

La production des grandes cultures au niveau européen sous changement climatique, bilans biophysique, biogéochimique et économique : une analyse multi-modèles.

D. Leclere^{1,2*}, P-A. Jayet², P. Zakharov², C. Godard³, E. Galko⁴, N. De Noblet¹, N. Vuichard¹

¹ LSCE/IPSL, UMR CEA/CNRS/UVSQ, CEA Orme des Merisiers, 91191 Gif-Sur-Yvette, France

² Laboratoire d'Economie Publique, UMR INRA/AgroParisTech, 78850 Thiverval-Grignon, France

³ Agro-Transfert Ressources et Territoire, 80200 Estrées-Mons, France

⁴ Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche, France

*Auteur correspondant : david.leclere@lsce.ipsl.fr

Introduction

Les agro-systèmes sont intimement liés au changement climatique. Ils sont, d'une part, affectés par la dérive de l'état moyen du climat et la modification de sa variabilité, et sont, d'autre part, des contributeurs nets au changement climatique par leur influence sur la composition chimique de l'atmosphère et sur le cycle énergétique du climat [1]. Ces phénomènes dépendent de processus biophysiques et biogéochimiques (impacts du climat de surface sur la productivité agricole et impact de l'activité agricole -surface et pratiques- sur les échanges sol-végétation-atmosphère d'eau, de gaz à effet de serre - GES - et d'énergie) mais aussi de processus économiques (évolution de la demande et du commerce des produits et des intrants agricoles, des politiques de soutien et de régulation environnementale ciblées sur l'activité agricole). Pour diagnostiquer ces évolutions, il apparaît donc essentiel de représenter explicitement les interactions entre processus biophysiques, biogéochimiques et économiques. Ceci demande de considérer des échelles de temps allant du cycle cultural à plusieurs décennies, et des échelles géographiques allant de la parcelle à différentes échelles de décision économique (exploitation agricole, région, état, Union Européenne - UE-)[2].

Plus spécifiquement à l'échelle de l'Europe, il y a deux orientations principales en terme d'échelle spatiale et de processus à représenter :

- l'identification des principaux déterminants économiques de l'activité agricole en termes d'impact sur les échanges biosphère-atmosphère dans un contexte de changement climatique nécessitent des outils de modélisation fonctionnant à l'échelle de quelques dizaines de kilomètres, et représentant de manière simplifiée le système sol-plante-atmosphère-pratiques culturales tout en intégrant les spécificités des espèces agricoles.
- A l'inverse, la diversité spatiale des impacts attendus du changement climatique sur la production agricole, ainsi que des moyens d'adaptation et des contraintes économiques émanant de politiques publiques posent des questions assez complexes à l'échelle de la conduite des exploitations, qui nécessitent un degré élevé de prise en compte du contexte pédoclimatique, socio-économique et des itinéraires techniques.

La prise en compte de cette double contrainte en terme d'échelles et de processus à représenter nécessite de faire intervenir un modèle de culture tel que STICS à des échelles et dans des buts différents de ceux pour lesquels il a été conçu.

L'objet de cette présentation sera de détailler la méthodologie que nous utilisons, de spécifier le rôle et les utilisations faites du modèle STICS, ainsi que de présenter les résultats déjà obtenus et leurs limites.

Méthodes et outils de modélisation

La méthodologie choisie pour étudier les interactions entre processus économiques et processus biophysiques et biogéochimiques est d'interfacer un modèle numérique de biosphère terrestre spatialement explicite, ORCHIDEE-STICS, et un modèle micro-économique spatialement explicite de l'offre agricole européenne, AROPAj. ORCHIDEE-STICS modélise les échanges biosphère-atmosphère d'eau, de carbone et d'énergie en prenant en compte des spécificités des écosystèmes cultivés, et AROPAj évalue, au niveau d'exploitations régionalement et statistiquement représentatives, les surfaces mises en culture et les pratiques associées, en fonction de signaux prix et quantité. Ces deux modèles échangeront des données de productivité et d'évolution des surfaces et pratiques agricoles et peuvent intégrer différentes contraintes exogènes : climatiques (forçage du climat de surface) et économiques (signaux prix émanant de l'évolution des marchés des produits et intrants agricoles ou de politiques publiques), voir figure 1.

Nous menons une première expérience consistant à simuler séparément (i) l'impact du changement climatique et de différentes contraintes économiques sur l'offre des principales cultures européennes (blé tendre, blé dur, betterave, maïs, orges, pomme de terre, tournesol et colza) puis (ii) les impacts des évolutions associées d'utilisations des terres et des pratiques agricoles sur les échanges biosphère-atmosphère.

L'étape (i) est effectuée selon une méthodologie existante [3] avec le modèle AROPAj et l'application Artix (interface de simulations automatisées de STICS permettant de diagnostiquer les fonctions de réponse de la productivité de chaque exploitation du modèle AROPAj aux intrants azotés en fonction d'hypothèses portant

sur les pratiques et le contexte pédoclimatique). L'étape (ii) sera réalisée en transférant les évolutions en surface des cultures considérées et les pratiques associées au modèle ORCHIDEE-STICS.

Enfin, plusieurs méthodes ont été développées pour assurer une cohérence des pratiques agricoles :

- dans l'échange entre les modèles AROPAj et ORCHIDEE-STICS (caractère irrigué ou non; date de semis et variété; niveau, calendrier et type de fertilisation azotée minérale et organique; précédent cultural),
- dans la projection en changement climatique futur (date de semis et variété).

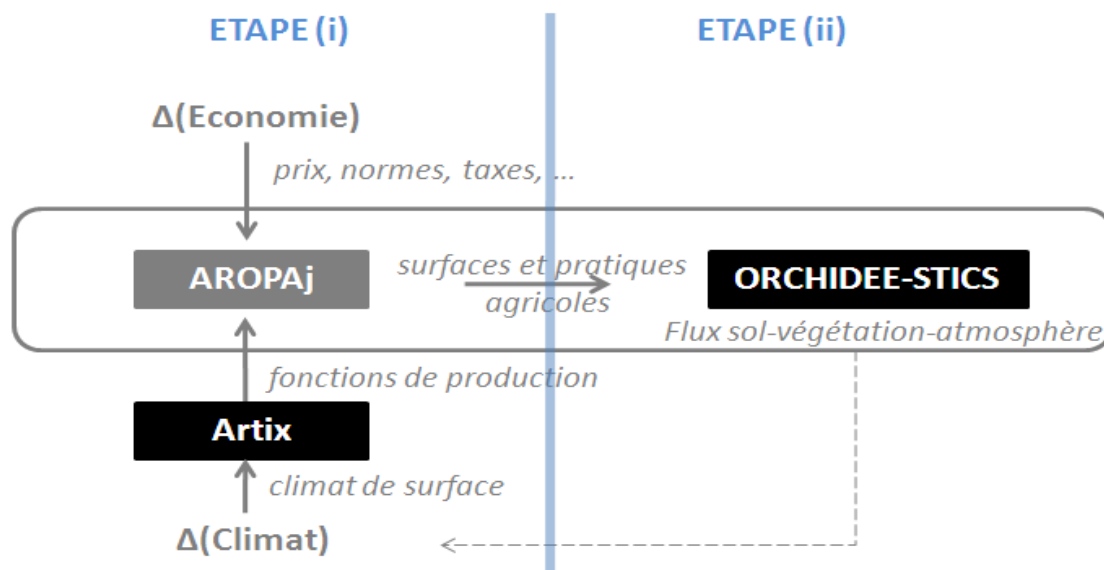


Figure 1: Schéma de principe de la méthode envisagée pour diagnostiquer l'impact sur l'offre agricole européenne (étape i) puis sur les échanges sol-végétation-atmosphère (étape ii) de l'évolution du climat de surface et de contraintes économiques : outils utilisés (boîtes) et flux de données (flèches). Les outils de modélisation faisant intervenir directement STICS sont en noir.

Résultats et discussion

Les résultats de ces démarches seront présentés selon deux axes :

- Les premiers résultats de la démarche complète à une échelle régionale (Picardie, [4]),
- La projection de l'étape (i) en climat futur : échelle nationale (France, [5]) et extension à l'UE 15 en cours. Les méthodes de détermination en période actuelle et de projection en climat futur des itinéraires techniques seront détaillées.

Les limites et points bloquants de la démarche seront aussi exposés : problème du degré de réalisme des itinéraires techniques pris en compte, à fortiori dans un contexte de changement climatique, problèmes de transfert de ces informations entre modèles, problèmes liés aux limites de l'utilisation de STICS par rapport à l'utilisation prévue initialement par les concepteurs.

Références bibliographiques

1. Tubiello F.N., Soussana J.-F. et Howden S.N. (2007). Crop and Pasture response to climate change. *PNAS*, 104, 50.
2. Challinor A.J., Ewert F., Arnold S., Simelton E., et Fraser E. (2009). Crops and climate change: progress, trends, and challenges in simulating impacts and informing adaptation. *Journal of Experimental Botany*, 60: 2775-2789.
3. Godard C., Estrade J.-R., Jayet, P.-A., Brisson, et N., Le Bas C. (2008). Use of available information at a European level to construct crop nitrogen response curves for the regions of the EU. *Agricultural Systems*, 97:68-82.
4. P.-A. Jayet (2007). APR GICC2 2003, Adaptation des systèmes européens de production agricole au changement climatique ; premiers essais d'évaluation et d'impacts sur les bilans d'eau et de carbone, Rapport final.
5. E. Galko (2007). Modélisation de l'offre agricole européenne face à de nouveaux enjeux : réformes politiques, effet de serre et changement climatique, Thèse de Doctorat, Institut des Sciences du Vivant et de l'Environnement, AgroParisTech.