

## ALECAPAB

### Analyse à large échelle de la capacité productive de l'Agriculture Biologique (ALECAPAB)

**Responsable scientifique :** Thomas Nesme, [thomas.nesme@agro-bordeaux.fr](mailto:thomas.nesme@agro-bordeaux.fr)

**Période du projet :** janvier 2016 à décembre 2019 (48 mois)

#### Résumé du projet

La capacité de l'agriculture biologique (AB) à « nourrir la planète » fait l'objet de vives controverses. Cette question a été notamment abordée au moyen de méta-analyses portant sur la productivité des cultures conduites en AB *versus* en agriculture conventionnelle, culture par culture. Ces travaux ont apporté des résultats utiles, mais ont aussi soulevé deux critiques majeures : la première porte sur le fait qu'ils se sont concentrés sur la productivité moyenne des cultures en AB, sans examiner la variabilité des rendements, dans le temps ou dans l'espace ; la seconde sur le fait qu'ils n'ont pas pris en compte l'impact potentiel d'une extension spatiale de l'AB sur ses performances. Or, en cas d'extension forte de l'AB, de nouvelles contraintes pourraient limiter les rendements obtenus : il en est ainsi des ressources en azote mobilisables pour satisfaire les besoins en éléments minéraux de l'AB conformément à son cahier des charges.

Le projet s'est intéressé à la capacité productive de l'AB, en particulier dans le cas où celle-ci serait appelée à se développer largement (par exemple au-delà de 50% et jusqu'à 100% de la surface agricole utile (SAU) mondiale), en mobilisant des méthodes issues de l'agronomie, de la statistique et de la modélisation mathématique. La première étape a été la constitution de deux bases de données originales portant d'une part sur les rotations culturales observées en AB *versus* en agriculture conventionnelle, à l'échelle mondiale, et d'autre part sur les séries temporelles de rendement des cultures en AB *versus* en agriculture conventionnelle, ou encore en provenance de différentes régions du monde. Ces bases de données ont permis d'aborder deux questions :

(i) la variabilité interannuelle des rendements des cultures en AB *vs* en agriculture conventionnelle. Notre hypothèse était que celle-ci était plus forte en AB qu'en agriculture conventionnelle du fait d'un moindre recours aux intrants pour contrôler le milieu, ce qu'ont confirmé les premiers résultats acquis par l'analyse des séries temporelles disponibles et la mobilisation d'outils statistiques *ad hoc* ;

(ii) la capacité de la SAU à être convertie à l'AB sous contrainte de satisfaction des besoins en azote des cultures conformément au cahier des charges de l'AB. Notre hypothèse était qu'au-delà d'un certain pourcentage de la SAU occupé par l'AB, la satisfaction de ses besoins en azote pourrait devenir critique du fait d'une plus forte compétition pour les ressources en matières fertilisantes (fumiers et composts). Cette question a été abordée à l'aide d'un modèle mathématique simulant le cycle de l'azote dans les systèmes en AB, en tenant compte des rétroactions associant cultures et élevages (aliments pour animaux et effluents pour fertiliser les sols), sous des scénarios de développement de l'AB. Ce modèle spatialement explicite a une résolution de l'ordre de 10 km x 10 km et une étendue mondiale. Les résultats acquis par la mise en œuvre de ce modèle ont confirmé notre hypothèse, en soulignant qu'au-delà de 60% de la SAU mondiale en AB, la compétition pour l'azote entraînerait une forte chute de productivité des cultures et nécessiterait une profonde restructuration des élevages afin de mieux boucler localement le cycle de l'azote.

Ces résultats permettent de dégager des pistes pour des travaux futurs qui pourront porter sur (i) la compréhension des facteurs de variabilité des rendements des cultures en AB et (ii) l'extension des travaux portant sur le cycle de l'azote au cas du phosphore. Ils ont également permis de constituer une communauté scientifique qui s'intéresse aux effets que le développement de l'AB peut générer sur ses performances, notamment sur le cycle de l'azote, le contrôle des bioagresseurs et la formation des prix.

**Mots-clés :** agronomie globale, disponibilités alimentaires, variabilité des rendements, cycle de l'azote, modélisation.

## Résultats marquants

### Résultat marquant #1 : Quelle serait l'occupation des sols agricoles dans un monde 100% biologique ?

La conversion vers l'AB se traduit par des modifications de rendement des cultures mais aussi des changements de types et de fréquences d'espèces cultivées dans les rotations. L'effet de ces changements d'espèces cultivées sur la production agricole mondiale, dans un scénario de fort développement de l'AB, a été peu considéré jusqu'à présent. L'analyse menée combine des bases de données spatialement explicites portant sur (i) la distribution des espèces cultivées à l'échelle mondiale aujourd'hui, dans un scénario où l'AB ne représente que 1% des terres mondiales, (ii) les différences de types et de fréquences d'espèces cultivées dans les rotations AB vs conventionnelles et (iii) l'écart de rendement des cultures entre AB vs agriculture conventionnelle, par type d'espèce cultivée et région du monde. Les résultats montrent qu'un scénario 100% AB à l'échelle mondiale entraînerait une perte de 31% des surfaces en céréales primaires (blé, maïs, riz), compensée par une forte augmentation des surfaces en prairies temporaires (+63%), en céréales secondaires (+27%) et en légumineuses à graines (+26%) par rapport à la situation actuelle. Ces évolutions des surfaces, compte tenu des rendements inférieurs en AB, se traduiraient par une diminution de la production des cultures de l'ordre de 27% à l'échelle mondiale.

### Résultat marquant #2 : Une base de données globale sur les rendements en AB et leur variabilité

Une base de données a été constituée à partir des informations disponibles dans la littérature scientifique sur les rendements obtenus en AB et agriculture conventionnelle, soit en conditions expérimentales soit dans des exploitations commerciales. Cette base de données inclut des données extraites de 58 articles rapportant 181 comparaisons AB versus agriculture conventionnelle menés dans 45 sites sur les cinq continents (avec une surreprésentation des pays développés tempérés). Les données ont porté principalement sur les céréales (57% des comparaisons), les oléagineux (18%), les espèces fourragères (7%) ainsi que sur les fruits et légumes. La disponibilité de longues séries de données a permis d'estimer la variabilité des rendements des cultures sous les deux modes de conduite, également en fonction des régions du monde. La valorisation des résultats associés est encore en cours.

## Participants au projet

### *Compétences mobilisées pour le projet*

<b>Unité porteuse</b>	Bordeaux Sciences Agro et Inra Bordeaux, dépt EA, UMR ISPA	Agronomie systémique, agronomie globale, biogéochimie
<b>Autre unité Inra impliquée</b>	IDF-Versailles-Grignon / dépt EA / UMR Agronomie	Agronomie globale, séries temporelles, statistiques, méta-analyse
<b>Autres organismes de recherche impliqués</b>	Organic Research Centre (UK)	Agronomie
	University of British Columbia (Canada)	Agronomie

**Sélection de livrables consultables issus du projet****Publications scientifiques**

Barbieri, P., Pellerin, S., Nesme, T. (2017) Comparing crop rotations between organic and conventional farming. *Scientific Reports*, 7 (1), 1-10, DOI : 10.1038/s41598-017-14271-6 <https://prodira.inra.fr/record/414113>

Barbieri, P., Pellerin, S., Seufert, S., Nesme, T. (2019) Changes in crop rotations would impact food production in an organically farmed world. *Nature Sustainability*, 2, 378-385 <http://dx.doi.org/10.1038/s41893-019-0259-5>

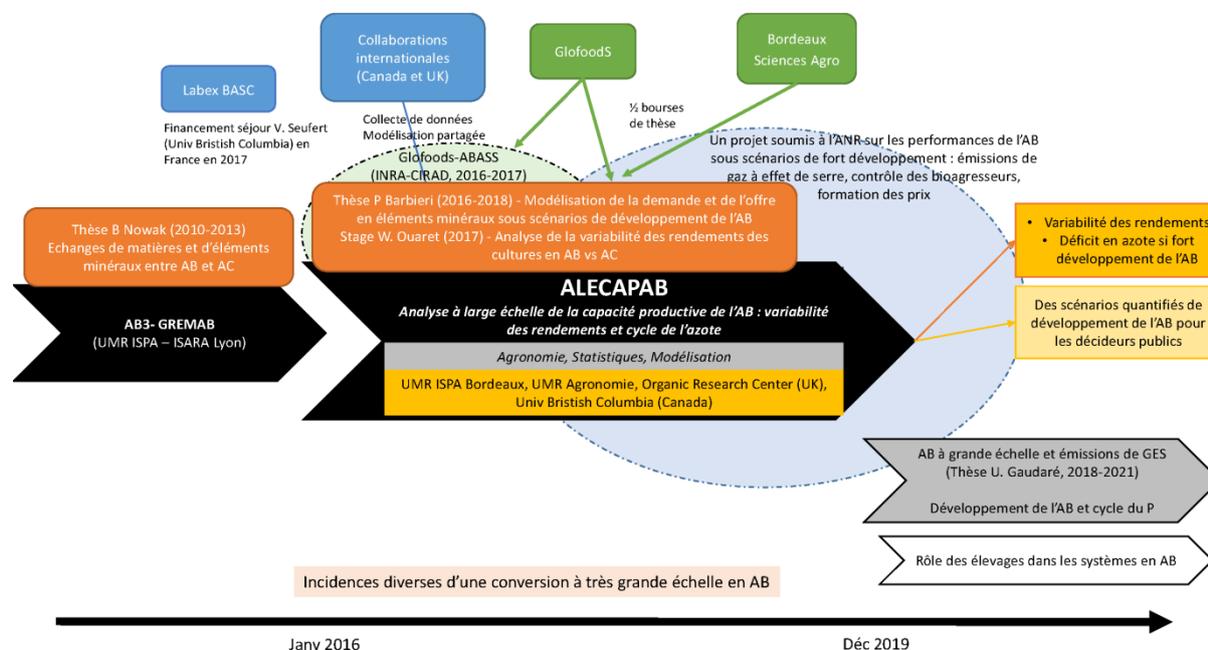
**Publications à destinations des professionnels et du public**

Émission « La méthode scientifique » sur France Culture (27 février 2019) avec Thomas Nesme : <https://www.franceculture.fr/emissions/la-methode-scientifique/la-methode-scientifique-du-mercredi-27-fevrier-2019>

Article dans Libération (13 novembre 2019) avec Sylvain Pellerin : [https://www.liberation.fr/france/2019/11/13/le-developpement-de-l-agriculture-bio-ne-pourra-etre-vertueux-que-si-l-on-change-nos-habitudes-alime\\_1761900](https://www.liberation.fr/france/2019/11/13/le-developpement-de-l-agriculture-bio-ne-pourra-etre-vertueux-que-si-l-on-change-nos-habitudes-alime_1761900)

## Dynamique de projets

Le projet s'est organisé autour de la thèse de Pietro Barbieri et du stage de Walid Ouaret portant respectivement sur le cycle de l'azote dans des scénarios de développement de l'AB et la variabilité des rendements en AB versus en agriculture conventionnelle. Ce projet s'est inscrit en synergie avec de nombreux financeurs (Labex BASC, métaprogramme Glofoods, Bordeaux Sciences Agro), ce qui a permis d'associer plusieurs partenaires étrangers (Royaume-Uni, Canada).



Activités complémentaires	Dates	Nom et financement de l'activité	Interactions avec le projet Alecapab
<b>Antérieurs</b>	2010-2012	AgriBio3 - GREMAB	Gestion des ressources en éléments minéraux fertilisants en AB : quelles échelles pour évaluer la fermeture des cycles des éléments minéraux, de l'exploitation au territoire ?
<b>Parallèles</b>	2017	Investissements d'avenir – Labex BASC	Séjour de Verena Seufert (Univ British Columbia) à Grignon et Paris en avril 2017.
	2016-2018	Thèse de P. Barbieri (Glofoods et BSA)	
	2016-2017	Projet ABASS (Glofoods)	Caractérisation de l'AB en contexte d'Afrique Sub-Saharienne.
<b>À venir</b>	2019	Demande à l'ANR	L'analyse des rétroactions systémiques, susceptibles d'apparaître avec le développement de systèmes agricoles alternatifs tels que l'AB, constitue le cœur d'un projet plus large, pluridisciplinaire et traitant du développement de l'AB (GrowingOrganics).