Sujet de stage Master 2 recherche - Informatique
LIRMM
Montpellier

Simulation multi-agent et
apprentissage par renforcement
Application dans le contexte du
projet FairCarboN

—
Encadrants

Jean-Christophe Soulié¹ and Fabien Michel²

¹CIRAD, UPR Recyclage et Risque, Saint-Denis, La Réunion.
Recyclage et Risque, Université Montpellier, CIRAD, Montpellier
²LIRMM Lab. d'Informatique, Robotique et Micro-électronique de
Montpellier, CNRS - Université Montpellier

2023

1 Contexte

Le travail de stage s'inscrit de le Programme et équipement prioritaires de recherche (PEPR) exploratoire FairCarboN qui a pour ambition de permettre une évaluation quantifiée à différentes échelles spatio-temporelles de la contribution des écosystèmes continentaux à l'évolution des flux de C, dans le contexte des changements globaux et de proposer des trajectoires de gestion des territoires à même d'éclairer les politiques publiques et les décisions des acteurs. Pour ce faire, le projet FairCarboN est organisé en six Work Package et en deux projets ciblés (PC).

Le projet ciblé PC2 de FairCarboN vise à développer une plateforme multi-agent de modélisation pour évaluer la dynamique du carbone à l'échelle territoriale. Il s'appuiera pour cela sur plusieurs « scenario labs », des territoires pilotes où des scientifiques et acteurs du territoire interagissent déjà sur des

enjeux environnementaux. La Réunion, choisie comme l'un de ces territoires pilotes, présente plusieurs caractéristiques particulièrement intéressantes :

- C'est un territoire insulaire d'environ 2500 km² isolé géographiquement et qui concentre dans un espace contraint une grande diversité de systèmes de production dans son domaine cultivé (~ 42.000 ha), d'habitats naturels fragiles à protéger couvrant les 3/4 de l'île et une population croissante de plus de 850.000 habitants ; Les enjeux de durabilité du territoire, de son autonomie alimentaire et énergétique, de la préservation de sa biodiversité sont bien présents dans les débats publics et sont pris en compte dans différents plans stratégiques de politique publique (e.g. Agripéi 2030, Trajectoire outre-mer 5.0, PPE 2019-2028).
- Le Cirad (et ses ancêtres) est présent sur ce territoire depuis 60 ans, créant ainsi un réseau de confiance non seulement entre les différents acteurs publics ou privés, mais aussi ceux de la recherche et du développement.

L'objectif principal des actions de FairCarboN sur le territoire Réunion est donc de faire émerger, via des arènes de construction, des propositions permettant ainsi d'identifier des actions à mener pour activer des leviers qui feront tendre La Réunion vers un territoire bas carbone, voire complètement neutre au niveau carbone. Ces leviers sont essentiellement de trois types : les changements d'usage des sols, le recyclage de la biomasse pour boucler des nutriments et du carbone et, enfin, la modification des conduites de l'élevage.

Pour ce faire nous allons utiliser l'approche UPUTUC (appelée Unité de Production, Unité de Transformation et Unité de Consommation) développée au sein de l'unité de recherche Recyclage et Risque [Soulié and Wassenaar, 2017] qui a été portée récemment au sein de la bibliothèque MAELIA [Therond et al., 2014] qui s'appuie sur la plateforme multiagent GAMA [Taillandier et al., 2019]. Une instance de MAELIA vient d'être développée sur le territoire de la plaine de Versailles [Misslin et al., 2022].

2 Objectif du stage

Dans le cadre du projet FairCarboN, la simulation de systèmes complexes constitue un élément central. En effet, il s'agit d'être capable de modéliser et de simuler la dynamique du carbone issue de l'interaction des différents acteurs socio-économiques (agriculteurs, grossistes, etc.) entre eux, et avec l'environnement.

Pour modéliser et simuler ce système agroécologique, le paradigme multi-agent sera utilisé. Dans cette perspective, l'ensemble des comportements et des interactions des entités d'un système sont directement représentés [Michel et al., 2009]. Pour modéliser et simuler ce système agroécologique, le paradigme multi-agent sera utilisé. Dans cette perspective, l'ensemble des comportements et des interactions des entités d'un système sont directement représentés [?]. De fait, une telle approche nécessite notamment de modéliser (1) la dynamique de l'environnement et (2) les comportements des agents.

. De fait, une telle approche nécessite notamment de modéliser (1) la dynamique de l'environnement et (2) les comportements des agents.

Parmi les approches liées à la modélisation des comportements, une possibilité repose sur l'utilisation de méthodes basées sur l'apprentissage par ren-

forcement (Reinforcement Learning RL). Dans cette perspective, le comportement d'un agent peut être élaboré, par apprentissage, grâce à l'exécution de plusieurs simulations (épisodes) qui permettent à l'agent d'améliorer une politique décisionnelle (ses actions), en fonction des réponses de l'environnement (récompenses). Dans le contexte du projet Fair Carbon, l'idée est d'aider à la découverte de comportements agricoles vertueux d'un point de vue écologique et sociétal, suivant différents scénarios économiques et climatiques.

La problématique de ce stage est d'étudier les avantages et les limites d'une telle approche dans le contexte du projet FairCarboN, puis de l'expérimenter avec une représentation simplifiée du système cible. Ainsi, la première partie du stage consistera à réaliser un état de l'art des approches utilisant le RL dans des contextes similaires, en utilisant notamment comme point d'entrée la thèse de [Poiron-Guidoni, 2021]¹. Ensuite, sur la base de l'analyse de l'état de l'art, le stagiaire devra tester une ou plusieurs solutions, parmi les plus pertinentes.

Il est à noter qu'un financement de thèse est d'ores et déjà prévu dans le cadre du projet FairCarbon sur ces problématiques.

3 Déroulement du stage

Le stage se déroulera au LIRMM du 16 janvier au 15 juin 2023 et donnera lieu à une gratification. Les soutenances auront lieu les 22 et 23 juin 2023.

Le plan de travail envisagé est le suivant

- Étude bibliographique sur l'utilisation du RL en simulation multi-agent. Celle-ci donnera lieu à une évaluation du travail de recherche de l'étudiant à travers la remise d'un rapport court de présentation de stage, à rendre le 1er mars 2023.
- Proposition d'un modèle de simulation adapté et application sur un système agroécologique simplifié.
- Remise du mémoire de stage, le 9 juin 2023, puis soutenance.

Contact : Adresser curriculum vitae et lettre de motivation à Jean-Christophe Soulié (jean-christophe.soulie@cirad.fr) et Fabien Michel (fmichel@lirmm.fr)

Références

- [Michel et al., 2009] Michel, F., Ferber, J., and Drogoul, A. (2009). Multi-Agent Systems and Simulation : a Survey From the Agents Community's Perspective. In Adelinde Uhrmacher and Danny Weyns, editors, *Multi-Agent Systems : Simulation and Applications*, Computational Analysis, Synthesis, and Design of Dynamic Systems, pages 3-52. CRC Press - Taylor & Francis.
- [Misslin et al., 2022] Misslin, R., Clivot, H., Florent, L., Villerd, J., Soulié, J.-C., Houot, S., and Théron, O. (2022). Integrated assessment and modeling of regional recycling of organic waste. *Journal of Cleaner Production*.
- [Poiron-Guidoni, 2021] Poiron-Guidoni, N. (2021). *Apports des méthodes d'optimisation et du calcul haute performance à la théorie de la modélisation et de la simulation : application à la gestion des ressources halieutiques*. PhD thesis. Thèse de doctorat dirigée par Bisgambiglia, Paul-Antoine et Bisgambiglia, Paul-Antoine Informatique Corte 2021.

1. <https://theses.fr/2021CORT0013>

- [Soulié and Wassenaar, 2017] Soulié, J.-C. and Wassenaar, T. (2017). Modelling the integrated management of organic waste at a territory scale. In Syme G. (ed.) Fulton B. (ed.), Piantadosi J. (ed.), H. M. D. e., editor, *International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM2017)*, page 75, Soulie, Jean-Christophe [CIRAD-PERSYST-UPR Recyclage et risque (FRA)]; Wassenaar, Tom [CIRAD-PERSYST-UPR Recyclage et risque (FRA)] SE - CIRAD-PERSYST-UPR Recyclage et risque (FRA); CIRAD-PERSYST-UPR Recyclage et risque (FRA). Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand.
- [Taillandier et al., 2019] Taillandier, P., Gaudou, B., Grignard, A., Huynh, Q.-N., Marilleau, N., Caillou, P., Philippon, D., and Drogoul, A. (2019). Building, composing and experimenting complex spatial models with the GAMA platform. *GeoInformatica*, 23(2) :299-322.
- [Therond et al., 2014] Therond, O., Sibertin-Blanc, C., Lardy, R., Gaudou, B., Balestrat, M., Hong, Y., Louail, T., Panzoli, D., Sanchez-Perez, J.-M., and Sauvage, S. (2014). Integrated modelling of social-ecological systems : The MAELIA high-resolution multi-agent platform to deal with water scarcity problems. In D. Ames, N. Quinn, A. Rizzoli (Eds.), *International Environmental Modelling and Software Society (IEMSs) ; 7th Intl. Congress on Env. Modelling and Software, San Diego, CA, USA. San Diego, CA, USA.*