

Résumé

Les boues urbaines contiennent des résidus pharmaceutiques et des biocides divers, partiellement traités dans les stations d'épuration. Le lisier contient des résidus pharmaceutiques vétérinaires et des biocides utilisés pour le nettoyage des installations d'élevage. Les boues comme les lisiers sont épandus comme fertilisants ou amendements pour l'agriculture. Des traces de résidus pharmaceutiques humains et vétérinaires, ainsi que des biocides sont aussi quantifiés dans de nombreuses rivières et aquifères, et dans les sols agricoles en France et dans le monde. La thèse est consacrée à l'évaluation des transferts et des processus associés (dégradation, infiltration, adsorption, etc.) des résidus pharmaceutiques et des biocides dans le contexte précis des boues des stations d'épuration urbaines et des lisiers épandus. L'objectif principal est d'évaluer la contamination possible par les produits pharmaceutiques et les biocides des sols et des eaux souterraines due à l'épandage de produits résiduaux organiques (PRO) comme fertilisants. La partie expérimentale est bâtie sur trois échelles d'étude : (i) des essais en conditions contrôlées en microcosme pour caractériser la sorption des molécules sur des sols et des mélanges sol/PRO, (ii) des essais en conditions contrôlées sur colonnes de sol en laboratoire pour évaluer les transferts verticaux et (iii), des campagnes *in situ* sur six lysimètres, en condition réelle puis augmentées d'épandage de PRO. Les paramètres de sorption obtenus par les essais en microcosme sont utilisés pour la modélisation sur HYDRUS-1D du transfert réactif des essais sur colonnes de sol. Les comportements des résidus pharmaceutiques et biocides aux différentes échelles d'étude sont contrastés et mettent en évidence la complexité des processus intervenant dans le devenir des résidus pharmaceutiques et biocides après épandage. Les résultats montrent globalement que les épandages à taux agronomiques de lisier et de boues n'engendrent pas d'accumulation significative de résidus pharmaceutiques et biocides dans les sols et que les flux de composés retenus dans le sol ou transportés vers les eaux souterraines représentent une faible fraction de ce qui est apporté par épandage de PRO.

Mots-clés : Micropolluants; résidus pharmaceutiques; boues de station d'épuration; lisier; épandage agricole; infiltration; dégradation; sorption; pollution du sol et des eaux souterraines.

Partenaires Académiques : INSA Lyon, INRAE Narbonne, CNRS ISA Lyon, INRAE Île-de-France - Versailles-Saclay. **Socio-économiques** : SM3A – Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Affluents, SRB – Syndicat des Eaux des Rocailles et de Bellecombe, Chambre d'Agriculture Savoie Mont Blanc. **Autre** : Graie.

Abstract

Urban sludge contains pharmaceutical residues and various biocides, which are partly treated in wastewater treatment plants. Liquid manure contains also veterinary pharmaceuticals and biocides used to clean livestock installations. Both sludge and manure are spread as agricultural fertilisers. Traces of human and veterinary pharmaceutical residues, as well as biocides, are also present in many rivers and aquifers, and in agricultural soils in France and around the world. The thesis is devoted to the evaluation of transfers of and processes (degradation, infiltration, adsorption, etc.) related to pharmaceutical residues and biocides from both urban sludge and liquid manure spread on fields as fertilizer for agriculture. It is part of the Telesphore project carried out on the SIPIBEL observatory. The main objective is to evaluate the possible contamination of soil and groundwater by pharmaceuticals and biocides due to organic waste products (OWPs) spread for fertilizing. The experimental part is based on three scales experiments : (i) controlled microcosm assays to characterise sorption onto soils and soil/OWP mixtures (ii) lab soil column assays under controlled conditions on soil columns to assess vertical transport and (iii) *in situ* spreading campaigns on lysimeters, under both actual and augmented conditions of OWPs spreading. The sorption parameters obtained from the microcosm assays were used for HYDRUS-1D modelling of reactive transport in the soil columns. The contrasting behaviour of pharmaceutical and biocides residues at the different scales highlights the complexity of the processes involved in the fate of pharmaceutical and biocidal residues after spreading of OWPs. Overall, the results show that manure and sludge spread at agronomic rates do not lead to the accumulation of pharmaceutical and biocidal residues in the soil, and that the flux of compounds retained in the soil or transported to groundwater represent a small fraction of what is spread with the OWPs.

Key words : Micropollutants; pharmaceutical residues; , sludge from waste water treatment plants; liquid manure; agricultural spreading; infiltration; degradation; sorption; soil and groundwater contamination.

Academic partners : INSA Lyon, INRAE Narbonne, CNRS ISA Lyon, INRAE Île-de-France - Versailles-Saclay. **Socio-economic** : SM3A - Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Affluents, SRB - Syndicat des Eaux des Rocailles et de Bellecombe, Chambre d'Agriculture Savoie Mont Blanc. **Other** : Graie.