

Laboratoire d'accueil : (1) Département Génie Civil et Environnemental de l'IMT Lille Douai, (2) Département Géosciences des MINES ParisTech
École Doctorale SPI 072 (Lille I, Lille III, Artois, ULCO, UVHC, Centrale Lille, IMT Lille Douai)

THÈSE présentée en vue d'obtenir le grade de DOCTEUR en *Sciences de la terre et de l'univers*

Par

Edouard PATAULT

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LILLE DÉLIVRÉ PAR IMT LILLE DOUAI

Titre de la thèse :

Analyse multi-échelle des processus d'érosion hydrique et de transferts sédimentaires en territoire agricole : exemple du bassin versant de la Canche (France)

**Soutenance prévue le 16 Novembre 2018 à 15h00,
IMT Lille Douai, 764 boulevard Lahure, Douai, Amphithéâtre du département Energétique Industrielle**

devant le jury d'examen :

Rapporteur	Benoit LAIGNEL	Professeur,	Université de Rouen
Rapporteur	Olivier EVRARD	Chargé de recherche,	CEA
Examineur	Jan NYSSSEN	Professeur,	Ghent University
Examineur	Sébastien SALVADOR-BLANES	Maître de conférences,	Université de Tours
Membre invité	Jean PRYGIEL	Professeur,	Université de Lille
Membre invité	Jean-François OUVRY	Directeur,	AREAS
Directeur	Nor-Edine ABRIAK	Professeur,	IMT Lille-Douai
Co-Directeur	Arnaud GAUTHIER	Professeur,	Université de Lille
Encadrant	Claire ALARY	Enseignant-chercheur,	IMT Lille-Douai
Co-Encadrant	Christine FRANKE	Ingénieur de recherche,	MINES ParisTech

Résumé:

L'érosion hydrique est un processus majeur de dégradation des sols dans le monde avec des conséquences multiples : perte de terres agricoles, envasement des cours d'eau, coulées boueuses. En France, la région Hauts-de-France est la zone la plus touchée par ces pertes en terres qui peuvent dépasser les 10 t ha⁻¹ an⁻¹. Si les processus à l'origine de ces transferts sédimentaires ont été largement étudiés par la communauté scientifique ces dernières années, il reste néanmoins des verrous liés aux variabilités spatio-temporelles. De plus, l'efficacité des politiques récentes de lutte contre l'érosion n'est pas quantifiée. Cette étude propose une analyse de la variabilité spatio-temporelle des transferts sédimentaires selon plusieurs échelles (1-1000 km²), et une première évaluation de l'efficacité des politiques d'aménagement au sein d'un bassin du Nord de la France (la Canche ; 1274 km²). Une station de mesure haute-fréquence, a été implantée à l'exutoire d'un sous-bassin versant de la Canche (la Pommeroye ; 0,54 km²) pour quantifier les transferts hydro-sédimentaires sur deux années hydrologiques contrastées. Selon nos résultats, les transferts varient de 29,4 à 70 t km⁻² an⁻¹. 40% du flux est exporté au cours de 3 épisodes érosifs majeurs (sur 48 enregistrés) et les paramètres forçants sont liés à la durée d'un épisode pluvieux et à la quantité de précipitations. Sur ce même bassin, la prédiction spatiale à l'échelle centimétrique des transferts hydro-sédimentaires a pu être effectuée via le nouveau modèle d'érosion des sols WATERSED (BRGM) et l'efficacité d'un plan d'aménagement de lutte contre l'érosion a été quantifiée. Nos résultats permettent de valider l'opérabilité du modèle sur ce territoire. Les transferts sédimentaires à l'échelle du parcellaire agricole peuvent atteindre les 76 t km⁻² pour un événement donné et sont influencés par l'état de surface du parcellaire agricole. Une réduction significative (jusqu'à 84%) des transferts par les aménagements d'hydraulique douce est également observée. A l'échelle du bassin de la Canche, l'utilisation de traceurs chimiques et spectrorimétriques dans un modèle de mélange (Sed_Sat ; USGS) a permis d'évaluer d'une part les contributions des affluents de la Canche et d'autre part les contributions des sols et des berges (respectivement 30-70%). Des variations spatio-temporelles significatives ont pu être observées et les résultats tendent à montrer un potentiel impact positif des politiques récentes d'aménagement du territoire. Cette étude montre également que de nouveaux traceurs liés à la signature spécifique des particules magnétiques sont particulièrement prometteurs dans ce contexte pour tracer un signal d'érosion des sols. A terme, ces données pourraient être incluses dans des approches sediment fingerprinting. L'analyse selon plusieurs modalités spatio-temporelles et le couplage expérimentation/modélisation améliore donc notre compréhension de la dynamique des transferts sédimentaires sur le bassin versant de la Canche. Cela fournit des résultats essentiels pour orienter les futures politiques de lutte contre l'érosion des sols.

Mots clefs : érosion des sols, sediment fingerprinting, suivi haute-fréquence, modélisation, traceurs environnementaux, bassin versant

Abstract: Multi-scale analysis of water erosion processes and sedimentary transfer in agricultural territory: example of the Canche river catchment (France).

Water erosion is a serious concern in global land degradation leading to multiple consequences: loss of arable lands, siltation of streams, mudflows. In France, the Hauts-de-France region is the most affected area, and soil loss can exceed 10 t ha⁻¹ yr⁻¹. Although hydro-sedimentary processes have been widely studied by the scientific community, there is still a lack of knowledge in the understanding of the spatio-temporal variabilities. Additionally, the effectiveness of recent erosion control policies so far cannot be quantified. This study proposes an analysis of the spatio-temporal variability of sedimentary transfer at different scaling (1-1000 km²), and an initial assessment of the effectiveness of management policies within a northern France catchment (the Canche river, 1274 km²). A high-frequency monitoring station was implemented at the outlet of a Canche sub-catchment (the Pommeroye, 0.54 km²) to quantify the hydro-sedimentary transfer over two contrasted hydrologic years. According to our results, sediment yield varies from 29.4 to 70 t km⁻² yr⁻¹. 40% of the flux is exported during 3 major erosive events (out of 48 recorded) and the forcing parameters are related to the duration and the amount of rainfall. In this sub-catchment, the centimeter-scale spatial prediction of the hydro-sedimentary transfer was carried out using the new soil erosion model WATERSED (BRGM) and the effectiveness of an anti-erosion management plan was quantified. Our results validate the operability of the model in this context. For a given event, sediment transfer can reach 76 t km⁻² yr⁻¹ in agricultural plots and are strongly depending on the soil surface state. A significant reduction (up to 84%) of sedimentary transfer by the anti-erosion plan was also observed. At the scale of the Canche catchment, the use of chemical and spectrorimetric tracers in a mixing model (Sed_Sat tool; USGS) evaluated the contributions of the Canche tributaries and sediment sources contributions (i.e. channel banks and soils; 30-70% respectively). Significant spatio-temporal variations have been observed and the results show a potential positive impact of the recent management policies. This study also shows that new tracers related to the specific signature of magnetic particles are promising in the context to trace soil erosion. For further analyses, this data could be included in sediment fingerprinting approaches. Thus, this study based on several spatio-temporal modalities and the coupling of experimentation and modelling improves our understanding of the Canche hydro-sedimentary dynamics. It provides essential results to guide the future erosion control policies.

Keywords : soil erosion, sediment fingerprinting, high-frequency monitoring, modelling, environmental tracers, catchment