

Evaluation des pratiques agricoles comme levier d'action contre le changement climatique : apport de la modélisation à l'échelle globale

Résumé

L'usage des terres et l'agriculture en particulier sont au carrefour d'enjeux agroéconomiques et climatiques de demain. D'une part, l'agriculture doit nourrir une population mondiale qui ne cesse de croître, avec pour certains scénarios, une population humaine atteignant 9 milliards d'individus en 2050, et d'autre part l'agriculture et les usages des terres sont considérés comme pouvant participer à la réduction des gaz à effet de serre, avec l'afforestation, la bioénergie ou le stockage de carbone dans les sols. La modélisation numérique reste un outil incontournable pour étudier ces enjeux, leurs interactions et leurs synergies. Cependant, cette modélisation est scindée en deux communautés : une communauté travaillant sur la représentation des usages des terres par l'angle agroéconomique ou macroéconomique et une communauté travaillant sur la représentation des processus physiques et chimiques des surfaces continentales et de leur rôle dans le système Terre. Chacune d'entre elles dispose d'outils de modélisation et d'approches méthodologiques très différents pour étudier le devenir des usages des terres et de l'agriculture dans les décennies à venir. Ces différents outils et approches rendent difficile le dialogue entre ces deux communautés, et peuvent conduire à modéliser des scénarios futurs peu réalistes au sens géophysique du terme si on ne considère pas conjointement toutes les contraintes économiques, climatiques et leurs interactions.

À la différence de modèles de plantes ou de cultures qui décrivent en détails leurs phénologies, à l'échelle du plant ou d'un champ, les modèles de surface ont privilégié une représentation globale des cultures, avec une représentation simplifiée de l'agriculture. Par exemple, dans le modèle ISBA, modèle de surface du modèle de climat CNRM-ESM, les cultures sont représentées par des herbacées qui évoluent de façon naturelle, c'est-à-dire non influencées par des processus anthropiques, tels que le semis et la récolte. Comment, dès lors, le modèle ISBA peut-il fournir des éléments sur le rendement des cultures, rendement dont se saisissent les modèles agroéconomiques pour élaborer leurs scénarios ? Plus généralement, comment ISBA peut-il mesurer le rôle de l'agriculture, des terres et de leurs usages dans le cycle du carbone, et les effets biophysiques des cultures agricoles ? L'objectif de cette thèse est de combler ces manques, en améliorant la représentation de l'usage des terres dans le modèle de surface ISBA avec une attention particulière à l'agriculture, et de mettre en place un dialogue plus rigoureux avec des modèles traitant d'agroéconomie (tel que NLU), ou de macro-économie (tel que IMACLIM-R).

Dans une première partie de la thèse, nous avons amélioré la représentation des processus agricoles dans ISBA lui permettant de simuler de manière interactive les éléments de vocabulaire nécessaire pour dialoguer avec un modèle agroéconomique tel que NLU. Nous avons développé un module agricole permettant de représenter ces pratiques, mixant à la fois des informations provenant des observations spatiales et des approches bien établies en modélisation agricole telle que l'indice de degré jour ou *growing degree day* (GDD), en veillant à conserver les bonnes propriétés du module phénologique d'ISBA (représentation du bilan carbone de la plante). Nous présentons dans ce manuscrit les impacts que ce module induit sur les flux turbulents physiques, les flux de carbone et certaines variables ancillaires (biomasse aérienne et LAI) au niveau des sites instrumentés FLUXNET.

Dans une seconde partie de la thèse, nous présentons une première ébauche de dialogue mis en place entre le modèle CNRM-ESM1, modèle du système Terre du CNRM, et le modèle IMACLIM-R, développé par le CIRED, qui modélise l'évolution de l'économie avec une approche hybride, représentant conjointement l'économie et les systèmes techniques. Ce dialogue traite d'un cas de scénario de déploiement intensif de culture de bioénergie. Ce travail illustre clairement les limites

d'une approche actuelle pour laquelle les propriétés physiques et chimiques de l'environnement ne sont pas prises en compte dans la modélisation des scénarios futurs.

Dans une dernière partie, nous évoquons les pistes d'améliorations pour que la représentation des processus et propriétés environnementales entre les modèles du système Terre, les modèles agroéconomiques et les modèles macroéconomiques soient davantage cohérents et qu'ils puissent tendre vers un véritable couplage.