



Influence croisée du climat et des politiques environnementales sur le développement de l'irrigation en France : vers une modélisation à l'échelle régionale par couplages des contraintes agro-économiques, biophysiques et hydrogéologiques

3. Adresse courriel du contact scientifique : agnes.ducharne@upmc.fr, pierre-alain.jayet@inrae.fr

Description du projet de thèse :

Ce projet de doctorat vise à proposer des scénarios agro-économiques d'évolution de l'utilisation des terres et de l'irrigation qui prennent en compte la disponibilité des eaux de surface et souterraines dans une perspective d'adaptation au changement climatique. Les travaux s'appuieront sur le couplage d'un modèle agro-économique avec des modèles permettant de simuler l'évolution des conditions environnementales sous changement climatique, ce qui est typique des modèles intégrés (Nelson et al. 2014).

Le modèle agro-économique AROPAj (Jayet et al., 2020) vise à optimiser l'allocation des terres à l'échelle des «fermes types» (FT) statistiquement représentatives d'un ensemble d'exploitations réelles enquêtées par le Réseau d'information sur la comptabilité agricole, définissant 1900 FT pour l'UE, dont 160 pour la France. AROPAj est un modèle économique d'offre, les prix étant exogènes (et donc paramétrés). Par exemple, l'introduction d'une taxe sur les émissions de gaz à effet de serre ou les prélèvements d'eau souterraine peut être assimilée à une tarification du CO₂ ou de l'eau. AROPAj peut être utilisé pour tester des scénarios de politique environnementale (par exemple dans le cadre des directives cadres ou politiques européennes ciblant l'azote, l'eau, les bioénergies, l'utilisation des terres, le changement climatique), à différents horizons de temps, si les changements de tous les paramètres d'entrée sont connus, ce qui est actuellement possible grâce au modèle agronomique STICS (Brisson 2003, Rosenzweig 2014), éventuellement complété par un modèle hydrogéologique pour aborder les problèmes de qualité des eaux souterraines (Bourgeois et al., 2016). Une question sera de remplacer le modèle de culture STICS par le modèle de surface terrestre ORCHIDEE (Ducharne et al., 2020) pour bénéficier de sa description des interactions eau souterraine / biosphère, dans la mesure où la biomasse végétale simulée peut être utilisée comme un proxy correct du rendement des cultures. En complément, des objectifs de politique économique susceptibles d'être assignés aux agriculteurs pourront cibler d'autres critères environnementaux (e.g. via le lien entre occupation des sols et biodiversité), et ils seront choisis en étroite concertation avec les services de l'OFB (Office Français de la Biodiversité) en charge de la gestion quantitative de l'eau.

Un objectif majeur de ce travail de doctorat sera l'analyse de la coordination et de l'efficacité des instruments économiques et des décisions publiques dans la régulation du système agriculture-environnement sous de multiples objectifs, incluant : la préservation des eaux souterraines ; la sécurité alimentaire ; la diversification des cultures désormais favorisée par la politique agricole commune ; l'atténuation et l'adaptation au changement climatique (séquestration du carbone, production de bioénergie). Un avantage secondaire sera d'intégrer les impacts des décisions des agriculteurs sur les variables physiques et les processus pris en compte par les modèles de surface terrestre (allocation des terres, stockage de carbone et émissions de GES, ressources en eau pour l'irrigation). A cet effet, les scénarios d'utilisation des terres et d'irrigation proposés seront discutés avec l'OFB et testés en tant qu'entrée du modèle de surface continentale ORCHIDEE et du modèle climatique IPSL pour examiner leurs conséquences sur le climat régional, dans le cadre du projet BLUEGEM («Biosphère, changement d'utilisation des terres, eaux souterraines et sols dans la modélisation du système terrestre »), récemment financé par le Belmont Forum, et soutenant ce projet de doctorat.

- Bourgeois C., Habets F., Jayet P.A., Viennot P., (2016), Estimating the marginal social value of agriculturally-driven nitrate concentrations in an aquifer: a combined theoretical-applied approach, *Water Economics and Policy*, 2016, Volume 04, Issue 01, 30p. doi: 10.1142/S2382624X16500211.
- Brisson N, Gary C, Justes E, Roche R, Mary B, Ripoche D, et al. An overview of the crop model STICS. *Eur J Agron* 2003;18:309–32.
- Ducharne A, Colin J, Decharme B, Cheruy F, Ghattas J, P Arboleda, Lo MH (2020b). Influence of groundwater on present and past climate. Annex to the final ANR report of IGEM (Impact of groundwater in Earth system models) project, 20 pp.
- Humblot P., Jayet P.A., Petsakos A., (2017), Farm-level bio-economic modeling of water and nitrogen use: calibrating yield response functions with limited data, *Agricultural Systems*, 151, pp 47-60, doi: 10.1016/j.agsy.2016.11.006.
- Jayet et al., 2020 https://www6.versailles-grignon.inrae.fr/economie_publique/Media/fichiers/ArticLAROPAj
- Nelson G. C. , et al.(2014). Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 111(9), pp. 3274-3279, doi: <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1222465110>.
- Rosenzweig Cynthia, Joshua Elliott, Delphine Deryng, Alex C. Ruane, Christoph Müller, Almut Arneeth, Kenneth J. Boote, Christian Folberth, Michael Glotter, Nikolay Khabarov, Kathleen Neumann, Franziska Piontek, Thomas A. M. Pugh, Erwin Schmid, Elke Stehfest, Hong Yang, James W. Jones (2014). Global multi-model crop-climate impact assessment, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111 (9) 3268-3273; DOI: 10.1073/pnas.1222463110

Combined influence of climate and environmental policies on irrigation development in France: towards regional modelling by coupling of agro-economical, biophysical, and hydrogeological constraints

This PhD project aims at proposing agro-economic scenarios of land use and irrigation evolutions that take surface and groundwater availability into account and can be considered for climate change adaptation. The work will rely on the coupling of a agro-economic model with models allowing to simulate the evolution of environmental conditions under climate change, which is typical of integrated assessment models (Nelson 2014).

The agro-economic AROPAj model (Jayet et al., 2020) aims at optimizing land allocation at the scale of "farm types" (FT) statistically representative of a set of real farms surveyed by the Farm Accountancy Information Network, defining 1900 FT for the EU, including 160 for France. AROPAj is a supply-side economic model, in the economic sense that prices are exogenous (and therefore parameterized). For instance, the introduction of a tax on GHG emissions or groundwater withdrawals can be assimilated to CO₂ or water pricing. AROPAj can be used to test land use or policy scenarios, or projected to the future, if the changes in all input parameters are known (Humblot 2017), which is presently possible owing to the agronomic model STICS (Brisson 2003, Rosenzweig 2014), sometimes complemented by a groundwater model to address groundwater quality issues (Bourgeois et al., 2016). A question will be to replace the crop model STICS by the land surface model ORCHIDEE (Ducharne et al., 2020) to benefit from its description of the groundwater / biosphere interactions, if the simulated crop biomass can be used as a correct proxy to crop yield. Another major input to AROPAj consists of economic policy objectives likely to be assigned to farmers to meet environmental criteria, and they will be chosen in close discussion with the services of OFB (Office Français de la Biodiversité) in charge of quantitative water management.

A major goal of this PhD work will be to analyze the coordination and effectiveness of economic instruments and public decisions in the regulation of the agriculture-environment system under multiple objectives, e.g. groundwater preservation; food security; crop diversification, as now favored by the Common Agricultural Policy; climate change mitigation and adaptation (carbon sequestration, bioenergy production). A secondary benefit will be to integrate the impacts of farmers' decisions on the physical variables and processes taken into account by land surface models (land allocation, carbon storage and GHG emissions, water resources for irrigation). To this end, the proposed land use and irrigation scenarios will be discussed with OFB and tested as input to the ORCHIDEE land surface model and the IPSL climate model to examine their consequence on regional climate, in the framework of the BLUEGEM project "Biosphere and Land Use Exchanges with Groundwater and soils in Earth system Models"), recently funded by the Belmont Forum, and supporting this PhD project.

5. Compétences et connaissances requises :

Les candidat(e)s devront être titulaires, en fin d'année universitaire 2020-2021, d'un master 2 ou équivalent en sciences ou économie de l'environnement, avec des compétences solides en agronomie, ou hydrologie, ou climatologie, ou économie mathématique. La thèse demande une expérience (stage M2), ou au minimum une forte appétence pour la modélisation et les méthodes quantitatives (statistiques, optimisation et programmation mathématique). D'un point de vue technique, la thèse impliquera de travailler sous environnement Unix/Linux, et d'utiliser/développer du code (fortran, R, python, R, matlab ...). Enfin, la maîtrise de l'anglais est nécessaire (écrit et oral).

Applicants must hold, by the end of the academic year 2021-2022, a Master's degree or equivalent in science or economy of the environment, with strong skills in agronomy, or hydrology, or climatology, or mathematical economy. The PhD project requires an experience (master thesis), or at least a strong appetite, in numerical modeling and quantitative methods (statistics, optimization and mathematical programming). From a technical point of view, the work will be realized in a Unix environment, and requires to use/develop codes (fortran python, R, matlab, etc.). Finally, proficiency in English is necessary (written and oral).