

Modélisation spatiale des zones sources de sédiments du Rhône

Spatial modelling of sediment sources on the Rhône catchment

Mathieu Fressard, Flora Branger

¹Univ. Lyon, University Lumière Lyon 2, UMR 5600 CNRS-Environnement Ville Société – LYON, F-69007, France. mathieu.fressard@cnrs.fr

²INRAE, UR RiverLy, Centre de Lyon-Villeurbanne, Villeurbanne 69625, France. flora.branger@inrae.fr

RÉSUMÉ

Afin de disposer d'informations sur les sous-bassins versants du Rhône dont les transferts sédimentaires ne sont pas suivis en station de mesure *in-situ*, une démarche d'analyse spatiale et de modélisation a été mise en place dans le cadre de l'OSR 5. L'objectif est double : (1) proposer une première spatialisation à l'échelle du bassin versant basée sur une approche qualitative (système multicritère) et (2) proposer un calage méthodologique sur plusieurs sous-bassins versants d'une approche quantitative. A l'échelle du bassin du Rhône l'approche multicritère a permis de réaliser rapidement une hiérarchisation des zones sources de MES en fonction de leur potentiel de production, mais reste difficile à valider quantitativement. Pour l'approche quantitative, le modèle RUSLE-SDR a été appliqué sur trois sous-bassins versants sélectionnés dans des contextes géomorphologiques variés. Les résultats montrent une bonne adéquation entre le modèle et les mesures réalisées en station. En définitive, le calage de cette approche sur les sous bassins versants permettra d'envisager une couverture globale du bassin versant du Rhône durant l'OSR 6 (2021-2023).

ABSTRACT

To provide have information on sediment transfer for ungauged sub-catchments of the Rhone river, a spatial analysis and modelling approach has been set up within the framework of the OSR 5. The objective is twofold: (1) to propose a first spatialization at the catchment scale based on a qualitative approach (spatial multi-criteria system) and (2) to propose a methodological calibration of a quantitative approach on several sub-catchments. At the scale of the Rhone basin, the multi-criteria approach allowed to quickly map the sediment source areas according to their production potential, but remains difficult to validate. For the quantitative approach, the RUSLE-SDR model was applied on three selected sub-catchments in various geomorphological contexts. The results show a good agreement between the model and the measurements carried out in gauging stations. Finally, the calibration of this approach on the sub-catchments will allow to consider a global coverage of the Rhône catchment during the OSR 6 (2021-2023).

MOTS CLES

Sources de MES, transferts sédimentaires, analyse spatiale, SMCE, RUSLE-SDR

L'Observatoire des Sédiments du Rhône est un programme de recherche initié en 2009 sur le fleuve Rhône, dans l'objectif de produire de données et de connaissances sur les flux sédimentaires et les contaminations associées, pour une meilleure gestion sédimentaire du fleuve. La question de la connaissance des sources de matières en suspension (MES) arrivant au fleuve est abordée depuis le programme OSR5 (2018-2021). Une démarche de modélisation spatiale a donc été entamée autour de deux points principaux: (1) l'identification et la caractérisation globale des zones sources de MES à l'échelle du bassin versant du Rhône par approche qualitative (système multicritères) ; (2) le calage d'un modèle quantitatif de transfert sédimentaire sur plusieurs sous-bassins versants du Rhône (RUSLE-SDR)

1 CARTOGRAPHIE DES ZONES SOURCES DE MES DU RHONE A ECHELLE REGIONALE

1.1 Méthode

La cartographie à l'échelle du bassin versant du Rhône a été conduite par une approche qualitative de type combinaison de carte d'index. Quatre critères principaux ont été considérés comme contributeurs à la production de MES à l'échelle du bassin : Topographie, géologie, pédologie et climat. A partir de ces 4 critères, 7 sous-critères ont été dérivés et représentés cartographiquement sur l'ensemble du secteur : déclivité de la pente, courbure de la pente, lithologie, état de surface des sols, occupation du sol, intensité des précipitations et proportion neigeuse des précipitations. L'ensemble des données a été acquis selon une grille raster d'une résolution de 25m à partir des données directement disponibles sur les différentes plateformes publiques (IGN, BRGM, AEE, MétéoFrance-SAFRAN etc.).

A partir de ces différents critères représentés cartographiquement, une pondération basée sur la méthode AHP a été appliquée (Analytic Hierarchy Process). Un lot de 24 pondérations successives a été réalisé, en faisant varier la hiérarchie des différents facteurs. Pour sélectionner la carte finale, l'ensemble des 24 cartes a été comparé aux flux moyens annuels issus de 16 stations de mesure en continu des MES sur le Rhône et ses affluents.

1.2 Résultats

La carte finale pondérée retenue hiérarchise les différents facteurs selon l'ordre suivant : climat, topographie, géologie, pédologie. Cette carte est en effet la seule à permettre de respecter la hiérarchisation des différents cours d'eau en fonction de leur transferts sédimentaires spécifiques mesurés : Arve, Isère, Durance, Fier, Ardèche, Gier, Saône (Thollet et al., 2021).

D'une manière générale, cette méthode permet de proposer rapidement une hiérarchisation des zones sources de MES en fonction de leur potentiel de production à une échelle régionale. Cependant, cette méthode est essentiellement basée sur une approche qualitative experte et reste difficile à valider à partir des données de terrain. En effet, la comparaison avec les valeurs de concentration en MES mesurées dans les cours d'eau demeure incertaine puisque la carte finale ne propose qu'une classification discrète sans estimation quantitative. La validation reste alors très dépendante des méthodes de discrétisation utilisées. De même, la comparaison avec les modèles de transferts sédimentaires spatialisés ne montre que des taux de superposition correcte de l'ordre 10 à 20% sur les bassins concernés.

2 MODELISATION DES TRANSFERTS SEDIMENTAIRES A L'ECHELLE DU SOUS-BASSIN VERSANT

Les transferts sédimentaires ont été modélisés pour trois sous bassins versants d'ordre 3 afin de caler la méthode et de vérifier le pouvoir prédictif du modèle (bassins versant de l'Arc, du Gier et de la Drôme). Le modèle sélectionné : INVEST- Sediment Delivery, offre le double avantage de prédire efficacement les transferts tout en étant peu consommateur de données. Ce dernier point constitue un critère de choix important dans une logique d'application au bassin Rhône dans son ensemble.

2.1 Méthode

Le modèle d'érosion est basé sur l'équation universelle des pertes en sol (Wischmeier & Smith, 1960) appliqué à des données spatialisées type raster suivant l'équation suivante.

$$RUSLE_i = R_i \times K_i \times LS_i \times C_i \times P_i$$

où R_i est l'érosivité des pluies, K_i l'érodibilité du sol (ou du substrat), LS_i le facteur topographique

(longueur et déclivité de la pente), C_i le facteur de couvert végétal et P_i le facteur de pratique agricole. Ce modèle permet de disposer d'une estimation de la composante « ablation » du système érosif en tout point de l'espace selon le maillage raster.

Pour compléter le modèle d'érosion, un modèle de connectivité sédimentaire basé sur une normalisation de l'IC de Borselli et al. (2008), a été utilisé. Cet outil permet de cartographier le ratio de fourniture sédimentaire (sediment delivery ratio - SDR) en tout point de l'espace. Cet indice offre une estimation de la proportion de sédiments érodés sur un pixel i rejoignant efficacement un puits sédimentaire déterminé a priori (exutoire du bassin ou cours d'eau). Pour chaque bassin versant, deux modèles de connectivité sont testés : un premier modèle considérant la connectivité à l'exutoire du bassin versant, un second considérant la connectivité au chenal principal.

Le couplage des deux modèles RUSLE et SDR permet de proposer une estimation des transferts sédimentaires annuels moyens depuis les versants vers les cours d'eau. Les valeurs sont exprimées en $t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$. La validation est réalisée par comparaison des valeurs modélisées avec les moyennes interannuelles de transport de MES mesurées aux différentes stations suivies dans le cadre des sites ateliers de l'Arc-Isère et de l'OSR (Thollet et al., 2021).

2.2 Résultats

Les résultats sont présentés sous forme de cartes à l'échelle du 1/50 000^{ème} pour chaque sous bassin versant. Elles permettent de localiser les principales zones contributives au transfert sédimentaire total. De même, les zones déconnectées du bassin ou faiblement contributives peuvent également être appréciées. Globalement, même si certains modèles apparaissent sous ou surestimant les taux de transfert pour certains sous bassins versants Alpains, la modélisation sur les grands sous bassins reste performante par rapport à d'autres méthodes.

Les résultats montrent une meilleure performance du modèle hydro-sédimentaire sur les bassins versants plus agricoles et moins aménagés pour l'hydroélectricité (Gier et Drôme vs Arc). Par rapport à l'objectif d'une modélisation sur l'ensemble du bassin versant du Rhône, cela montre que des avancées sont encore nécessaires pour une meilleure représentation des transferts sédimentaires en zone alpine : notamment prise en compte du couvert neigeux et des barrages hydroélectriques.

3 CONCLUSION ET PERSPECTIVES D'APPLICATION

Les résultats de modélisation obtenus dans le cadre de l'OSR 5 sont encourageants et permettent d'envisager d'étendre la couverture spatiale des modèles à l'ensemble du bassin versant du Rhône. Globalement, le modèle RUSLE-SDR apparaît comme un bon compromis entre complexité et qualité des résultats.

Le passage de cette approche essentiellement spatiale à une approche spatio-temporelle constitue une des perspectives majeures de ce travail. Cela passe par le développement d'une approche de modélisation couplée à un modèle hydrologique distribué à même de représenter la dynamique de la production et du transfert sédimentaire dans le temps et l'espace. A terme (OSR 6), ce travail vise à mettre à disposition des scientifiques et des gestionnaires un outil pour estimer les flux sédimentaires de sous-bassins non suivis et ainsi permettre une interprétation plus fine des dynamiques sédimentaires sur le Rhône. D'autre part, différents scénarios de changements (climatiques, occupation du sol, pratiques de gestion...) pourront être testés, afin d'en estimer les conséquences à l'échelle du bassin ou du sous bassin d'intérêt.

BIBLIOGRAPHIE (3 MAXIMUM)

- Borselli, L., Cassi, P., & Torri, D. (2008). Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: a GIS and field numerical assessment. *Catena*, 75(3), 268-277.
- Thollet, F.; Le Bescond, C.; Lagouy, M.; Gruat A.; Grisot, G.; Le Coz, J.; Coquery, M.; Lepage, H.; Gairoard, S.; Gattacceca, J.C.; Ambrosi, J.-P.; Radakovitch, O., Dur, G., Richard, L., Giner, F., Eyrolle, F., Angot, H., Mourier, D., Bonnefoy, A., Dugue, V., Launay, M., Troudet, L., Labille, J., Kieffer, L. (2021): Observatoire des Sédiments du Rhône; *INRAE*. <https://dx.doi.org/10.17180/OBS.OSR>
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. (1960) A Universal Soil-Loss Equation to guide conservation farm planning. *Int. Congr. Soil Sci. Trans. 7th. VI. 2: 418-425.*