

Modélisation de paysages agricoles pour l'analyse et la simulation de processus



Paris, 19-20 octobre 2023



Programme prévisionnel du séminaire PAYOTE

19 et 20 octobre 2023

INRAE - 147 rue de l'Université 75 007 Paris

Amphithéâtre

Jeudi 19 octobre 2023

09h00 – 09h45 : Accueil

09h 00 : Remise des badges

09 h 45 : Présentation du programme des journées (**Frédérique Angevin**, INRAE, UR Info&Sols)

10h00 – 13h00 : Les jeux sérieux, outils de concertation territoriale autour des paysages

Animation : Olivier Barreteau (INRAE, UMR G-Eau) et **Michael Rabotin** (INRAE, UR Riverly)

10h00 -10h10 : Introduction de la session par **Olivier Barreteau**

10h10-10h30 : GAMAE : une plateforme dédiée à l'accompagnement, la valorisation et l'analyse des jeux sérieux en alimentation, agriculture et l'environnement. **Gilles Martel** (INRAE, UMR BAGAP)

10h30-10h50 : Le jeu Gaïa : comment nourrir la population d'un territoire donné de façon durable et décarbonée ? **Lise Emeraud** (LEGTA Théodore Monod)

10h50-11h50 : Pause avec démonstration de jeux sérieux

11h50-12h10 : CAUSERIE : un jeu sérieux adossé à un SIG pour explorer des solutions collectives pour concilier agriculture et qualité de l'eau dans les têtes de bassins versants - **Véronique Gouy Bousada** (INRAE, UR Riverly)

12h10-12h30 : Le jeu sérieux payZZage : un outil pour aborder le rôle des élevages sur le paysage et la biodiversité dans le cadre de l'enseignement. **Gilles Martel** (INRAE, UMR BAGAP)

12h30-13h00 : Discussion générale sur la session

13h00 – 14h30 : Déjeuner

14h30 – 16h30 : Analyse des hétérogénéités paysagères induites par les activités humaines

Animation : Fabrice Vinatier (INRAE, UMR Lisah)

14h30-14h40 : Introduction de la session par **Fabrice Vinatier**

14h40-15h00 : Collecte et structuration de données géographiques pour la simulation des territoires agricoles – **Marine Belorgey** (MAELAB)

15h00-15h20 : Spatialiser des ventes de produits phytosanitaires en prenant en compte les spécificités locales des pratiques – **Matthieu Descout** (INRAE, UMR SADAPT)

15h20-15h40 : Comment caractériser les changements dans les systèmes agricoles pour analyser les évolutions temporelles de la biodiversité? **Aude Barbottin** (INRAE, UMR SADAPT)

15h40-16h10 : **Pause**

16h10-16h30 : Temporal effects of landscape heterogeneity on predatory arthropod communities in permanent grasslands. **Théo Brusse** (Université de Picardie Jules Verne, UMR Edysan)

16h30-16h50 : Développement d'un environnement dédié à la simulation et à l'estimation de modèles compartimentaux d'équations aux dérivées partielles : applications en agro-écologie. **Olivier Bonnefon** (INRAE, UR BioSP)

16h50-17h10 : Discussion générale sur la session

17h10 – 17h30 : Historique et devenir du réseau PAYOTE

Animation : bureau PAYOTE

Vendredi 20 octobre 2023

09h00 – 9h30 : Discussion sur le réseau et son avenir

Animation : bureau PAYOTE

9h30 – 12h00 : Modélisation

Animation : Hugues Boussard (INRAE, UMR BAGAP)

9h30-9h40 : Introduction de la session par **Hugues Boussard**

9h40-10h00 : Cartographier des variations spatiales de l'abondance des tiques dans des paysages agricoles hétérogènes pour construire un simulateur du risque lié aux tiques. **Thierry Hoch** (INRAE, UMR BioEpaR)

10h00-10h20 : Land Parcel Exchange : modélisation de l'échange temporaire de parcelles entre exploitations agricoles à l'échelle du territoire **Marco Carozzi** (INRAE, UMR SADAPT)

10h20-10h40 : Prise en compte de la composition et de la configuration de la matrice paysagère pour la modélisation spatialement explicite du service de pollinisation **Anouk Glad** (INRAE, UMR Dynafor)

10h40-11h00 : **Pause**

11h00-11h20 : Exploration de stratégies de gestion du paysage favorisant la régulation des ravageurs et limitant la propagation de la jaunisse de la betterave à l'aide d'un modèle spatialement explicite **Gaëlle Van Frank** (INRAE, UMR Dynafor)

11h20-11h40 : Effet de la connectivité hydrologique sur la production agricole : modélisation numérique en conditions méditerranéennes pluviales. **Mariem Dhouib** (INRAE, UMR Lisah)

11h40-12h00 : Discussion générale sur la session

12h00 – 13h00 : Caractérisation de la complexité des paysages agricoles. Études prospectives à l'échelle des territoires.

Animation : Katarzyna Adamczyk (INRAE, UR MaIAGE)

12h00-12h10 : Introduction de la session par **Katarzyna Adamczyk**

12h10-12h30 : Scénariser à l'échelle territoriale pour le « zéro pesticides » : une proposition de méthode **Myrto Parmantier** (INRAE, UMR Innovation)

12h30-12h50 : Le grain bocager : un indice pour caractériser le bocage et ses effets microclimatiques pour la gestion de la biodiversité forestière. Concept, outil, méthode et applications aux échelles régionale, locale et de l'exploitation agricole. **Hugues Bousard** (INRAE, UMR BAGAP)

13h00 – 14h00 : Déjeuner

14h00-14h20 : HedgeTools : un outil open-source pour cartographier automatiquement les haies et évaluer leur multifonctionnalité. **David Sheeren** (INRAE, UMR Dynafor)

14h20-14h40 : Rôle des éléments paysager linéaires dans la configuration spatiale des systèmes de culture. Résultats préliminaires d'un cas d'étude méditerranéen pluvial en Tunisie. **Davide Rizzo** (INRAE, UMR LISAH)

14h40-15h00 : Cartographie et caractérisation des systèmes agricoles au Bénin par télédétection spatiale : Application d'une nouvelle approche radiométrique de zonage paysager. **Aurelle Sedegnan-Omoto** (Programme Analyse de la Politique Agricole de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin)

15h00-15h20 : Discussion générale sur la session

15h20 – 15h40 : Conclusion du colloque

Livret des résumés

Jeudi 19 octobre

Les jeux sérieux, outils de concertation territoriale autour des paysages

GAMAE : une plateforme dédiée à l'accompagnement, la valorisation et l'analyse des jeux sérieux en alimentation, agriculture et l'environnement

G. Martel¹, E. Terrier-Gesbert¹, F. Johany¹, P. Chalier¹, S. Dernas¹

¹INRAE, UMR BAGAP

GAMAE se concentre sur les jeux sérieux dans les champs agro-environnementaux et alimentaires. GAMAE ambitionne d'être une plateforme scientifique et technique d'innovation sociale. Elle est ouverte, conviviale, et permet aux utilisateurs de développer leurs capacités, tout en étant un support de production et de circulation de connaissances scientifiques. Grâce à deux plateaux techniques et son expertise, GAMAE développe une approche de la conception des jeux, de l'idée au jeu finalisé, basée sur une démarche qualité. La plateforme GAMAE s'attache à créer des jeux à la fois simples à fabriquer et à animer mais ayant un effet transformateur du réel. L'évaluation est ainsi au cœur des compétences et services proposés par GAMAE. Les jeux conçus ou accompagnés par GAMAE visent à favoriser les échanges et les collaborations, aider à la prise de décision, et transformer les pratiques. La plateforme vise à favoriser la mise en réseau, via la circulation d'informations, les échanges, le partage autour des jeux. Les jeux sérieux sont le ciment d'une communauté en émergence que GAMAE ambitionne de contribuer à mettre en visibilité, à structurer et à animer. La plateforme GAMAE se place au service de tous les acteurs de l'animation, de la formation, du conseil, de l'enseignement et de la recherche.

Le jeu Gaïa : comment nourrir la population d'un territoire donné de façon durable et décarbonnée ?

L. Emeraud¹, F. Guerrier², S. Espagnol³, M. Fossey⁴, A.L. Boulestreau-Boulay⁵, E. Plaze⁶

¹LEGTA Théodore Monod, ²Agrocampus Ouest, ³IFIP, ⁴IDELE, ⁵CRAPL, ⁶SFRD Bretagne

Le RMT MAELE a créé le jeu Gaïa, dans lequel les apprenants sont invités à aider Aldaron, prince des Elfes de la planète Gaïa : les hobbits qui fabriquaient la nourriture sont morts d'une maladie et les gaïans ont faim. Il faut donc lui proposer des systèmes agricoles durables et nourriciers, et ce, en impactant le moins Gaïa . Au début du jeu, les apprenants ont des cartes avec des caractéristiques sur les animaux et les cultures et un calculateur sur tableur. Ils doivent proposer une solution cohérente à l'échelle du territoire. Gaïa est , par défaut, calibré sur la France. Mais le jeu permet de changer des paramètres : surface agricole, nombre d'habitant, climats, impact du changement climatique, gestion des pertes... Sur chaque territoire, le joueur saisit les effectifs et systèmes animaux, les surfaces en cultures alimentaires, en forêt et en haies. Un module de production d'énergie induit une réflexion sur la concurrence entre l'utilisation des surfaces pour l'alimentation ou l'énergie. Les données en sorties du jeu sont l'équilibre des apports pour l'alimentation (en pourcentage de couverture des besoins), l'empreinte carbone, la surface en biodiversité entretenue, l'autonomie énergétique ... Le jeu évolue et d'autres modules arriveront en 2023.

CAUSERIE : un jeu sérieux adossé à un SIG pour explorer des solutions collectives pour concilier agriculture et qualité de l'eau dans les têtes de bassins versants

O. Barreteau¹, G. Abrami¹, E. Adoir², G. Armani³, J. Grillot³, E. Leteurtre⁴, H. Luzi², S. Malingrey¹, M. Rabotin³, L. Seguin¹, N. Carluer³, C. Lauvernet³, V. Gouy-Boussada³

¹ UMR G-EAU, Univ Montpellier, AgroParisTech, BRGM, CIRAD, INRAE, Institut Agro, IRD. Montpellier, France, ²Institut Français de la Vigne et du Vin. Villefranche sur Saône, France, ³UR RiverLy, INRAE. Lyon, France, ⁴Lisode. Montpellier, France

Les jeux sérieux existants explorent peu la question de la préservation de la qualité de l'eau dans les bassins versants agricoles. La complexité des facteurs à représenter explique cette lacune notamment quand il s'agit d'aborder cette problématique de manière stratégique et collective. Dans ce sens, nous avons développé CAUSERIE, un méta-jeu, actuellement paramétré dans des contextes de polyculture-élevage et de viticulture, pour explorer des trajectoires de transition collective ou individuelle, en considérant les leviers de changement de pratiques et d'aménagement d'infrastructures paysagères. Ce méta-jeu se positionne à l'échelle temporelle du système de culture (i.e. rotation des cultures annuelles, restructuration et enherbement de la vigne) et utilise un modèle simplifié de bassin versant virtuel basé sur un SIG et une

feuille de compte, pour calculer en temps réel les conséquences des choix des joueurs. L'interface avec cet outil, sans capturer toute l'attention des joueurs, joue un rôle d'émulation dans le jeu, en permettant de visualiser des processus invisibles et de calculer des indicateurs pouvant guider les actions. Même si les simulations réalisées à ce jour semblent mettre en évidence une difficulté des joueurs à déboucher sur des actions collectives, l'objet paysage apparaît intéressant pour favoriser les échanges informels et un apprentissage mutuel entre les acteurs.

Le jeu sérieux payZZage : un outil pour aborder le rôle des élevages sur le paysage et la biodiversité dans le cadre de l'enseignement

G. Martel¹, E. Meslin², A. Alignier²

¹INRAE, UMR BAGAP, ²Lycée Antoine de St-Exupéry

Le jeu payZZage a pour objectif d'aborder le rôle de l'élevage dans la constitution du paysage ainsi que ses conséquences sur différents taxons de la biodiversité. Il est destiné aux enseignements de lycées professionnels (de la 1^{ère} jusqu'au BTS). Dans la première phase du jeu, les élèves, répartis en deux équipes, doivent choisir les systèmes d'élevage qu'ils vont jouer, puis passer d'une fiche d'informations sur ces systèmes à un choix d'assolement pour leur exploitation (quels couverts et sur quelles parcelles, quelles bordures de champs). Un système de « scoring » agronomique est proposé à l'issue de cette phase, permettant de discuter des différentes logiques d'organisation des couverts au sein de l'exploitation. La seconde phase est celle de l'évaluation de l'effet de la diversité et l'agencement des couverts sur la biodiversité avec un focus sur les adventices, les carabes des cultures et les carabes forestiers. Cette phase permet de sensibiliser à la notion d'habitat, de corridor et à la notion de services écosystémiques. La dernière phase consiste en une coopération des deux équipes pour constituer un paysage favorable à l'expression des services écosystémiques. Ce nouveau paysage est alors évalué du point de vue de la biodiversité et de l'agronomie C'est le moment pour évoquer les questions de coopération entre agriculteurs et d'initier un débat sur les conditions nécessaires pour qu'elles apparaissent. C'est aussi le moment de parler de compromis entre le score agronomique et le score de biodiversité.

Analyse des hétérogénéités paysagères induites par les activités humaines

Collecte et structuration de données géographiques pour la simulation des territoires agricoles

M. Belorgey¹

¹MAELAB

MAELAB est une start-up qui mobilise la plateforme MAELIA dans le cadre de ses activités (<http://maelia-platform.inra.fr/>, INRAE). Cette plateforme permet de représenter, au pas de temps journalier, les interactions entre (i) les activités de production, de transformation et de recyclage des biomasses, (ii) les processus écologiques liés aux cycles de l'eau, de l'azote et du carbone et (iii) les performances socio-économiques, tout en considérant la variabilité du climat et des prix agricoles. L'application de MAELIA sur un territoire nécessite le traitement et l'intégration de nombreux jeux de données qui décrivent la structure de la zone étudiée. La gamme des objets à décrire est large : la météo, les sols (caractéristiques des profils, propriétés des horizons), le parcellaire et les pratiques agricoles, la géomorphologie des bassins versants et les caractéristiques du réseau hydrographique. Ces objets sont spatialisés afin de pouvoir représenter l'hétérogénéité réelle des situations rencontrées sur le territoire en question. MAELAB développe des procédures de collecte, de vérification et de complétion des données. Nous proposons de présenter les questions soulevées par la création de ces données et les solutions envisagées pour y répondre (développement d'interfaces, analyse spatiale, automatisation de procédures de sélection et de correction).

Spatialiser des ventes de produits phytosanitaires en prenant en compte les spécificités locales des pratiques

M. Descout¹, M. Carozzi¹, B. Girault¹, A. Lungarska², T. Pomeon², P. Martin¹

¹ UMR SADAPT, ² US ODR

Ce travail de modélisation vise à établir un diagnostic temporel et spatial des ventes des produits phytosanitaires en combinant bases de données statistiques et expertise territoriale. Le modèle combine l'information spatialisée des ventes au niveau du code postal (BNV-d) avec celle de l'occupation du sol au niveau de la parcelle agricole fournie par le registre parcellaire graphique (RPG) et par le RPG complété, incluant également les infrastructures du territoire potentiellement traitées par ces produits. L'expertise locale est mobilisée pour affiner des informations standard sur

les usages des produits, comme les doses d'application et les cultures cibles, ou encore la réalité des applications sur certaines parcelles issue de registres phytosanitaires. La disponibilité actuelle des données est à une ou deux années d'écart et notre modélisation repose sur l'hypothèse que les produits sont utilisés au cours de l'année de leur achat (sans stock) . Le modèle estime les quantités de produits et de substances appliquées sur une unité spatiale d'intérêt (parcelle, territoire) ou sur des usages spécifiques (cultures). Le modèle est restreint au périmètre du territoire, prend en compte les méthodes de production (agriculture conventionnelle ou biologique), et il est sensible aux contextes locaux grâce à l'expertise des animateurs sur le terrain.

Comment caractériser les changements dans les systèmes agricoles pour analyser les évolutions temporelles de la biodiversité ?

A. Barbottin¹, O. Schmit², D. Durant²

¹ UMR SADAPT INRAE-AgroParistech, ² UE Saint Laurent de la Prée INRAE

Depuis plusieurs décennies, les changements de l'agriculture en Europe sont en partie responsables d'une modification importante de la biodiversité, les populations d'oiseaux étant particulièrement impactées (Chamberlain et al. 2000). Les espèces d'oiseaux les plus touchées sont celles inféodées aux milieux agricoles (PECBMS 2011 ; Jiguet & Moussus, 2009 ; Fontaine et al. 2020). Les travaux de Rigal et al (2023) mettent en évidence l'effet de l'intensité de l'agriculture sur les variations nationales d'abondances des oiseaux communs à l'échelle européenne. Cependant, les descripteurs des systèmes agricoles, calculés à cette échelle, ne permettent pas d'analyser la variabilité des situations, et ne proposent pas des connaissances actionnables pour accompagner les agriculteurs dans la transformation de leurs systèmes. Au sein du Marais Poitevin, un dispositif de suivi a été mis en place afin d'explorer comment ont évolué les communautés d'oiseaux sur plus d'une décennie sur 3 sites (1000 ha chacun) en lien avec les évolutions des systèmes agricoles. Nous proposons ici une lecture temporelle et spatiale conjointe entre agronomes et écologues des descripteurs « agricoles » qui permettent de rendre compte de l'intensité des pratiques pour les oiseaux et qui fassent sens du point de vue de l'action.

Temporal effects of landscape heterogeneity on predatory arthropod communities in permanent grasslands

T. Brusse ¹, J. Thénard ², G. Caro², R. Marrec ¹

¹ Université de Picardie Jules Verne, ² LAE Université de Lorraine

Grasslands play a crucial role in supporting biodiversity. They serve as source habitats for a variety of species, particularly arthropods that provide valuable ecosystem

services such as biological control. While the effects of spatial landscape heterogeneity on arthropods have been widely studied, the impact of temporal landscape heterogeneity — mainly due to crop rotations — has received less attention. In this study, we analyzed how the structure of arthropod predator communities in permanent grasslands are impacted by the surrounding landscape, and especially the temporal heterogeneity of the landscape during a 6-year period. The following two questions were answered : (i) is the temporal stability of arthropod predator communities determined by the temporal stability of landscapes? (ii) Is the community structure and diversity of arthropod predators in year N influenced by past landscape evolution? We found a positive, significant correlation between the temporal stability of community composition and the previous states of landscapes by using a multiscale approach. We have also shown that temporal heterogeneity over a 6-year period has an impact on the arthropod communities. This study underlined the need to integrate the temporal changes of landscapes due to farming management in order to meet biodiversity conservation objectives.

Développement d'un environnement dédié à la simulation et à l'estimation de modèles compartimentaux d'équations aux dérivées partielles : applications en agro-écologie

O. Bonnefon ¹, E. Walker ¹

¹ UR BioSP

Pour répondre à des questions en agro-écologie, les flux de ravageurs ou de pathogènes peuvent être modélisés de manière spatialement explicite par des équations aux dérivées partielles (EDP) à l'échelle du paysage ou d'un territoire. Nous vous présenterons un système d'EDP adapté à la modélisation sur des paysages parcellaires agricoles. Ce système permet de 1) modéliser l'influence des routes dans la propagation des espèces ou des pathogènes, 2) identifier le rôle des haies dans le déplacement des espèces (barrières ou refuge). Cette approche s'applique aussi bien à des paysages réels que simulés et est basée sur des équations de réaction-diffusion décrivant des éléments 2D traversés par des couloirs ou obstacles linéiques (éléments 1D). Nous présenterons également, la mise en œuvre de l'approche mécanistico-statistique qui consiste à confronter des modèles mécanistes paramétrés à des données observées ou mesurées. Pour l'ajustement du modèle aux données, on introduit un processus d'observation permettant de mesurer la vraisemblance des données pour des simulations du modèle mécaniste. Puis on résout un problème d'optimisation ou d'inférence bayésienne. Les aspects logiciels et numériques de l'environnement MSE (<https://mse.mathnum.inrae.fr/>) seront présentés en s'appuyant sur quelques cas d'étude.

Vendredi 20 octobre

Modélisation

Cartographier des variations spatiales de l'abondance des tiques dans des paysages agricoles hétérogènes pour construire un simulateur du risque lié aux tiques

G. Vourc'h^{1,2}, D. Abrial^{1,2}, A. Agoulon³, O. Plantard³, T. Hoch³

¹Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR EPIA, 63222 Saint Genès Champanelle, France, ²Université Lyon, INRAE, VetAgro Sup, UMR EPIA, 69280 Marcy l'Etoile, France, ³Oniris, INRAE, BIOEPAR, 44300, Nantes, France

Le projet OSCAR visait à développer un outil de simulation cartographique du risque acarologique en fonction des caractéristiques d'un paysage agricole bocager. Dans un premier temps, l'objectif était de prédire les densités de tiques dans un tel paysage. Pour ce faire, des collectes de nymphes de l'espèce *Ixodes ricinus* ont été réalisées dans deux zones ateliers (Armorique et Pyrénées-Garonne). Les habitats ont été géo-référencés au sein de ces paysages, permettant de distinguer bois, prairies, routes, cultures et bâtiments. Nous avons utilisé des données météorologiques issues des stations proches de ces zones. Le modèle statistique d'analyse des données a été de type GLM Mixte. L'ajustement du modèle a conduit à considérer les variables suivantes comme significativement influentes sur les densités de tiques : (i) dans le bois : température, périmètre du bois et distance à la route, (ii) en lisière de bois ou en bordure de prairie : température, humidité, périmètre du bois dans le buffer, distances aux bois et aux bâtiments. Le modèle ajusté a par la suite été intégré dans un simulateur programmé sous R, qui a permis de simuler les densités de tiques dans les composantes d'un paysage renseigné par l'utilisateur.

Land Parcel Exchange : modélisation de l'échange temporaire de parcelles entre exploitations agricoles à l'échelle du territoire

M. Carozzi¹, Y. Dongmo Zangue¹, B. Girault¹, P. Martin¹, F. Accatino¹

¹Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SADAPT, 91120, Palaiseau, France

La mise en place d'échanges temporaires de parcelles résulte d'une série de logiques d'action qui dépendent étroitement de l'organisation des systèmes de cultures de l'exploitation et des relations entre agriculteurs. En l'absence de données long-terme, la

modélisation agent-centré est un outil qui permet de comprendre les impacts environnementaux liés aux dynamiques d'échange sous certaines conditions. Cette étude introduit un nouveau modèle dynamique multi-agent capable d'étudier ces logiques au niveau d'un territoire. Il représente spatialement et temporellement les systèmes de cultures sur la base d'un algorithme qui simule l'échange de parcelles entre agriculteurs, tout en conservant leurs objectifs et contraintes spécifiques d'assolement. L'échelle spatiale de travail est le territoire dont les parcelles constituent les unités fondamentales, et qui sont attribuées à un agent-agriculteur. Les données d'entrée sont représentées par le Registre Parcellaire Graphique (RPG), avec une résolution temporelle annuelle. Le modèle est capable de calculer des trajectoires d'assolement sur la base des systèmes de cultures de chaque exploitation, et de tracer des scénarios de modification de ces systèmes (par exemple en introduisant de nouvelles cultures), ou d'intégrer des actions pour faciliter les rapports d'échange entre agriculteurs. Le modèle peut estimer les pressions sur l'utilisation de produits phytosanitaires ou d'engrais azotés sur la base d'indicateurs agroécologiques basés sur les assolements, et pourra être mobilisé pour accompagner des actions locales.

Prise en compte de la composition et de la configuration de la matrice paysagère pour la modélisation spatialement explicite du service de pollinisation

A. Glad¹, S. Moulherat², E. Andrieu³, D. Sheeren¹, A. Ouin¹

¹INP-ENSAT, UMR 201 Dynafor, Toulouse, ²OïkoLab, TerrOïko, 2 place Dom Devic, Sorèze, ³INRAE, UMR 201 Dynafor, Toulouse

La pollinisation des cultures par les abeilles sauvages est un service écosystémique essentiel. L'évaluation de ce service dans des paysages complexes est soumise à de multiples challenges car il dépend principalement de la capacité des abeilles à se déplacer dans leur environnement à la recherche de ressources. Les modèles actuels utilisent principalement comme proxy pour évaluer ce service des kernels de déplacement ou des marches aléatoires (Lonsdorf et al. 2009 ; Becher et al. 2016 ; Häussler et al. 2017). Ces modèles ne prennent ainsi pas en compte l'effet de la matrice paysagère sur le déplacement des abeilles sauvages et la pollinisation. Il a cependant été montré que les abeilles sont sensibles à la structure et la composition du paysage lors de leur déplacement (Griffin et Haddad 2021 ; Moroń et al. 2017 ; Hadley et Betts 2012). SimOïko est un modèle individu-centré dont les déplacements de recherche alimentaire des individus sont définis de manière plus réaliste grâce à l'intégration du simulateur stochastique de mouvement (SMS) (Palmer, Coulon, et Travis 2011) qui intègre la perméabilité des éléments du paysage, l'attractivité et la qualité des ressources (Coulon et al. 2015 ; Moulherat 2014). Les probabilités de visite florale obtenues en prenant en compte la nature du paysage (SimOïko) sont comparées avec celles obtenues avec des kernels de dispersion (modèle INVEST) sur des paysages virtuels variés en termes de composition et de configuration afin d'évaluer l'apport de la prise en compte des caractéristiques de la matrice paysagère sur la pollinisation

par les abeilles sauvages.

Exploration de stratégies de gestion du paysage favorisant la régulation des ravageurs et limitant la propagation de la jaunisse de la betterave à l'aide d'un modèle spatialement explicite

G. van Frank¹, O. Therond², A. Vialatte¹

¹UMR DYNAFOR, INP de Toulouse, INRAE, Auzeville Tolosane, France, ²Université de Lorraine, INRAE, LAE, F-68000 Colmar, France

Ces dernières années, suite à l'interdiction de l'usage des néonicotinoïdes, on observe des pullulations de pucerons verts (*Myzus persicae*), vecteurs des virus de la jaunisse de la betterave qui entraînent des pertes de rendement importantes. Un levier potentiellement efficace pour réguler les populations de puceron, permettant de limiter l'usage des pesticides, est la gestion des paysages agricoles. Cependant, la nature très contextuelle des processus en jeu rend difficile la préconisation de modalités de gestion.

Nous avons développé un modèle spatialement explicite pour explorer les effets potentiels du déploiement d'infrastructures agroécologiques, de la diversification de la mosaïque des cultures et de la réduction de la taille des parcelles sur l'efficacité de la régulation du puceron et l'incidence de la jaunisse sur le paysage. Le modèle simule, sur des paysages réels, les dynamiques de population du puceron, leur contrôle par les auxiliaires de culture ainsi que la transmission des virus entre puceron et betterave, prenant en considération les conditions météorologiques, la composition et la configuration du paysage, la phénologie des cultures et les pratiques agricoles. Les résultats de simulation de scénarios contrastés seront utilisés comme outil de discussion des conditions de déploiement de nouvelles méthodes de gestion à l'échelle territoriale.

Effet de la connectivité hydrologique sur la production agricole : modélisation numérique en conditions méditerranéennes pluviales

M. Dhouib¹, J. Molénat¹, L. Prévot¹, I. Mekki², R. Zitouna-Chebbi³, F. Jacob¹

¹UMR LISAH, Univ. Montpellier, AgroParisTech, INRAE, Institut Agro, IRD, Montpellier, France, ²Université de Carthage, Institut National de Recherches en Génie Rural Eaux et Forêts, Institut National de la Recherche Agronomique, LR16INRAT05 L.STA, Rue Hédi Karray, 2080, Ariana, Tunisie, ³Université de Carthage, Institut National de Recherches en Génie Rural Eaux et Forêts, LR16INRGREF02 LRVENC, Rue Hédi Karray, 2080, Ariana, Tunisie

Au sein du bassin versant, l'eau de ruissellement générée sur les parcelles amont peut être réinfiltrée dans le sol à l'aval du fait de la connectivité hydrologique entre

les parcelles. La réinfiltration a un effet sur l'humidité du sol et ce faisant sur le fonctionnement des cultures. L'objectif ici est d'étudier cet effet en agriculture pluviale méditerranéenne et relief collinaire. Une expérimentation numérique, basée sur le modèle de culture AquaCrop, a été réalisée sur deux parcelles connectées hydrologiquement (une en amont, une en aval) pour quantifier l'effet du ruissellement amont sur la production agricole (biomasse, rendement) de la parcelle aval. Cette expérimentation explore différentes conditions agropédoclimatiques (3 textures et 3 profondeurs de sol, 2 cultures et 3 tailles en surface de la parcelle amont, 25 années climatiques). Les résultats montrent un effet positif du ruissellement et sa ré-infiltration sur la production agricole dans un nombre important de situations, entre 20% et 35% selon les cultures. Cet effet positif est majoritairement rencontré en conditions climatiques semi-arides et subhumides sèches, avec un fort effet de la répartition intra-annuelle des pluies. Cette première étude doit être approfondie en considérant une plus grande diversité de cultures et des conditions climatiques futures.

Caractérisation de la complexité des paysages agricoles. Études prospectives à l'échelle des territoires.

Scénariser à l'échelle territoriale pour le « zéro pesticides » : une proposition de méthode

M. Parmantier¹, M. Moraine¹, L. Prost²

¹INRAE, Innovation, 34000 Montpellier, France, ²INRAE, SAD-APT, 91400 Saclay, France

L'analyse et la simulation des processus permettant d'aboutir à un objectif « zéro pesticides » peut être une ressource pour la reconception systémique à l'échelle des territoires. Nous avons créé une méthode pour mener en 2024 une démarche de scénarisation à l'échelle du territoire de la plaine Ouest de Montpellier qui permettra de travailler avec les acteurs sur le potentiel de l'élevage pour atteindre cette cible. Nous allons caractériser les systèmes de production agricole du territoire en analysant les pratiques agricoles des exploitations (IFT, rendements, gestion des sols, biodiversité agricole...), mais aussi leur ancrage sur le territoire (lien aux autres systèmes de production, débouchés...) et les contraintes pédoclimatiques de chaque zone. L'objectif est d'aboutir à des archétypes de production en mobilisant des données déjà disponibles sur le territoire et par l'observation en immersion en exploitation agricole. Ensuite, les impacts de ces systèmes de production sur l'usage de pesticides à l'échelle du territoire et d'autres enjeux locaux seront évalués. Ces données seront formalisées pour présenter des « images » possibles du territoire futur (type et spatialisation des archétypes de systèmes) aux acteurs et discuter des pistes pour aller vers le « zéro pesticides ».

Le grain bocager : un indice pour caractériser le bocage et ses effets microclimatiques pour la gestion de la biodiversité forestière. Concept, outil, méthode et applications aux échelles régionale, locale et de l'exploitation agricole.

H. Boussard¹, J. Baudry², P. Meurice¹, D. Roland³, L. Commagnac⁴

¹UMR BAGAP INRAE, ²Chercheur en écologie du paysage indépendant, ³Fédération des chasseurs de Côtes d'Armor, ⁴IGN

Pour caractériser le bocage et ses effets microclimatiques ayant un effet sur la biodiversité forestière, un simple indice de densité de boisement ne suffit pas car la densité est un indice de composition du milieu et ne prend pas en compte la structure des éléments boisés. Le grain bocager est un indice qui s'appuie sur des hypothèses microclimatiques telles que, les éléments boisés ont un effet jusqu'à 10 fois leur

hauteur, en fonction de leur type (haie, massif ou arbre isolé). Mais quelle données de hauteurs de canopée sont actuellement disponible? Comment détecter les types de boisement? Comment prendre en compte ces éléments dans une analyse paysagère? C'est ce travail qui été mené dans le cadre du Dispositif National de Suivi des Bocages (DSB). Une fois ces règles établies, il est nécessaire d'observer les réponses de la biodiversité forestière à cette forme de caractérisation. Les données recueillies dans le cadre du projet Bocage et Biodiversité ont permis cette validation. Un seuil de fonctionnalité du grain bocager a alors été défini. Celui-ci appliqué à différentes échelles, permet de regarder un territoire du point de vue de la fonctionnalité de son bocage pour la biodiversité forestière. Peuvent ainsi en découler différents outils d'aide à l'aménagement de réappropriation du patrimoine bocager. Trois applications différentes du grain bocager seront exposées. A l'échelle régionale, l'observation de cartographies de proportions et de fragmentations de zones fonctionnelles permettent de dégager les grandes zones à enjeux d'un territoire. A l'échelle d'une communauté de communes, il devient possible de simuler les effets positifs ou négatifs d'un plan de gestion bocager. A l'échelle d'une exploitation agricole, il est possible de dégager un indice de responsabilité sociétale d'un acteur au regard de la fonctionnalité de son paysage environnant.

HedgeTools : un outil open-source pour cartographier automatiquement les haies et évaluer leur multifonctionnalité

D. Sheeren¹, G. Marquès^{1,2}, L. Villierme^{1,3}, J.-B. Boissonnat^{1,2}, G. Guébin¹, M. Lang¹, C. Monteil¹

¹Université de Toulouse, INRAE, UMR DYNAFOR, ²TerraNIS, ³Direction du Système d'Information de Polynésie Française

La haie occupe une place centrale dans les approches paysagères de l'agroécologie à travers les fonctions de production, de régulation, de dispersion et de protection qu'elle assure. Toutefois, l'opérationnalité de ses fonctions dépend des caractéristiques de la haie, au-delà de son existence dans un territoire. S'il existe différentes techniques permettant d'extraire automatiquement les haies dans des images, il n'existe pas de boîte à outils dédiée à l'évaluation de leur multifonctionnalité. Les caractéristiques structurelles et fonctionnelles des haies sont encore très mal inventoriées ce qui rend difficile de quantifier et de spatialiser sur de larges étendues les services environnementaux qu'elles assurent. Dans cet exposé, nous présenterons HedgeTools, un nouveau plug-in sous QGIS conçu pour extraire automatiquement les haies à partir d'images sans expertise en télédétection et en dériver un certain nombre d'indicateurs. L'outil repose sur une structure de données adaptée à représenter plusieurs géométries (point, ligne, polygone), plusieurs points de vue (i.e. découpages différents selon les indicateurs à calculer) et à évaluer les propriétés à différentes échelles d'analyse (l'objet, son contexte, son réseau, son paysage). Les outils disponibles et opérationnels dans la version actuelle (diffusion prévue fin 2023) sont organisés en différentes catégories. La première concerne la mise en géomé-

trie et structure des données : création de l'axe médian, création des nœuds et du graphe topologique. La seconde catégorie permet de générer d'autres points de vue (ex. redécoupage selon l'orientation des tronçons ou les limites des objets adjacents à la haie). Pour chaque point de vue, l'ensemble des géométries est mis à jour en redéfinissant les identifiants des objets et en conservant la relation avec le point de vue topologique de plus haut niveau. Les autres catégories permettent de calculer un ensemble d'indicateurs morphologiques à l'échelle de l'objet (longueur, orientation, indices de forme et d'élongation, largeur) ou de préciser la physionomie en s'appuyant sur un modèle numérique de canopée ou un nuage de points LiDAR. Ces variables sont ajoutées après calcul à la table attributaire de la couche de haies. Les autres outils permettent de caractériser le contexte : position topographique, orientation par rapport à la pente dominante, distance à la forêt la plus proche. Des indices de connectivité dans le graphe sont également disponibles de même que des indicateurs synthétiques à l'échelle de fenêtres paysagères. Ces caractéristiques alimentent la démarche de diagnostic systémique du bocage en dépassant le seul inventaire cartographique. C'est un préalable à la définition d'un plan d'actions pour la gestion des haies.

Rôle des éléments paysager linéaires dans la configuration spatiale des systèmes de culture. Résultats préliminaires d'un cas d'étude méditerranéen pluvial en Tunisie

D. Rizzo³, A. Ben Ahmed^{1,2}, N. Taoujouti², J.-S. Bailly³

¹IRD, ²INRGREF, ³INRAE, UMR LISAH

La description des configurations spatiales des systèmes de culture est nécessaire pour en comprendre l'organisation et explorer des scénarios d'évolution plausibles. De multiples données sont nécessaires pour cette description, qui doit couvrir les séquences de cultures et les pratiques associées. Cependant, la disponibilité et l'exhaustivité des données est très variable, en fonction de la région et du niveau spatial d'intérêt. Cette étude se focalise sur la caractérisation des composantes linéaires (chemins, limites parcellaires, haies, réseau hydrographique, ...) d'un paysage agricole méditerranéen dans un contexte de polyculture-élevage en pluvial. L'objectif est de comprendre l'impact des éléments linéaires sur l'organisation spatiale des assolements. Sur la base de la littérature existante, nous avons identifié les critères de description et classification de ces éléments linéaires liés à des indicateurs visuels. Une campagne de relevés terrain a été menée pour valider la classification et compléter les données existantes. La classification porte sur deux critères d'intérêt agronomique : origine (anthropique ou naturelle), et niveau de porosité latérale : non franchissable, franchissable par des machines, des animaux ou des humains. Des analyses statistiques spatiales permettront d'explorer le rôle de barrière ou jonction que peuvent jouer les éléments linéaires paysagers dans la définition de clusters de systèmes de cultures (assolements partagés) dans le bassin versant du Lebna, en Tunisie.

Cartographie et caractérisation des systèmes agricoles au Bénin par télédétection spatiale : Application d'une nouvelle approche radiométrique de zonage paysager.

A.-C. Sedegnan Omoto¹, A. Bégué², H. Sossou Comlan¹, N. Ahoyo Adjovi¹

¹Programme Analyse de la Politique Agricole de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, ²INRAE, UMR TETIS

La délimitation de grandes zones homogènes agricoles part de la volonté d'élaborer des politiques agricoles applicables à grande échelle et ayant un impact sur un ensemble de régions. Au Bénin, l'identification des zones agroécologiques et des pôles de développement agricole est nécessaire pour la mise en œuvre des politiques agricoles. Les approches existantes de zonage des systèmes agricoles à grande échelle utilisent des sources de données hétérogènes généralement basées sur un choix subjectif de variables socio-économiques et environnementales. Aussi, en raison de la diversité et de la qualité hétérogène de ces sources de données, la représentativité et la reproductibilité des cartes peuvent être limitées. La présente étude a pour objectif d'utiliser le potentiel des données satellitaires pour produire des zonages paysagers et à l'analyse des unités paysagères résultantes au regard de zonages existants et d'une typologie des systèmes agraires. Ces zonages paysagers dits «radiométriques» sont issus de la segmentation des premières composantes principales d'une série d'images NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) MODIS acquise sur la période de 2018 à 2022. Les analyses ont permis de produire une quinzaine de paysages radiométriques homogènes caractéristiques des types de systèmes agricoles au Bénin.
