

# Circularité et durabilité de quatre systèmes d'élevage laitiers contrastés

COLLOMBAT C. (1), DAUNY L. (1), AKKAL-CORFINI N. (1), SOULÉ E.(1), WILFART A.(1), FOSSEY M. (2), HARCHAOUI. S (1),

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

(2) IDELE, 14310 Villers-Bocage

Mots-clés : fermes laitières, cycle des nutriments, circularité, efficacité, intégration culture-élevage

## INTRODUCTION

La filière laitière est interpellée sur son impact environnemental dans les systèmes agricoles. Cet impact environnemental est en grande partie due à la spécialisation et l'intensification des systèmes de productions bovins laitiers, qui ont entraîné une rupture des cycles biogéochimiques, notamment azote (N). Le concept de circularité a récemment été mis en avant par les politiques agricoles comme un levier de durabilité des exploitations agricoles et des systèmes agro-alimentaires. Certains auteurs ont mis en avant des principes de la circularité (Muscat et al., 2021) comme la réduction des pertes d'azote et la réduction de l'utilisation de ressources non-renouvelables qui font écho à l'économie circulaire. D'autres auteurs ont récemment mobiliser des indicateurs inspirés des analyses écologiques de chaîne trophique pour caractériser cette circularité de flux dans les systèmes agricoles (Kleinpeter et al., 2023; Puech and Stark, 2023). Dans les deux cas et à l'échelle de l'exploitation agricole ou du territoire, l'amélioration de la circularité repose sur les synergies et complémentarités entre systèmes de culture et d'élevage (Ryschawy et al., 2017). Cependant, la relation entre indicateurs de circularité et de durabilité a été peu étudiée et il existe peu de travaux qui mettent en évidence les leviers de la circularité. L'objectif de cette étude est de caractériser et d'interpréter la notion de circularité des nutriments en la mettant en perspective avec d'autres indicateurs de durabilité : l'efficacité, le surplus, la productivité et l'autonomie pour 4 fermes laitières contrastées.

## 1. MATERIEL ET METHODES

L'étude porte sur 4 fermes laitières (FL) situées en Bretagne : 3 en agriculture conventionnelle (Conv1 à 3) et 1 en agriculture biologique (Bio) (Table 1). Ces 4 exploitations ont été choisies pour couvrir un gradient de pratiques de fertilisation et d'alimentation des animaux. Les données de production ont été recueillies par le biais d'enquêtes des chefs des FL. Le système étudié est délimité par la surface agricole utile (SAU) de la FL avec 4 compartiments qui sont les prairies, les grandes cultures, le troupeau et la gestion des effluents. La modélisation des FL repose sur une analyse de flux de matière avec des calculs de bilans de matière par compartiment. Cette approche permet de reconstituer les flux entrants et sortants N de la FL et les flux internes entre compartiments. Les références azotées pour calculer les bilans sont issues de la littérature, dont les bases de données issues de l'outil Means (2023). Nous faisons l'hypothèse d'un changement annuel de stock N dans les sols égale à zéro.

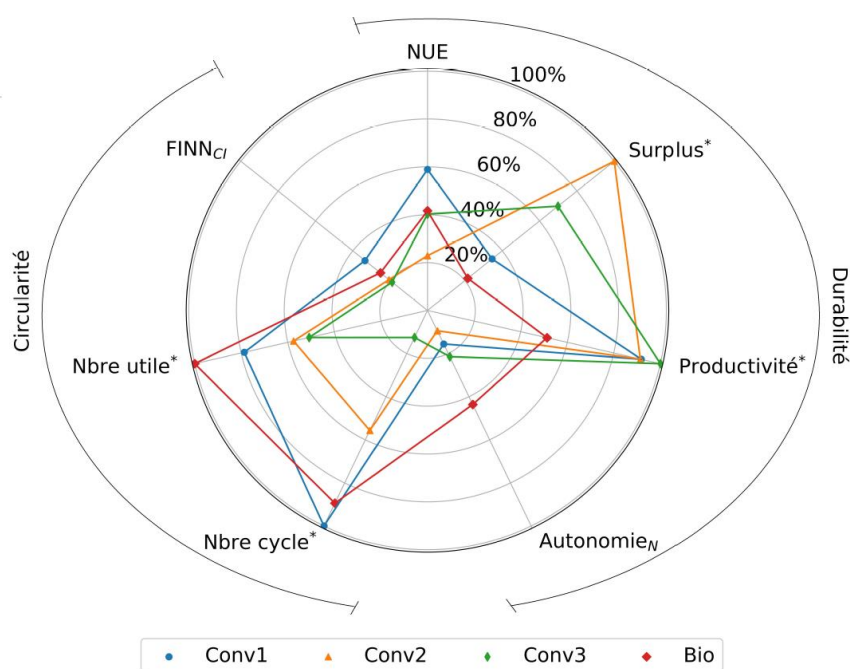
Nous calculons 3 indicateurs de circularité proposés récemment par van Loon et al., (2023) : i. le nombre de cycle effectué par un intrant avant de quitter le système (NbreCycle, %), ii. le nombre de fois qu'un intrant circule dans le compartiment animal avant de se transformer en lait (NbreUtile, %) et iii. la part de flux qui est recyclé sur le total des flux traversant le système (FinnCI, %). Nous évaluons conjointement 4 autres indicateurs de durabilité des FL: productivité ( $\text{kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ ), surplus d'azote ( $(\text{kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1})$ ), efficacité d'utilisation de l'azote (%) et autonomie azotée sur la ferme (%), à partir de définitions proposées dans Harchaoui and Chatzimpiros (2018).

**Table 1** : Caractéristiques structurales principales des fermes laitières étudiées

		Unités	Conv1	Conv2	Conv3	Bio
Généralités	SAU	ha	113.2	227	134.9	118.4
	Effectif	VL	153	375	183	139
	Engrais minéraux	kg N/ha SAU/an	36	67	81	0
Troupeau	Chargement animal	UGB/ha SFP	2.3	2	2.5	1.2
	Utilisation de concentrés	kg brut/UGB/an	1 384	1 212	2 540	501
	Production laitière	(L/VL/an)	8 709	9 541	9 210	6 028
	Temps au pâturage	j/VL/an	115	120	0	200
Assolement	Cultures arables	% SAU	66	69	69	21
	Prairies permanentes	% SAU	6	0	6	2
	Part de la SFP dans la SAU	%	69	83	59	100
	Prairies temporaires	% SAU	28	31	25	77

## 2. RESULTATS & DISCUSSION

Les intrants de N des 4 FL varient entre 50 et 300 kgN·ha (SAU)<sup>-1</sup>·an<sup>-1</sup> selon les stratégies d’approvisionnement et de fertilisation. Pour Conv 1 à 3, 50% des intrants en moyenne sont sous la forme de concentrés pour l’alimentation animale, suivi de 23% d’engrais industriels, 15% de fixation biologique d’azote et 5% d’effluents. A l’inverse, les intrants de Bio reposent à 45% sur la fixation biologique d’azote, suivi de 31% d’imports de fourrage et 24% d’import d’effluents. Contrairement à Bio, les extrants de N pour Conv 1-3 vont au-delà de la production de lait et de viande, avec 40% N exportés en culture. La Fig1 offre une comparaison relative des performances sur l’ensemble des indicateurs de circularité et de durabilité. La productivité laitière est très similaire pour Conv1 à 3 avec un écart de productivité de l’ordre de 40% pour Bio. Parmi les 4 FL, Conv 1 se distingue pour sa NUE et la circularité ; Bio pour le surplus et l’autonomie N et Conv 3 pour la productivité. Bio et Conv3 ont les mêmes NUE mais sont à l’opposé sur leur niveau de circularité. Nous retrouvons une caractérisation proche pour Conv 2 et une ferme laitière récemment étudié aux Pays-Bas (van Loon et al., 2023) avec des caractéristiques d’exploitation similaires. Il est intéressant de noter que Bio n’est pas la plus circulaire des FL pour 2 des 3 indicateurs. Nos travaux exploratoires montrent également que la réduction de la part d’imports de concentrés dans l’alimentation animale n’est pas forcément un levier d’amélioration de la circularité contrairement aux résultats de van Loon et al. (2023). Il est nécessaire de combiner un ensemble de leviers comme la part de surfaces en prairies dans la SAU, la densité d’élevage et les pratiques de recyclage des effluents d’élevage pour favoriser la circularité des flux et améliorer la durabilité des FL.



**Fig. 1 : Classement relatif des 4 fermes par indicateur étudié.** Les indicateurs avec astérisque sont exprimés en pourcentage de la valeur maximale observée sur les 4 exploitations ; les indicateurs NUE, Autonomie azotée et FinnCI conservent leur unité d’origine (%). NUE : Efficience d’utilisation de l’azote ; NbreCycle, NbreUtile et FinnCI : indicateurs de circularité.

## CONCLUSION & PERSPECTIVES

L’ordre très différent dans lequel ces 4 FL se positionne selon les indicateurs nous encourage à poursuivre les travaux de recherche de cadre d’évaluation de compromis entre dimensions de durabilité et circularité. Ces premiers résultats permettent d’éclairer la notion de circularité, présente récemment dans les politiques agricoles, en la distinguant des notions d’efficience, d’autonomie et de productivité. L’analyse des leviers agronomiques et organisationnels doit être poursuivi pour généraliser les résultats. Nous souhaitons valider ces premiers résultats en intégrant d’autres fermes laitières situés dans d’autres contextes pédoclimatiques en Europe. Cette analyse de flux et d’indicateurs de circularité est prévue d’être confrontée avec des évaluations du fonctionnement énergétique et d’autres dimensions de durabilité à l’aide de l’analyse de cycle de vie.

**Remerciements :** Nous remercions les quatre éleveurs et IDELE qui ont permis les enquêtes de leurs exploitations agricoles. Les résultats présentés ont été obtenus dans le cadre du projet Européen « DairyMix » lauréat du financement Era-Net 2021.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Harchaoui, S., Chatzimpiros, P., 2018. Energy, Nitrogen, and Farm Surplus Transitions in Agriculture from Historical Data Modeling. France, 1882-2013.: Energy, Nitrogen, and Farm Surplus Transitions. *J. Ind. Ecol.* <https://doi.org/10.1111/jiec.12760>
- Kleinpeter, V., Alvanitakis, M., Vigne, M., Wassenaar, T., Lo Seen, D., Vayssières, J., 2023. Assessing the roles of crops and livestock in nutrient circularity and use efficiency in the agri-food-waste system: A set of indicators applied to an isolated tropical island. *Resour. Conserv. Recycl.* 188, 106663. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106663>
- Muscat, A., de Olde, E.M., Ripoll-Bosch, R., Van Zanten, H.H.E., Metze, T.A.P., Termeer, C.J.A.M., van Ittersum, M.K., de Boer, I.J.M., 2021. Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. *Nat. Food* 2, 561–566. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00340-7>
- 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>
- Ryschawy, J., Martin, G., Moraine, M., Duru, M., Therond, O., 2017. Designing crop–livestock integration at different levels: Toward new agroecological models? *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 108, 5–20. <https://doi.org/10.1007/s10705-016-9815-9>
- van Loon, M.P., Vonk, W.J., Hijbeek, R., van Ittersum, M.K., ten Berge, H.F.M., 2023. Circularity indicators and their relation with nutrient use efficiency in agriculture and food systems. *Agric. Syst.* 207, 103610. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103610>