

Bonjour,

Nous avons le plaisir de vous inviter à ma soutenance de thèse, intitulée

« Identification et modélisation des processus à l'origine des transferts de phosphore dissous dans un bassin versant agricole »

**Lundi 16 novembre, 14h30, Amphithéâtre Matagrín d'Agrocampus Ouest,
65 rue de Saint Briec à Rennes.**

Devant un jury composé de:

Pr. Phil Jordan, Ulster University Coleraine, rapporteur

Dr. Sylvain Payraudeau, ENGEES Strasbourg, rapporteur

Dr. Ophélie Fovet, INRA Rennes, examinateur

Dr. Sylvain Pellerin, INRA Bordeaux, examinateur

Pr. Christian Walter, AGROCAMPUS OUEST Rennes, examinateur

Dr. Chantal Gascuel-Odoux, INRA Rennes, directrice de thèse

Un résumé français/anglais est en PJ.

Bien cordialement

Rémi Dupas

--

Rémi Dupas

Agrocampus Ouest - INRA - UMR Sol Agro et hydrosystèmes
Spatialisation

65, route de Saint Briec - CS 84215 35042 RENNES Cedex

Tel 02 23 48 70 47

Identification et modélisation des processus à l'origine des transferts de phosphore dissous dans un bassin versant agricole

Le phosphore est, avec l'azote, un élément limitant de l'eutrophisation. Le phosphore présent dans les masses d'eau provient d'émissions ponctuelles, d'origine domestique et industrielle, et d'émissions diffuses, principalement d'origine agricole. Avec la diminution des émissions ponctuelles dans les pays occidentaux, la part du phosphore d'origine agricole augmente. En Bretagne, les teneurs élevées en phosphore des sols, combinées à la forte vulnérabilité des masses d'eau, nécessitent de mieux comprendre les mécanismes à l'origine des transferts de phosphore diffus. L'objectif de cette thèse a été d'identifier et de quantifier les mécanismes à l'origine des transferts de phosphore, par une démarche intégrant analyse de données d'observations multi-échelle et modélisation.

L'analyse d'une chronique de chimie de l'eau à l'exutoire d'un petit bassin versant à dominance de terres arables a révélé que les formes particulaires et dissoutes du phosphore avaient des origines différentes dans le paysage, et étaient transférées par des mécanismes généralement indépendants. Le phosphore particulaire provient de la remise en suspension de sédiments présents dans le cours d'eau, de l'érosion des berges et occasionnellement d'épisodes érosifs dans les versants. Le phosphore dissous provient des sols de la zone riparienne, d'extension variable en fonction de l'état d'humidité du bassin versant ; il est transféré par écoulement de subsurface lorsque les fluctuations de nappe créent une connexion hydrologique entre sol et rivière. Ces mécanismes ont été confirmés par une étude comparée des transferts de phosphore particulaire et dissous en crue dans deux bassins versants, en mettant en œuvre une méthode de clustering de crues reposant sur l'algorithme Dynamic Time Warping.

Le suivi multi-site de la concentration en phosphore dans l'eau des sols ripariens a permis de préciser le rôle de la nappe dans les transferts de phosphore dissous. Les données collectées ont mis en évidence que les fluctuations de nappe agissaient non seulement sur le transfert, mais aussi sur les mécanismes biogéochimiques à l'origine de la solubilisation du phosphore dans les sols. Deux moments importants ont été identifiés : la période de sécheresse estivale est favorable à la constitution d'un pool de phosphore mobile dans les sols, exporté à l'automne et en début d'hiver ; lorsque la nappe stagne dans les sols sans apport d'oxygène, la dissolution en condition réductrice des oxydes de Fer provoque un relargage de phosphore. Ces deux épisodes de mobilisation dans les sols produisent un signal visible dans la rivière.

Un modèle couplé hydrologie-biogéochimie a permis de confirmer les hypothèses formulées suite à l'analyse de données d'observation sur le rôle de la nappe, de la teneur en phosphore des sols et des variations de température et d'humidité. Une analyse de l'incertitude dans les données et sa propagation dans le modèle ont permis d'assortir les prédictions d'un intervalle de crédibilité, et de proposer des pistes pour réduire cette incertitude. L'utilisation d'analyseurs de phosphore sur site permettrait d'améliorer deux aspects du suivi : la fréquence de mesure et le délai entre prélèvement et analyse des échantillons.

Finalement, cette thèse a permis d'ajouter de la connaissance sur les flux d'éléments majeurs dans les bassins agricoles intensifs, en ajoutant le phosphore aux connaissances déjà existantes sur le carbone et l'azote. Des perspectives de recherche et de gestion se profilent en développant une vision intégrée des trois éléments.

Identification and modelling of processes controlling dissolved phosphorus transfer in an agricultural catchment

Phosphorus is, together with nitrogen, a limiting factor of eutrophication. Phosphorus in water bodies originates both from point-source emissions, of domestic and industrial origin, and diffuse emissions, mainly of agricultural origin. In western countries, reduction of point source emissions in the last two decades has resulted in a proportionally increasing contribution of agricultural phosphorus. In Brittany, the high phosphorus content of soils, combined with the high vulnerability of water bodies, asks for a better understanding of the processes controlling diffuse transfer. The objective of this thesis was to identify and quantify the processes controlling phosphorus transfer, with an approach combining analysis of multi-scale observation data and modelling.

Analysis of a water chemistry time series acquired at the outlet of a small arable catchment revealed that particulate and dissolved phosphorus forms had different spatial origin within the landscape, and were transferred through distinct mechanisms. Particulate phosphorus originates from resuspension of stream bed sediments, bank erosion and occasionally from erosion on hillslopes. Dissolved phosphorus originates from riparian soils, with a contributing area varying in size according to the catchments' wetness; dissolved phosphorus is transferred via subsurface flow when the water table fluctuations create a hydrological connection between soils and the stream. These mechanisms were confirmed by a comparative study of storm transfer of dissolved and particulate phosphorus in two catchments, with a clustering method involving the use of the Dynamic Time Warping.

Multi-site monitoring of phosphorus concentration in the soil pore water of the riparian zone enabled a clarification of the role of groundwater in dissolved phosphorus transfer. The data showed that groundwater fluctuations controlled not only phosphorus transfer, but also the biogeochemical mechanisms controlling phosphorus solubilisation in soils. Two critical moments were identified: the summer dry period is favourable for the build-up of a pool of mobile phosphorus forms in soils, which is transferred in the autumn and the beginning of winter; when groundwater stagnates in soil in anoxic conditions, reductive dissolution of iron oxides causes a second phosphorus release. These two critical moments of phosphorus mobilisation in the soils produce a clearly visible signal in the stream.

A coupled hydrological-biogeochemical model confirmed the hypotheses derived from the analysis of observation data, regarding the role of groundwater fluctuation, the soil phosphorus content and variability in soil temperature and moisture. An assessment of the information content in the data and the propagation of uncertainty enabled the addition of a credibility interval to model predictions, and the suggestion of options to reduce this uncertainty. Using bankside analysers would improve two aspects of the monitoring: the monitoring frequency and the delay between sampling and sample analysis.

Finally, this thesis brings forth new knowledge about fluxes of major elements (carbon, nitrogen, nitrogen) in intensively farmed agricultural catchments. Major research and management perspectives are made possible with an integrated vision of these three elements.