

# Flux azotés et énergétiques d'exploitation en agriculture biologique avec des modes de fertilisation atypiques

BELLANGER Q. (1), BELINE F. (2), WILFART A.(1), VERGELY F.(1), BIZE N. (3), EVENAT Y. (3), CHOUPAULT S. (3), HARCHAOUI S. (1)

(1) UMR SAS, INRAE, Institut Agro Rennes-Angers 35042 Rennes

(2) UR OPAALE, INRAE, 35000 Rennes

(3) réseau GAB-FRAB, 35510 Cesson-Sevigné

Mots-clés : agriculture biologique, cycle des nutriments, polyculture-élevage, fonctionnement énergétique

## INTRODUCTION

Le Pacte vert européen vise à développer l'agriculture biologique (AB) pour qu'elle représente 25% des surfaces agricoles cultivées d'ici 2030 contre 9.9% aujourd'hui. Contrairement au modèle de l'agriculture conventionnelle, l'AB est limitée par la disponibilité de nutriments, notamment l'azote (N). L'expansion de l'AB passe par un accroissement de l'efficacité d'utilisation de l'azote et un meilleur bouclage du cycle biogéochimique (Barbieri et al., 2021). Les stratégies de fertilisation et d'alimentation du bétail sont très diverses pour les exploitations agricoles (EA) en AB. Elles peuvent s'appuyer sur la recherche d'autonomie et de recyclage des nutriments au sein de la ferme ou inclure des échanges de matière avec d'autres EA et aussi d'autres sources de nutriments non-agricoles dans le territoire dans lequel l'EA est insérée (Nowak et al., 2013). Alors que les flux de nutriments sont bien renseignés à l'échelle de l'EA, il existe peu d'informations sur les pratiques actuelles de bouclage de l'azote dans les EA en AB. De plus, l'un des principes de l'AB est de réduire la consommation d'énergies fossiles. Cependant, le fonctionnement énergétique en AB reste très peu renseigné et est seulement étudié indépendamment des questions de bouclage des cycles. L'objectif de cette étude est de renseigner une diversité de pratiques de fertilisation et de fonctionnement énergétique d'EA en AB en caractérisant leurs métabolismes à l'aide d'une approche d'analyse de flux de matière. Notre étude porte sur des enquêtes de 8 EA en AB couvrant des systèmes de productions maraichers (EA1 à EA3), polyculture-élevages (E4 à E7) et céréalier (E8) en région Bretagne.

## 1. MATERIEL ET METHODES

Les 8 EA ont été sélectionnées par un processus de traque à l'innovation avec les techniciens du réseau des agriculteurs AB (GAB-FRAB) de Bretagne en fonction des pratiques de fertilisation. Les données de production de l'année 2022 ont été recueillies par le biais d'entretiens semi-directifs des chefs des EA.

Le système étudié est délimité par la surface agricole utile (SAU) de l'EA avec plusieurs compartiments qui sont les prairies, les grandes cultures, les ateliers d'élevage et la gestion des effluents. La modélisation des EA repose sur une analyse de flux de matières et d'énergie, en utilisant des approches de bilan de matière par compartiment. Cette approche permet de reconstituer les flux entrants et sortants d'N de l'EA et les flux internes entre compartiments. Nous faisons l'hypothèse forte qu'il n'y pas de changement des stocks annuels N dans le sol.

L'énergie directe est calculée comme la somme de la consommation d'énergie des moyens de production dans le périmètre physique de l'EA et l'énergie associée au transport des matières premières vers l'EA en tenant compte des distances d'approvisionnement. Nous calculons 5 indicateurs pour évaluer les performances des EA : productivité, surplus d'azote, efficacité d'utilisation d'azote (NUE), autonomie en azote et l'énergie directe par unité de SAU.

## 2. RESULTATS & DISCUSSION

Les entrées de N (Fig. 1a) varient entre 53 et 169 kgN·ha(SAU)<sup>-1</sup>·an<sup>-1</sup> selon les EA. Pour les 8 EA, la fixation biologique d'azote représente le premier ou le second poste des entrées de N (entre 35% et 72%). Les autres entrées de N varient considérablement selon les ressources disponibles aux alentours de l'EA. Par exemple, les EA maraichères utilisent des produits résiduels organiques (PROs) comme des composts et broyats de déchets verts, l'EA céréalière importe du fumier et l'une des EA en polyculture-élevage (EA5) utilise des déchets de légumes et biscuits provenant d'agro-industriels locaux pour l'alimentation animale. L'énergie directe investie (Fig. 1b) varie entre 6 et 30 GJ·ha (SAU)<sup>-1</sup>·an<sup>-1</sup>. Les 4 EA en polyculture-élevage ont des besoins énergétiques plus faibles que les 3 EA en maraichage. Pour ces dernières, le travail humain représente jusqu'à 20% de l'ensemble de l'énergie investie due à un nombre plus élevé d'UTH par ha, caractéristique de l'AB par rapport au conventionnel. Le transport de matières fertilisantes représente entre 1% et 11% de l'énergie investie. Les autres indicateurs de performance (Tableau 1) montrent une grande variabilité au sein même des EA maraichères et en polyculture élevages selon leurs degrés de diversification et taille de la SAU. Les surplus d'azote sont les plus élevés pour les EA en maraichage par rapport aux EA en polyculture élevage. Ce résultat est conforme à une récente étude sur d'autres régions européennes (Reimer et al., 2023). Néanmoins, les EA maraichères ont globalement des taux

d'autosuffisance les plus faibles que les EA en polyculture-élevage. EA5 parvient à une NUE de 55%, plus élevée que les autres EA en polyculture-élevage avec une densité de monogastriques plus élevée. L'analyse d'EA7 donne des résultats en accord avec les travaux récents sur une exploitation expérimentale (Puech et Stark, 2023) également en polyculture-élevage (ateliers bovins, porcins et ovins) avec une efficacité d'utilisation d'azote globale faible autour de 24% et une autonomie d'azote élevée de 100%. Enfin, la schématisation des flux internes permet de rendre compte d'une plus grande circularité des flux au sein de l'EA7 jusqu'à 8 fois plus importante en termes de flux par ha SAU que les autres EA du fait de la complémentarité des ateliers.

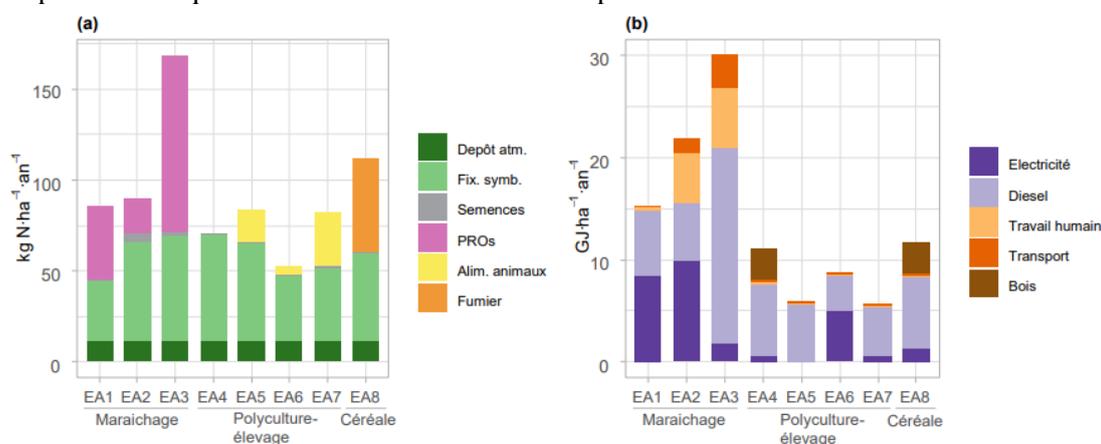


Figure 1. (a) Entrées d'azote en  $\text{kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ , (b) énergie directe investie en  $\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$  des 8 EA.

Tableau 1 : Indicateurs d'évaluation des 8 EA à l'échelle de l'exploitation agricole.

Indicateurs	Unité	Maraichage			Polyculture-élevage				Céréale
		EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6	EA7	EA8
Productivité	$\text{kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$	26	32	108	34	46	10	19	75
Surplus	$\text{kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$	59	58	61	37	37	42	63	37
NUE	%	31	35	64	48	55	19	23	67
Autonomie N	%	52	74	43	100	79	91	63	54
Energie investie	$\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$	15	22	30	12	6	9	6	13

## CONCLUSION & PERSPECTIVES

Cette étude souligne la nécessité d'enrichir les bases de données sur les pratiques de fertilisation des agriculteurs AB. Elle n'a pas pour vocation de comparer les EA mais de renseigner leur fonctionnement N et énergétique. Ce travail met en évidence la diversité des flux à l'échelle d'un système en EA et la richesse des échanges territoriaux qui intègrent les ressources de nutriments locales, qui sont encore peu étudiées et moins présentes en agriculture conventionnelle. Le cadre d'analyse des flux N couplée à celle de l'énergie offre également des perspectives sur les freins et leviers de l'intégration culture-élevage au-delà de l'EA. Cette analyse sera confrontée avec la logique d'actions des agriculteurs lors d'un prochain atelier.

**Remerciements :** Nous remercions les agriculteurs qui ont permis les enquêtes de leurs exploitations agricoles. Les résultats présentés dans ce document ont été obtenus dans le cadre des projets CirculAB et inTAB financés respectivement par la Région Bretagne et INRAE dans le cadre du MP METABIO.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barbieri, P., Pellerin, S., Seufert, V., Smith, L., Ramankutty, N., Nesme, T., 2021. Global option space for organic agriculture is delimited by nitrogen availability. *Nat. Food* 2, 363–372. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00276-y>
- Nowak, B., Nesme, T., David, C., Pellerin, S., 2013. To what extent does organic farming rely on nutrient inflows from conventional farming? *Environ. Res. Lett.* 8, 044045. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/4/044045>
- Puech, T., Stark, F., 2023. Diversification of an integrated crop-livestock system: Agroecological and food production assessment at farm scale. *Agric. Ecosyst. Environ.* 344, 108300. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108300>
- Reimer, M., Oelofse, M., Müller-Stöver, D., Möller, K., Bünemann, E.K., Bianchi, S., Vetemaa, A., Drexler, D., Trugly, B., Raskin, B., Blogg, H., Rasmussen, A., Verrastro, V., Magid, J., 2023. Sustainable growth of organic farming in the EU requires a rethink of nutrient supply. *Nutr. Cycl. Agroecosystems.* <https://doi.org/10.1007/s10705-023-10297-7>