



ECOLE NATIONALE DU GENIE RURAL, DES EAUX ET DES FORÊTS

N° attribué par la bibliothèque
/ / / / / / / / / / / / / / / /

THESE

pour obtenir le grade de

Docteur de l'ENGREF
Spécialité : Sciences de l'eau

présentée et soutenue publiquement le 24 mai 2002 par
Sylvain PAYRAUDEAU

à l'Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts
Centre de : Montpellier

TITRE :

**MODELISATION DISTRIBUEE DES FLUX D'AZOTE SUR DES PETITS
BASSINS VERSANTS MEDITERRANEENS**

devant le jury suivant :

C. MILLIER	ENGREF	Président
M. BENOIT	INRA Mirecourt	Rapporteur
K. BEVEN	Université de Lancaster	Rapporteur
M. G. TOURNOUD	Université Montpellier II	Examineur
F. CERNESSON	ENGREF	Examineur
M. DEBLAIZE	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse	Examineur
F. BRISSAUD	Université Montpellier II	Directeur de thèse

Thèse préparée à
L'Unité Mixte de Recherche Cemagref-ENGREF « Structures et Systèmes Spatiaux »
Montpellier

à Françoise ...

Remerciements :

Je tiens à remercier en premier lieu François Brissaud d'avoir accepté d'être le directeur de cette thèse.

Mes remerciements vont conjointement et tout particulièrement à Flavie Cernesson et Marie George Tournoud pour leur encadrement et leur soutien qui m'ont permis de mener à bien ce projet.

Je remercie Keith Beven, Professeur au Department of Environmental Sciences de l'Université de Lancaster et Marc Benoît, Directeur de recherche de l'INRA Mirecourt de m'avoir fait l'honneur d'accepter de juger ce mémoire.

J'adresse mes remerciements à Michel Deblaize, Délégué régional de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse pour avoir accepté de participer au jury de thèse.

Je voudrais également remercier Claude Millier pour son écoute et son soutien lors des étapes cruciales de cette thèse.

Les travaux présentés n'auraient probablement pu aboutir sans la collaboration de l'UMR Structures et Systèmes Spatiaux CEMAGREF-ENGREF et l'UMR hydrosociétés (CNRS, IRD, Université Montpellier II). Je tiens donc à remercier Gilles Lechapt puis Sylvain Labbé et Eric Servat pour leur accueil au sein de leur unité de recherche respective. Je tiens particulièrement à remercier Alain Delacourt de m'avoir fait confiance et ouvert les portes de l'UMR Structures et Systèmes Spatiaux lors de mon stage de DEA.

Un grand merci aux chercheurs des deux UMR pour leurs conseils avisés. Merci également aux actuels et anciens thésards de la Maison de la Télédétection et de la Maison de l'Eau : Julie, Dunia, Alice, Sandra, Maria, Pei, Benoît, Indarto, Emmanuel, Damien, Nicolas, Fabien, François et tous les autres... Merci à Claire Rodier et Jeanine Saurin pour la relecture de ce mémoire et le soutien logistique en fin de thèse.

Les nombreuses données manipulées dans ce travail n'auraient pu être récoltées sans le concours des différents acteurs de l'Eau gravitant autour des bassins d'étude. Je tiens en particulier à remercier la Chambre d'Agriculture pour sa disponibilité et la mise à disposition des données des pratiques agricoles lors du stage de DEA de Fabien Dauriac, les gestionnaires des réseaux d'assainissement et des stations d'épuration, l'Agence de l'Eau, le Conseil Général de l'Hérault, la DDAF et la DIREN.

Merci enfin à mes parents et à Emilie qui m'ont permis de me ressourcer « au vert » à chaque retour dans le grand ouest vendéen.

Résumé

Modélisation distribuée des flux d'azote sur des petits bassins versants méditerranéens. ENGREF, Montpellier.

Un modèle d'exportation d'azote a été développé pour fournir un outil opérationnel d'estimation des masses produite en contexte méditerranéen. Le modèle, dénommé POL, est de type conceptuel distribué. Il repose sur un découpage du bassin en unités de production (les sous-bassins versants) dont le flux est contrôlé par un paramètre F et en unités de transport (les biefs de rivières) qui véhiculent les flux produits sur les sous-bassins. La dynamique des flux d'azote dans les biefs est contrôlée par un paramètre T. Les 2 paramètres F et T du modèle POL sont définis globalement sur le bassin. Les flux générés sur les sous-bassins versants dépendent également du stock d'azote potentiellement mobilisable lors d'un épisode de pluie. On suppose que cette grandeur conceptuelle est liée à l'occupation du sol et aux pratiques culturales. Le modèle peut être utilisé en mode événementiel ou en mode continu.

La sensibilité des réponses du modèle événementiel aux valeurs des paramètres est tout d'abord analysée sur un bassin élémentaire. Le modèle POL est ensuite appliqué sur 4 bassins versants d'une cinquantaine de km² situés dans l'Hérault (France).

Les résultats obtenus après la phase de calage et de vérification montrent la capacité du modèle événementiel à reproduire les flux d'azote générés lors des épisodes de crue. Le modèle utilisé en continu fournit une estimation des exportations d'azote avec un degré d'incertitude acceptable pour un premier diagnostic des apports annuels des bassins.

Mots clés

Modèle conceptuel, Flux d'azote, Contexte méditerranéen, Analyse de sensibilité, Calage, Vérification, Outil opérationnel.

Abstract

Distributed modelling of nitrogen loads on small Mediterranean catchments. ENGREF, Montpellier.

The POL model was developed to determinate the nitrogen loads produced at the outlet of a catchment in Mediterranean climate. The model is based on a conceptual and distributed approach. The catchment is divided into subcatchments and river reaches. This delineation allows the distinction between nitrogen production function on subcatchment surfaces and nitrogen transport along the river reaches. The two parameters of POL model are defined for the whole catchment. The nitrogen storage defined for each subcatchment is function of land use and agricultural inputs. The model can be used for event- based or continuous simulations.

First of all, a elementary catchment is considered to run a sensitivity analysis on the event-based model. Then, the event-based model is applied on four catchments (43 km² to 67 km²) located in South of France.

The results obtained after calibration and verification of the event-based model show good agreement with nitrogen loads monitored during flood events. For continuous simulations, the uncertainty degree of model results is acceptable for a first step of annual nitrogen load diagnosis.

Key-word

Conceptual model, Nitrogen loads, Mediterranean climate, Sensitivity analysis, Calibration, Verification, Operational tool

Sommaire

Introduction	1
---------------------	---

Partie A : Etude bibliographique

Chapitre A1 : Définition des concepts de bassins versant, de système et de modèle	7
Chapitre A2 : Le cycle de l'azote à l'échelle du bassin versant	15
Chapitre A3 : Les modèles de flux d'azote à l'échelle des bassins versants	25
Chapitre A4 : Premières pistes pour le choix du modèle	49

Partie B : Matériels et méthodes

Chapitre B1 : Données disponibles sur la zone d'étude	55
Chapitre B2 : Présentation des quatre bassins versants modélisés	71
Chapitre B3 : Développement du modèle d'exportation d'azote POL	89

Partie C : Application du modèle POL

Chapitre C1 : Etude de sensibilité du modèle POL en mode événementiel	109
Chapitre C2 : Application du modèle POL sur les bassins d'étude	161
Chapitre C3 : Confrontation du modèle POL aux données expérimentales	173

Conclusion générale	225
----------------------------	-----

Bibliographie	233
----------------------	-----

Table des matières	255
--------------------	-----

Table des sigles et Glossaire	269
-------------------------------	-----

Annexes	277
----------------	-----

Annexe 1 : Caractéristiques des modèles de flux d'azote	281
---	-----

Annexe 2 : Extraction des unités fonctionnelles du modèle	347
---	-----

Annexe 3 : Apports d'azote anthropiques sur les bassins	383
---	-----

Annexe 4 : Caractéristiques des 20 crues échantillonnées	413
--	-----

