

THESE de DOCTORAT de l'UNIVERSITE PARIS 6

Spécialité:

Sciences de la Terre

présentée par :

GAFREJ Raoudha

pour obtenir le grade de DOCTEUR de l'UNIVERSITE PARIS 6

**MODELISATION CONCEPTUELLE
DU TRANSFERT DES MATIERES EN SUSPENSION
EFFETS D'ECHELLES SPATIO-TEMPORELLES**

soutenue le : 22 octobre 1993

devant le jury composé de:

M G. DE MARSILY	président
M J.C. BATHURST	rapporteur
Mme Y. VEYRET	rapporteur
Mme T. MUXART	
M T. LEVIANDIER	
M J.F. NOUVELOT	

CENTRE NATIONAL DU MACHINISME AGRICOLE, DU GENIE RURAL, DES EAUX ET DES FORETS

**Groupement d'Antony
Divison: Hydrologie**

BP 121 - 93185 Antony Cedex; Tél (1) 40 96 61 21; Télécopie : (1) 40 96 61 99

Table des matières

Introduction générale

CHAPITRE I - Revue bibliographique concernant les modèles de transfert de solides en suspension dans les cours d'eau

1.1 - Caractéristiques des matières en suspension (M.E.S).....	5
1.1.1 - Constitution, origine et nature des M.E.S.....	5
1.1.2 - Différents types de sédiments.....	5
1.1.3 - Différents modes de transport.....	6
1.1.4 - Différents types de mesure des M.E.S.....	6
1.1.5 - La turbidité.....	8
1.2 - Erosion hydrique des sols des bassins versants.....	8
1.2.1 - Typologie de l'érosion.....	8
1.2.2 - Mécanismes élémentaires.....	9
1.2.2.1 - Détachement dû à la pluie.....	9
1.2.2.2 - Détachement dû au ruissellement.....	10
1.2.2.3 - Transports solides en suspension.....	10
1.2.3 - Les facteurs de l'érosion hydrique.....	10
1.2.3.1 - La pluie et le concept d'érosivité.....	12
1.2.3.2 - La pente.....	13
1.2.3.3 - Type de sol et notion d'érodibilité.....	14
1.2.3.4 - L'état de surface du sol.....	16
1.2.3.5 - Couvert végétal du sol.....	18
1.2.1.6 - Les pratiques agricoles.....	18
1.2.4 - Le rapport de restitution "sediment delivery ratio".....	19
1.3 - Prédiction et simulation des M.E.S.....	22
1.3.2 - Les modèles empiriques.....	22
1.3.2.1 - Formule de VELIKANOV.....	22
1.3.2.2 - Formule de JAROCKI.....	23
1.3.2.3 - L'équation universelle de perte de sol (USLE).....	23
1.3.2.4 - Formule de MEYER et WISCHMEIER.....	25
1.3.2.5 - Formule de KORUMA.....	26
1.3.2.6 - L'USLE modifiée.....	26
1.3.3 - Les modèles conceptuels.....	27
1.3.3.1 - Le modèle de NEGEV.....	27
1.3.3.5 - Le modèle de VAN SICKLE et BESCHTA "Supply-Based Model".....	29
1.3.3.6 - Le modèle de MOORE et CLARKE.....	32
1.3.4 - Les modèles mécanistes.....	34

1.3.4.1 - Le modèle de FOSTER et MEYER.....	35
1.3.4.2 - Le modèle de l'Université du Colorado (Colorado State University Model - CSU).....	36
1.3.4.3 - Le modèle SHESED (Système Hydrologique Européen-Sédiments).....	37
Conclusions	40

CHAPITRE II - Sites expérimentaux et études antérieures

2.1 - Objectifs.....	42
2.2 - Sites expérimentaux et état des données	42
2.2.1 - Le bassin de la Marne (12800 km ²).....	42
2.2.2 - Le bassin versant du Grand-Morin(780 km ²).....	45
2.2.3 - Le bassin de l'Orgeval (104 km ²).....	47
2.2.4 - Le bassin de Mélarchez (7 km ²).....	47
2.2.5 - Le bassin de Leudon (5 km ²).....	49
2.2.6 - Le bassin de Naizin (12 km ²).....	49
2.3 - Etat des travaux antérieurs.....	53
2.3.1 - Etude du comportement hydrodynamique et mécanique du sol de l'Orgeval	53
2.3.1.1 - Etat initial du sol des parcelles expérimentales	54
2.3.1.2 - Résultats des essais.....	55
2.3.2 - Modélisation statistique des M.E.S sur le bassin de Mélarchez.....	56
2.3.2.1 - Régression sur les concentrations.....	57
2.3.2.2 - Régressions sur la charge sédimentaire.....	57
2.3.2.3 - Saisonnalisation	58
2.3.2.4 - Etude du phénomène d'hystérésis.....	58
2.3.3 - Modélisation de l'érosion et du transfert des M.E.S sur le bassin de Mélarchez.....	61
2.3.3.1. Application du modèle CREAMS (Chemical, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems) modifié bassin versant (CB).....	61
2.3.3.2 - Application du modèle HSPF (Hydrological Simulation Program Fortran).....	64
2.3.4 - Etude statistique et dynamique des MES dans la Marne.....	65
Conclusions	66

CHAPITRE III - Construction progressive du modèle et effets d'échelle temporelle

3.1 - Introduction	67
3.2 - Démarche générale.....	68
3.2.1 - Conception du modèle	68
3.2.1.1 - Critères d'appréciation des résultats.....	70
3.2.1.2 - Méthode d'optimisation utilisée	70

3.2.2 - Calage du modèle	71
3.2.2.1 - Introduction de la pluie.....	73
3.2.2.2 - Définition instantanée de la vidange.....	75
3.2.2.3 - Saisonnalisation	77
3.3 - Changement d'échelle temporelle.....	80
3.3.1 - Procédure de contrôle sur des concentrations moyennes	80
3.3.1.1 - Calcul des flux relatifs aux deux protocoles de mesure.....	81
3.3.1.2 - Simulation des données postérieures.....	82
3.3.2 - Calage du modèle sur une année de mesures journalières.....	82
3.3.3 - Application du modèle aux données de trois jours.....	84
3.3.3.1 - Calage du modèle sur les données de trois jours.....	84
3.3.3.2 - Simulation des flux postérieurs à 1978.....	85
3.3.4 - Application du modèle aux données de huit heures	85
3.3.5 - Application du modèle aux crues du bassin de Naizin.....	87
3.4.5 - Modèle instantané.....	93
3.4.5.1 - Calage du modèle instantané sur les données de 1976/1977 sur Mélarchez	94
3.4.5.2 - Calage du modèle sur les crues de 1992 sur Mélarchez.....	97
3.4.5.3 - Calage du modèle instantané sur les crues du bassin versant de Naizin.....	101
3.4.5.4 - Etude de sensibilité des paramètres.....	104
Conclusions	110
 CHAPITRE IV - Changement d'échelle spatiale	
4.1 - Introduction.....	111
4.2 - Application d'un modèle global à différentes superficies.....	111
4.2.1 - Le Vannetin à la station R-Leudon (5 km ²).....	111
4.2.2 - L'Orgeval (104 km ²).....	115
4.2.3 - La Marne (12800 km ²).....	119
4.3 - Comparaison du modèle avec un modèle régressif simple.....	123
4.4 - Intégration dans un modèle de transfert hydrologique.....	124
4.4.1 - Principes du modèle.....	125
4.4.2 - Application du modèle récursif	127
4.4.2.1 - Bassin versant de Mélarchez.....	127
4.4.2.2 - Bassin versant de l'Orgeval.....	127
Conclusions	129

CHAPITRE V - Capacité prédictive du modèle

5.1 - Introduction	130
5.2 - Prévision des flux.....	130
5.2.1 - Prévision des flux des M.E.S avec des débits liquides simulés	130
5.2.2 - Prévision des flux de M.E.S en période de crues.....	133
5.2.2.1 - Cas du bassin de Leudon	133
5.2.2.2 - Cas du bassin de Mélarchez.....	133
5.2.2.3 - CAS du bassin de Naizin.....	136
Conclusions	139

CHAPITRE VI - Explication des paramètres

6.1 - Introduction	140
6.2 - Analyse dimensionnelle	140
6.3 - Explication des paramètres dans l'espace.....	141
6.3.1 - Cas de Mélarchez et de l'Orgeval	141
6.3.2 - Cas de Mélarchez et de la Marne	144
6.3.3 - Evolution des paramètres de l'amont vers l'aval.....	144
6.4 - Explication des paramètres par événement	145
6.5 - Les crues successives de décembre.....	150
Conclusions	156

Conclusion générale	157
----------------------------------	-----

Références bibliographiques	161
--	-----

Table des matières	173
---------------------------------	-----

Liste des figures	177
--------------------------------	-----

Listes des tableaux	182
----------------------------------	-----

Annexes