

Transferts diffus agricoles et infrastructures paysagères : modélisation participative et optimisation agroécologique



Référent Recherche

Dominique TREVISAN
INRAE

dominique.trevisan@inrae.fr

Référent Acteur

Pascal FAVEROT
CEN Rhône Alpes

pascal.faverot@cen-rhonealpes.fr

Laboratoires

- INRA, UMR CARTEL: Centre Alpin de Recherches sur les Réseaux Trophiques et Ecosystèmes limniques
- INRA UMR MIAT: Mathématiques et Informatique Appliquées Toulouse
- ISARA-Lyon Unité AGE : Agroécologie et Environnement
- Université Grenoble Alpes, UMR PACTE: Politiques publiques, Action politique, Territoires

Partenaires

- CEN-RA, Conservatoire des Espaces Naturels Rhône Alpes, Lyon
- PNRV, Parc Naturel Régional du Vercors
- CCMP, Communauté de Communes de Miribel Plateau
- CCLA, Communauté de Communes du Lac

Mots-clés

Paysage

Systèmes d'exploitation

Cycles de l'Eau

Transferts de nutriments
et contaminants

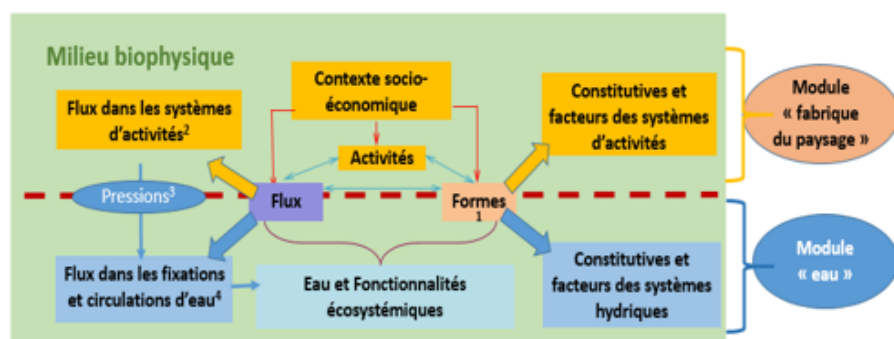
- TIP TOP a eu pour ambition de fournir des outils de diagnostic et de prospective aux collectifs du territoire pour protéger les ressources naturelles (eau, sol, habitats) en raisonnant l'allocation spatiale des cultures et de leur interfaces paysagères (haies, bandes enherbées,...).
- Les résultats portent sur outil informatique pour simuler l'organisation des paysages agricoles et analyser leur conséquences en termes de transfert de matières associées aux circulations d'eau
- Les retombées sont relatives aux relations entre structure, fonctionnement agricole du paysage et propagation et impact des flux sur les ressources en eau, les sols et les habitats.

Problématique

- Comment caractériser les fonctionnalités écosystémiques des paysages liées à l'eau? La problématique porte sur l'intérêt d'identifier les mosaïques paysagères qui soutiennent les productions agricoles avec la valorisation les éléments nutritifs, le contrôle de la propagation des contaminants et la préservation de milieux clés (zones humides, haies...).
- Comment se construit le paysage? On cherche à évaluer les modalités d'évolution des paysages selon des adaptations des exploitations agricoles aux changements climatiques, économiques ou sociétaux. Pour ce faire, nous avons besoin de modèles prospectifs construits à partir de règles reproduisant les processus de la fabrique du paysage.
- Comment l'eau circule et véhicule? Il s'agit d'interpréter les paysages via des indicateurs rendant compte des trajectoires d'eau et de la redistribution d'un ensemble de composants mis en mouvement à la surface des sols, au sein des pentes ou plus en profondeur vers les nappes.

Figure n° 1. Schéma d'analyse des relations paysage-eau.

Le paysage résulte de pratiques distribuant des flux et des formes dans l'espace. L'ensemble est soumis à l'influence du milieu bio physique. (1): bâtis, parcelles,...; (2) productions; (4) liés à l'écosystème et aux activités



Contribution à la transition des territoires ruraux et périurbains

- Aider à l'acquisition d'une vision systémique de ce qui construit et caractérise le paysage;
- Des outils pour tester des objectifs de production et des stratégies de transition (diversifier les mosaïques pour lutter contre la propagation des campagnols, l'érosion des sols, s'adapter aux changements globaux,...);
- Une suite de bibliothèques informatiques pour répondre au besoin d'identifier les zones actives, périodes à risque et les fonctionnalités du paysage (résilience hydrologique, régulation des pertes, valorisation des ressources,...);
- Des clés pour tester et interpréter de nouveaux motifs paysagers en réponse aux changements globaux ou à des programmes territoriaux;
- Une démarche pour piloter des échelles qui dépassent celle de la parcelle agricole pour aider à la transition agroécologique des exploitations agricoles.

Démarche

Dans ces unités de gestion que sont les exploitations, les décisions sont mises en œuvre à l'échelle de la parcelle agricole dans son ensemble. Cette échelle est trop vaste pour modéliser les flux, transferts, stockages d'eau ou d'éléments qui se produisent dans le sol. Nous avons recouru au maillage des surfaces pour géo référencer le plus finement possible l'ensemble des processus relatifs à la fabrique du paysage, aux trajectoires d'eau et ce qu'elles impliquent en termes de transfert et redistributions de matière [cf figure 2].

Trois types de processus doivent être pris en considération pour rendre compte des pressions exercées par les activités sur les ressources aquatiques.

Tout d'abord l'élaboration d'un stock de particules représentant une masse finie de N, P, MES ou bactéries fécales, puis leur mobilisation les rendant libres et déplaçables et finalement un transfert qui les véhicule dans ou en dehors de l'espace maillé du bassin versant. Par exemple dans le cas de l'érosion des sols, le stock de particules susceptibles d'être exportées par le bassin versant est contrôlé par un processus de détachement (splash des gouttes de pluie par exemple), puis par une mobilisation lorsque ces particules sont mises en suspension dans une lame de ruissellement et enfin par un transfert vers le réseau hydrographique si la lame de ruissellement peut franchir les barrières de perméabilité (zones de ré-infiltration des surfaces enherbées par exemple) qui jalonnent son parcours.

Figure n° 2. Processus et modèles

Plusieurs processus sont pris en considération pour rendre compte des pressions exercées par les activités sur les ressources. A chacun d'entre eux correspondent des modules et modèles d'évaluation. La modélisation passe par un traçage des particules dans le domaine de calcul (une particule représentant une masse de pression exercée par les pratiques sur l'espace). Deux indicateurs synthétiques du paysage sont calculés en sortie: le rythme d'exportation des particules (la fonction de transfert) et le ratio entre quantité de particules exportée et quantité apportée par les pressions.

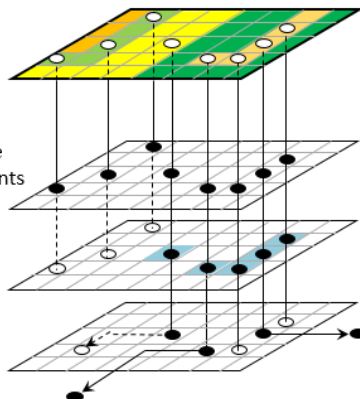
PROCESSUS

Fonctionnements
d'exploitation
Règles de décision

Élaboration de stocks de
Nutriments / contaminants

Mobilisation des stocks
par des lames d'eau

Transfert des stocks
vers les récepteurs
aquatiques



MODELISATION

Fabrique du paysage

Pratiques et
- besoins en N, P
- Mes, bactéries

Hauteurs d'écoulements

Transferts et fonctions
Puits - sources

Les relations chercheurs acteurs.

(1) Des groupes de savoir locaux réfléchissent aux modalités de transformation du territoire. (2) Ils structurent et alimentent un modèle portant sur la construction du paysage. (3) Des modèles hydrologiques et multi-agents spatialisés sont couplés pour typer les modalités de transfert et prédire les flux d'éléments exportés. (4) La prédiction est confrontée à des observations. (5) Des simulations référencent les liens paysage-flux sur différents territoires agricoles régionaux. Les groupes de savoir se saisissent des sorties pour ré-interpréter les données techniques et paysagères. Ils proposent des alternatives et testent leurs effets.

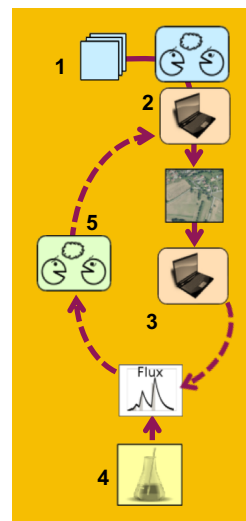


Figure n° 3. Terrains d'étude

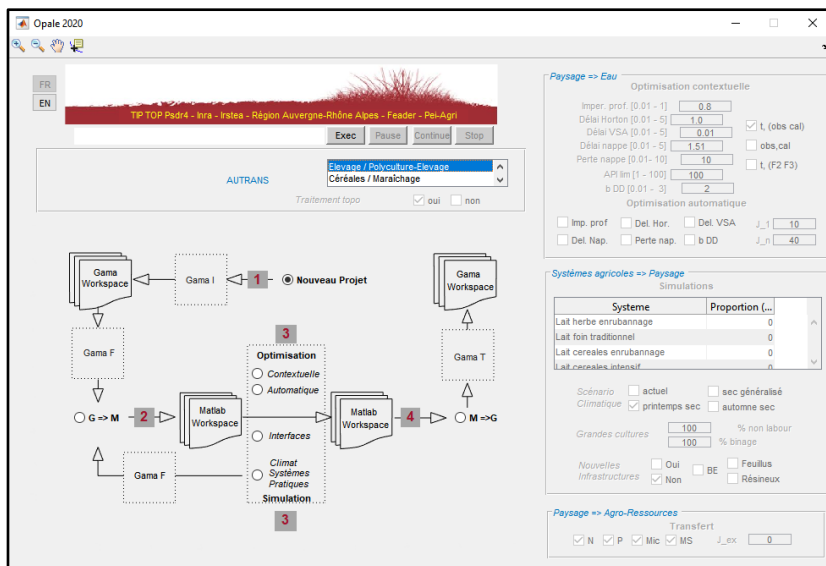
Trois terrains représentatifs de la diversité des modes d'écoulement d'eau et du comportement spatial de nutriments ou contaminants ont apporté: 1) des sites expérimentaux pour le développement des modèles; 2) une base de simulation pour l'analyse de scénarios paysagers.



OPALE : un simulateur de flux de matières dans les paysages agricoles Élevage/polyculture élevage ou Céréales/maraîchage.

Figure n° 4. Interface utilisateur

Deux langages de calcul sont couplés (Gama et Matlab). Le centre de l'interface propose un schéma représentant un workflow donnant les étapes à suivre pour réaliser le diagnostic paysager: [1] initialisation et fabrique du paysage agricole; [2] couplage espace agricole/espace eau; [3] calage et simulation; [4] étude des paysages (dynamique de transfert et restitution des pressions agricoles). Dans la partie droite de l'interface, des panneaux permettent de configurer les calculs. « Paysage-eau » concerne l'hydrologie des transferts, « Systèmes agricoles => paysages » pilote les tissus d'exploitations et les pratiques, « Paysage agro-Ressources » analyse les fonctionnalités écosystémiques du paysage.



Articuler dans le modèle des différences de temporalités, domaines de décisions, milieux et problématiques

Notre travail intègre la nécessité de rendre compte de phénomènes liés à des échelles temporelles bien distinctes; d'une part l'échelle annuelle et intra annuelle pour ce qui est de la fabrique du paysage, pour référencer les étapes clés du calendrier cultural et du cycle hydrologique; d'autre part l'échelle de calcul journalier pour rendre compte des évolutions et mise en mouvement des masses d'eau. C'est la généricité du modèle qui est visée: faire en sorte qu'il réponde à la diversité des tissus agricoles, des modes de circulation de l'eau et des enjeux des territoires.

Réalité des paysages et virtualité des modèles

Les recherches du projet Tip Top cherchent à élaborer des démarches et outils d'accompagnement permettant non seulement de réfléchir à des problématiques et pistes d'action à partir d'état des lieux sur paysage et eau, mais aussi de pouvoir tester ces pistes de solutions. Loin de vouloir techniciser les processus de décision collectif, l'idée est d'associer intelligences humaines et artificielles, analyse des formes paysagères existantes ou produites en lien avec les flux visibles ou discrets du milieu biophysique, en traitant particulièrement ceux ayant des incidences sur les états et qualités de l'eau. Encore faut-il que les modèles reflètent la réalité des faits et de ce qui est observable, qu'il s'agisse des mosaïques agricoles, des flux d'eau et de ce qu'elle transporte.

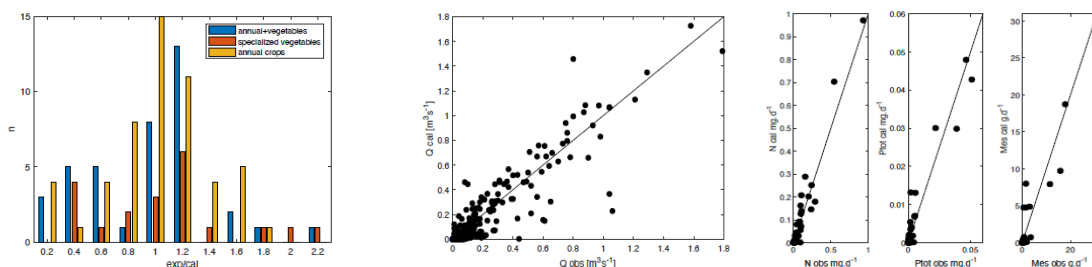


Figure n°5. Occupations des sols – Flux d'eau

A gauche, la confrontation des mosaïques calculées à celles observées, avec le ratio des surfaces attendues dans l'assolement et celles atteintes par le modèle. Centré sur 1, le modèle renvoie des paysages plausibles.

Au centre et sur la droite, les flux d'eau et flux de N, P et Matières en suspension observés et calculés à l'exutoire du bassin versant du paysage modélisé. Valeurs et résidus centrés sur la bissectrice, le modèle est acceptable sur toute l'étendue des processus régulant les échanges plantes-sols-atmosphère et le devenir des matières véhiculées par l'eau.

Un calculateur pour éclairer les processus d'acteurs

Concrètement, pour appuyer la réflexion des groupes de travail, on dispose de : cartes construites par le module fabrique du paysage, relatives aux distributions spatiales des cultures, auxquelles sont rattachées des biomasses et leur dynamique en lien avec les calendriers des opérations culturales; cartes relatives à la migration des particules représentant les charges de pression des usages et pratiques agricoles, depuis leur lieu d'émission jusqu'au réseau hydrographique dans le cas des ruissellements de surface ou de transport hypodermique ; fonctions de transfert des pressions exercées par les exploitations et taux de restitution paysagers.

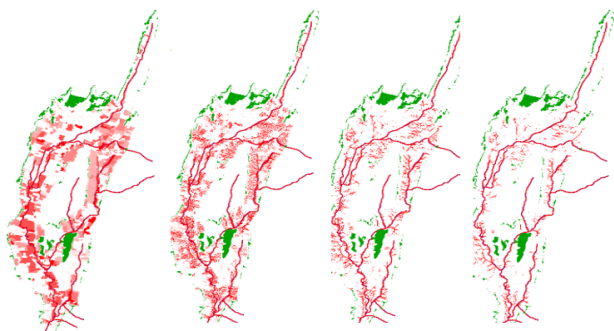


Figure n° 6. Tracé de particules représentant des bactéries fécales à différents pas de temps après une crue de printemps.

Il se dessine progressivement des chemins préférentiels des particules en mouvement, correspondant aux axes des thalwegs et dépressions topographiques, lesquels constituent des couloirs de transmission entre plages émettrices et réseau hydrographique. Ces axes d'écoulement constituent des zones qu'il convient de localiser dans l'objectif de mieux réguler les fonctions puits à l'origine de fonctions tampon du paysage vis-à-vis de la propagation des bactéries fécales

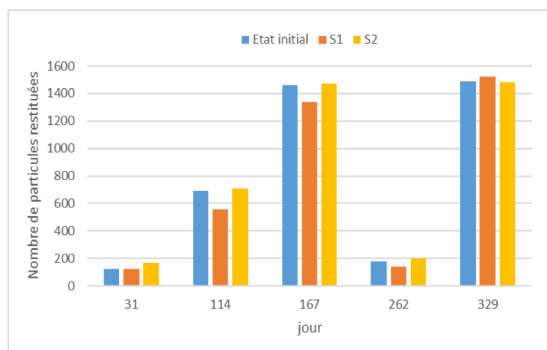


Figure n° 7. Restitution des pressions agricoles. S1=état initial + 10% de systèmes enrubannage et céréales. S2=initial + 20% de systèmes enrubannage et céréales.

Le paysage recherché est celui où les systèmes d'exploitations génèrent des labours pour cloisonner les prairies et lutter contre la prolifération des campagnols. Dans quelle mesure ces changements sont-ils performants vis-à-vis des transferts de bactéries fécales? S1 restitue moins de pression d'élevage, S2 l'augmente au contraire en raison de l'extension des semis de bouses associés à la priorisation des pâtures au détriment des surfaces de fauches. En entrée d'hiver les semis de bouses sont généralisés avec les dernières pâtures d'automne, quelque soient les tissus d'exploitation.

Plus d'informations sur
le programme PSDR et le projet :

www.psd-r.fr
www.psd-r-ra.fr

Pour citer ce document :

TREVISAN Dominique *et al.* (2020).
*Transferts diffus agricoles et
infrastructures paysagères :
modélisation participative et
optimisation agroécologique*,
Projet PSDR TIP TOP,
Auvergne-Rhône-Alpes,
Série Les 4 pages PSDR4

Contacts :

PSDR en Auvergne-Rhône-Alpes :
Daniel ROYBIN (INRAE)
daniel.roybin@inrae.fr
Direction Nationale PSDR :
André TORRE (INRAE)
torre@agroparistech.fr
Animation Nationale PSDR :
Frédéric WALLET (INRAE)
frederic.wallet@agroparistech.fr

Conclusions

Divers principes ont guidé la conception du calculateur paysager. En premier lieu, il s'est agi d'automatiser les couplages de modèles, l'utilisateur n'étant pas amené à contrôler les machines impliquées dans le calcul. On a cherché aussi à simplifier la complexité du système paysage tout en restituant des signaux fiables pour son interprétation. Le besoin était aussi de concevoir un outil flexible pour répondre à des problématiques environnementales variées. Enfin, c'est aussi le besoin de conduire le diagnostic en un temps acceptable pour la prise de décision. Les sorties opérationnelles portent sur la résilience du paysage (les conditions d'usage ou climatiques induisant des ruptures dans les dynamiques de transfert/valorisation des nutriments ou d'exportation/rétention des contaminants).

Pour aller plus loin...

- OPALE: OPERational Assessment of Landscapes Eco-functionalities. D. Trévisan, P. Taillandier, B. Sarrazin, D. Etienne, N. Ayari, P. Quetin, C. Janin. Environmental Modelling & Software, En révision.
- Paysage-Eau et Transition agroécologique. D. Trévisan, C. Janin, B. Sarrazin, P. Taillandier, 2019. <https://github.com/TipTop-PSDR/OPALE>