de Kerbernez	53
2.2.1	Contexte climatique	53
2.2.2	Géologie	57
2.2.3	Couverture pédologique	57
2.3	Caractéristiques des bassins versants de Kerbernez et Kerrien	59
2.3.1	Topographie	61
2.3.2	Estimation de la recharge à la nappe	62
2.3.3	Occupation du sol	65
2.3.4	Bilans agronomiques	65
2.3.5	Concentration en nitrate de l'eau de recharge de la nappe	69
2.4	Caractérisation physique et géophysique du sol et du sous-sol	70
2.4.1	Mesures de résistivité électrique	70
2.4.2	Méthode RMP	71
2.5	Suivi hydrologique	74
2.5.1	Débits	74
2.5.2	Dynamique de la nappe	74
2.5.3	Mesure des paramètres hydrodynamiques	78
2.6	Suivi de la qualité des eaux	80
2.6.1	Eléments chimiques analysés	80
2.6.2	Echantillonnage	80
2.6.3	Analyses	82
2.7	Conclusion du chapitre	83

3	Fonctionnement hydrologique et hydrochimique des bassins versants de Kerbernez et Kerrien	87
3.1	Introduction	89
3.2	Fonctionnement hydrologique des bassins versants	89
3.2.1	Bilans hydrologiques	89
3.2.2	Ecoulements de surface	92
3.2.3	Dynamique de la nappe	96
3.2.4	Etude des relations nappe / débit	101
3.3	Etude hydrochimique des bassins versants de Kerbernez et Kerrien	105
3.3.1	Variabilité spatio-temporelle des teneurs en nitrate et processus hydrologiques impliqués	105
3.3.2	Compartimentation géochimique des bassins versants	136
3.4	Bilans chimiques	143
3.5	Conclusion du chapitre	169
4	Modélisation des processus hydrologiques et hydrochimiques impliqués dans le transfert des nitrates dans les bassins versants agricoles	171
4.1	Introduction	173
4.2	Approche de modélisation globale	173
4.2.1	Résumé de l'article	173
4.2.2	Validation du modèle global pour les années A et B	182
4.2.3	Application du modèle à l'ion chlorure	182
4.2.4	Comparaison terrain / modèle	185
4.2.5	Conclusion : avantages et limites de l'approche globale	187
4.3	Approche de modélisation spatialisée	188
4.3.1	Résumé de l'article	188
4.4	Conclusion du chapitre	214
	Annexe 1 : Effect on nitrate concentration in stream water of agricultural practices in small catchments in Brittany : I. Annual nitrogen budgets	237
	Annexe 2 : Profils de résistivité électrique	249
	Annexe 3 : Données chimiques (paramètres physico-chimiques et composition chimique) des eaux superficielles, souterraines et de précipitations	255