

➤ Revoir le concept d'efficacité dans les systèmes d'élevage de ruminants : vers une approche multi- échelle et multi-dimensionnelle

Hieu Nguyen-Ba

Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France



➤ Le plan de la présentation

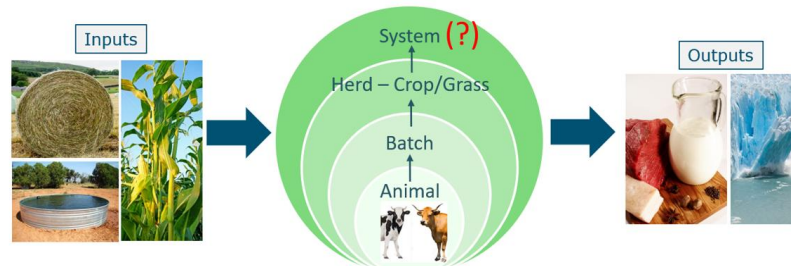
1. Introduction
2. L'évaluation d'efficience dans les systèmes diversifiés
3. L'impact de changement d'échelle sur l'efficience
4. Méthode pour mesurer/piloter
5. Conclusion



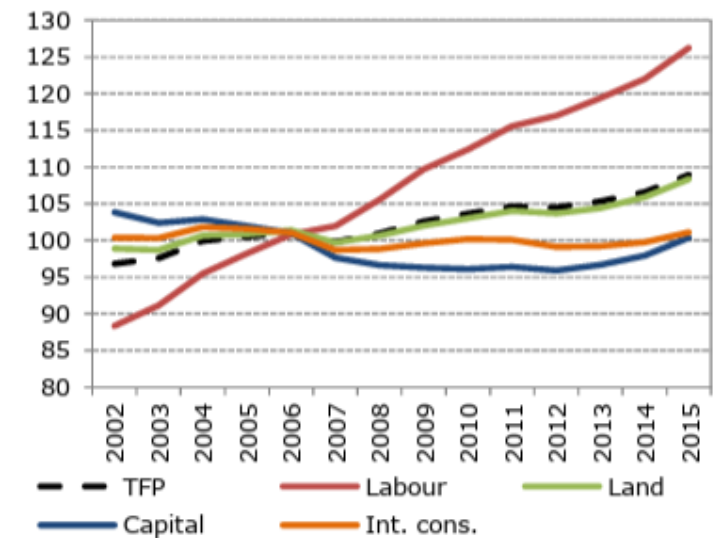
➤ 1. Introduction

Limitations du concept d'efficacité

- L'efficacité est une définition simple:
$$\text{Efficacité} = \frac{\text{Outputs}}{\text{Inputs}}$$
- L'efficacité est aussi un concept multidimensionnel
 - Améliorer l'efficacité d'un intrant peut dégrader celle d'autres intrants.
 - Une évaluation multidimensionnelle est nécessaire pour éviter des conclusions biaisées.
- L'évaluation de l'efficacité: l'échelle d'analyse compte



Graph 2 TFP and partial productivity growth in the EU-28 (3-year moving average, MA⁴)



European Commission (2016)

➤ 2. L'évaluation d'efficacité dans les systèmes diversifiés

Efficacité multidimensionnelle

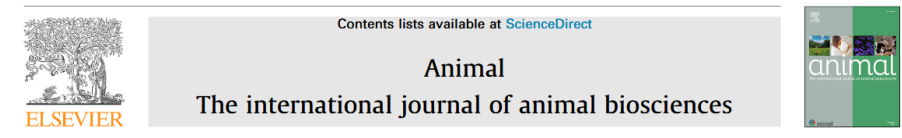
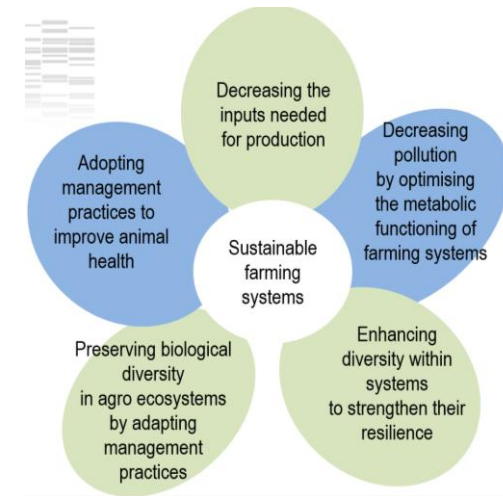
- Un système d'élevage diversifié = Un système multi-performants

- Boucler le cycle des nutriments (valoriser les coproduits)
- Améliorer sa résilience face aux perturbations climatiques + socio-eco
- Préserver les services écosystémiques
- Maintenir la viabilité économique d'exploitation

- Une approche multidimensionnelle est nécessaire pour évaluer l'efficacité des systèmes diversifiés

Efficacité multidimensionnelle = $\int$ (production, feed-food, environnement, économie, charge de travail)

Dumont et al., (2013)



Opinion paper: Applying agroecological principles allows assessing the multidimensionality of input-use efficiency in ruminant production systems

H. Nguyen-Ba *, P. Veyssset, I. Ortigues-Marty, V. Monteils, G. Cantalapiedra-Hijar, B. Dumont, A. Ferlay

Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France



INRAE

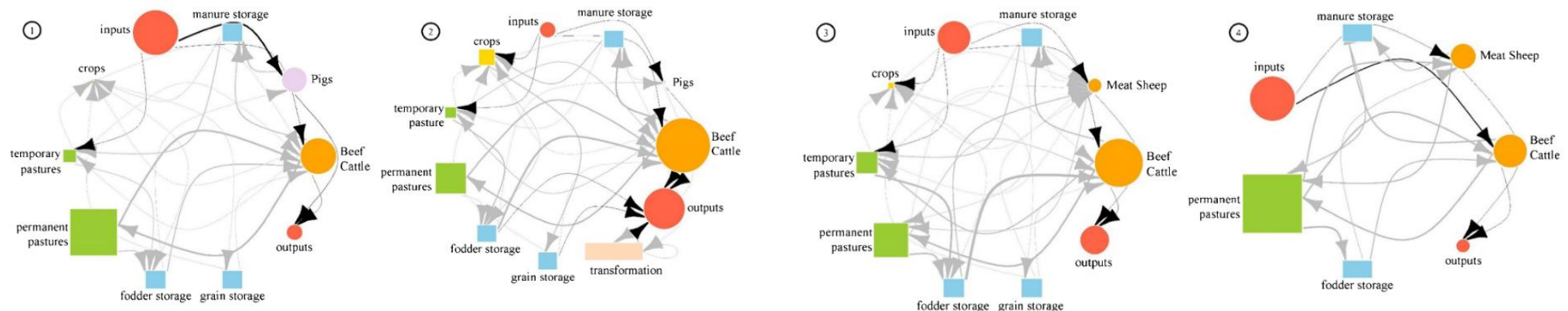
Webinaires « Evaluation des propriétés émergentes attendues des systèmes de polyculture-élevage agroécologiques »

18-06-2026/ Session 5 : Efficacité/efficacité – productivité/ Hieu Nguyen-Ba

➤ 2. L'évaluation d'efficacité dans les systèmes diversifiés

Trade-offs entre dimensions de l'efficacité dans les systèmes diversifiés

- Les contraintes de travail et de capital limitent l'intégration cultures-élevage, conduisant souvent à une séparation des ateliers (Bell et Moore, 2012).
- Les systèmes de polyculture-élevage peuvent accroître la compétition feed-food via une utilisation inefficace des concentrés produits à la ferme (Veysset et al., 2014; Mosnier et al., 2022).
- L'efficacité globale dépend davantage de l'équilibre des interactions que de leur nombre (Steinmetz et al., 2021).



➤ 2. L'évaluation d'efficacité dans les systèmes diversifiés

Trade-offs entre dimensions de l'efficacité dans les systèmes diversifiés

- Mosnier et al. (2022) ont simulé trois exploitations mixtes et montré des trade-offs:
 - Feed–food vs. Inputs achetés
 - Valorisation de co-produits vs. environnement
- Compromis en travail–économie : les systèmes mixtes lissent le travail et peuvent améliorer le revenu par unité de travail, mais augmentent la variabilité économique et réduisent la performance des ateliers les plus efficaces.

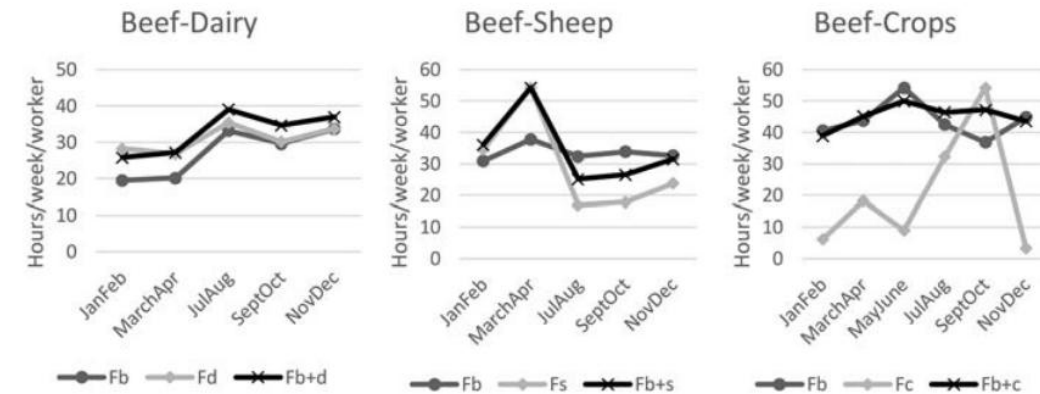


Figure 3. Workload distribution in the year.

Notes: Fb, Fd, Fs, Fc resp. farm specialized in beef, dairy, sheep and cash crops.

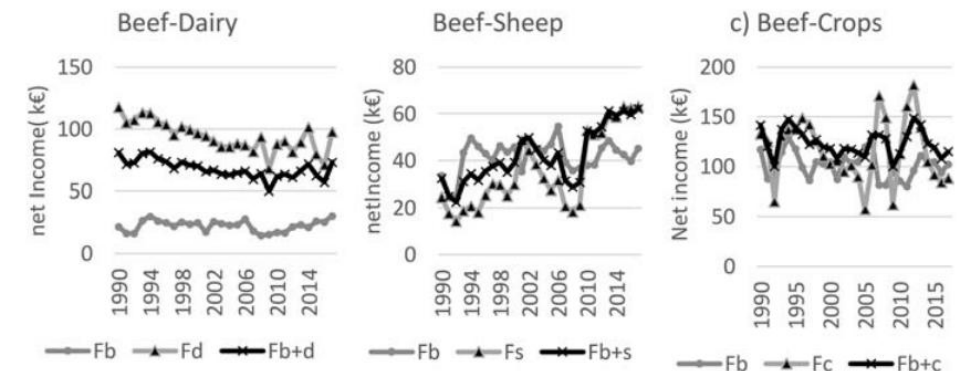


Figure 4. Evolution of net income between 1990 and 2017 for the (a) Beef-Dairy farm, (b) Beef-Sheep farm and (c) the Beef-crops farm.

Notes: Fb, Fd, Fs, Fc resp. farm specialized in beef, dairy, sheep and cash crops.

➤ 3. L'impact de changement d'échelle sur l'efficacité

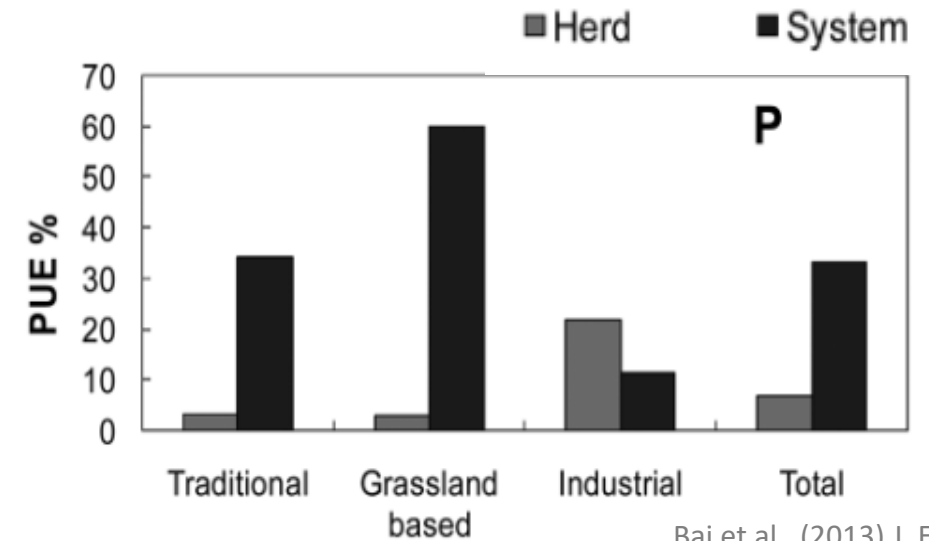
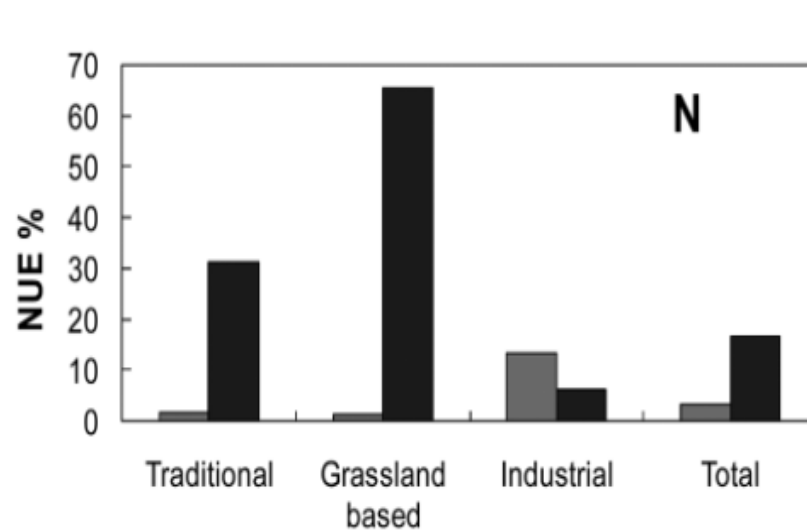
Revue systématique

- Revue systématique des pertes d'efficacité liées aux changements d'échelle dans les systèmes d'élevage de ruminants (animal → troupeau → exploitation).
 - Inclusion d'études analysant simultanément plusieurs échelles et leurs effets sur les performances productives, économiques et environnementales.
- Deux principales explications aux pertes d'efficacité associées aux changements d'échelle ont été identifiées :
 - (i) les déterminants de l'efficacité diffèrent selon les échelles considérées
 - (ii) des compromis apparaissent entre les échelles lorsque l'ensemble des composantes du système est pris en compte dans le calcul de l'efficacité.



➤ 3. L'impact de changement d'échelle sur l'efficacité

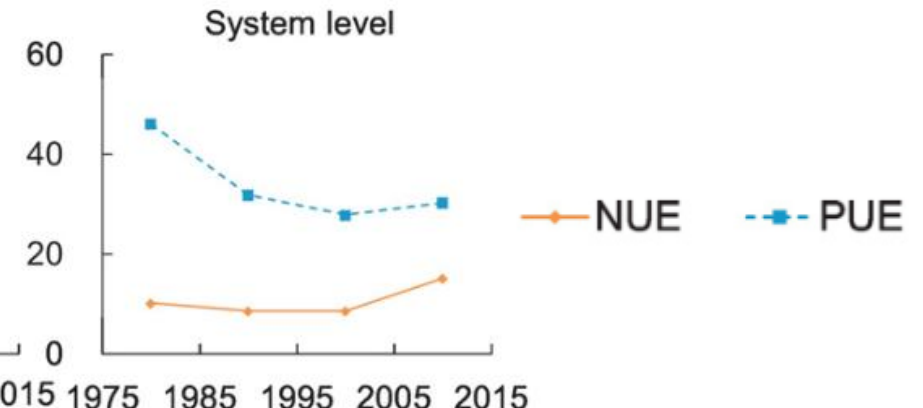
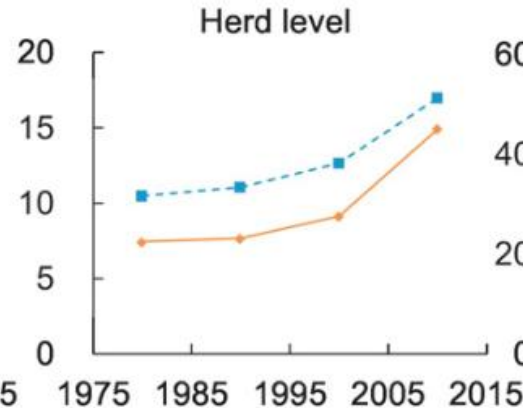
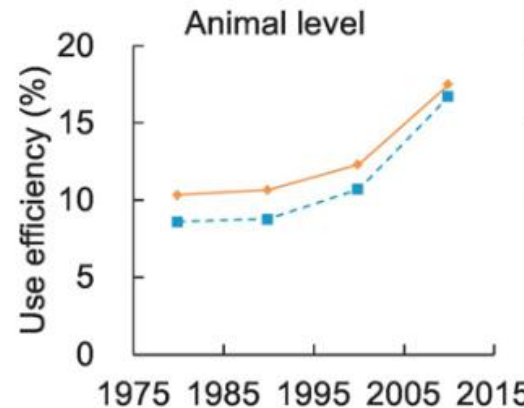
les déterminants de l'efficacité diffèrent selon les échelles considérées



Bai et al., (2013) J. Environ. Qual.



NUE = Nitrogen Use Efficiency;
PUE = Phosphorus Use Efficiency



Zhang et al., (2017) Sci. Total Environ. p. 8

➤ 3. L'impact de changement d'échelle sur l'efficacité

compromis apparaissent entre les échelles

- Echelle d'animal: remplacer l'herbe par l'ensilage du maïs dans la ration de vache → ↓ CH₄ entérique
- Echelle du système: ce pratique a l'impact sur les émissions lié à
 - La production d'aliment
 - Le changement d'usage de terre

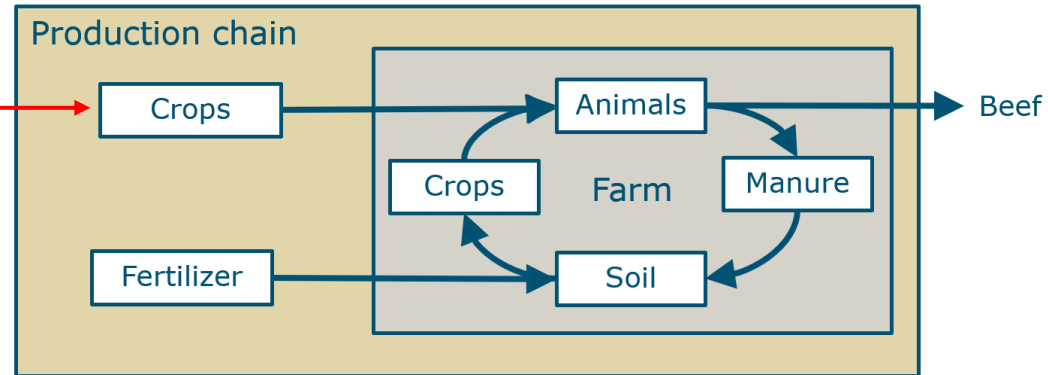
Table 4

GHG emissions for the intensive Dutch dairy farm (reference), and effects of increasing maize silage with 1 kg DM/cow/day at the expense of grass and grass silage on annual and non-recurrent emissions at three interdependent hierarchical levels,^a in kg CO₂e/t FPCM.

	Reference	Effect of strategy	
		Annual emissions	Non-recurrent emissions
Animal level emission			
Enteric CH ₄ emission dairy cows	393.5	-12.8	
Total animal level	393.5	-12.8	
Additional farm level emissions			
Enteric CH ₄ emission young stock	84.1		
Manure	78.8	+0.3	
On-farm feed production			
Grassland	89.9	-10.8	
Maize land	9.4	+5.6	
Ploughing grassland for maize land			+913
Total farm level	655.6	-17.8	+913
Additional chain level emissions			
Concentrates dairy cows	112.8	+8.1	
Concentrates young stock	8.8		
Purchased roughages	37.5	-6.0	
Milk replacer	2.6		
Bedding material	3.8		
Synthetic fertilizer	70.8	-6.2	
Other inputs	18.3	+1.0	
Total chain level	910.3	-20.9	+913

➤ 3. L'impact de changement d'échelle sur l'efficacité

Le périmètre du mesure est important



Quemada et al., (2020)

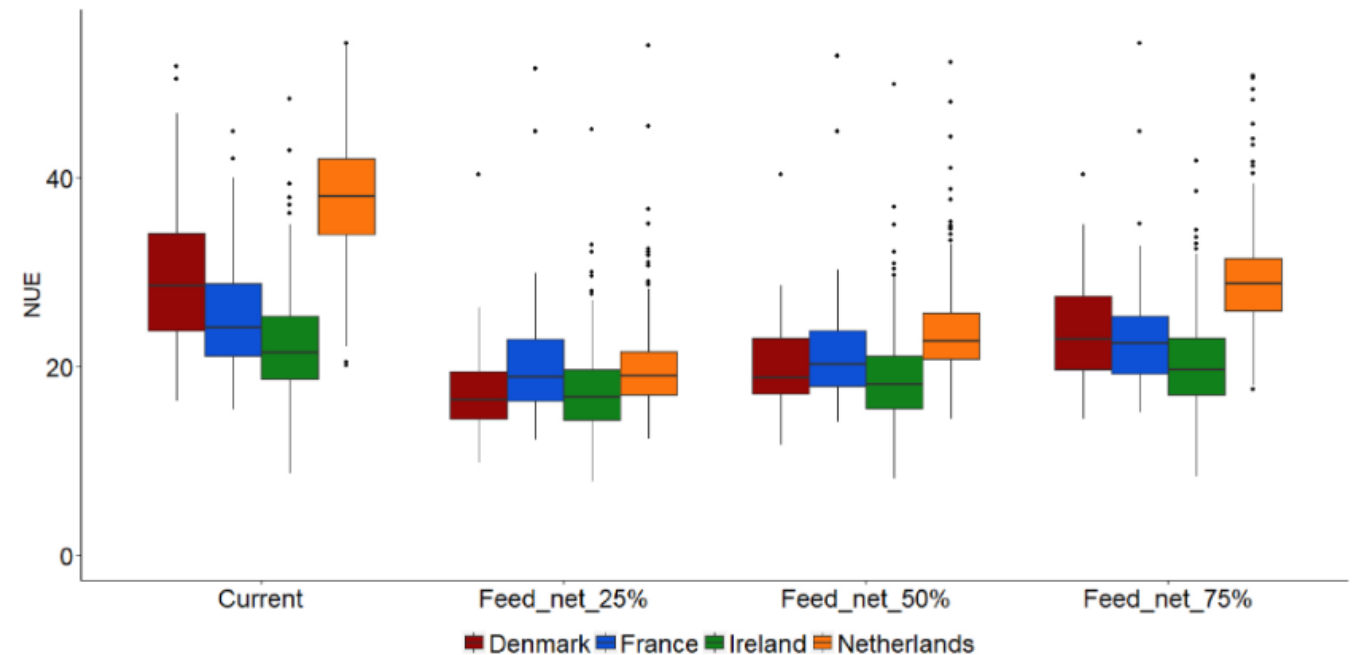
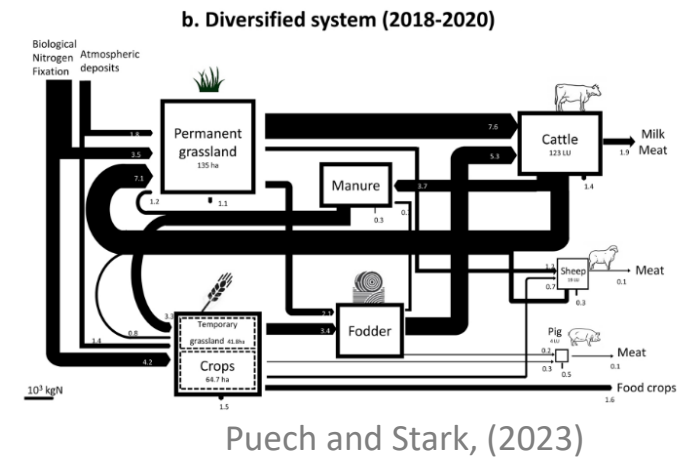
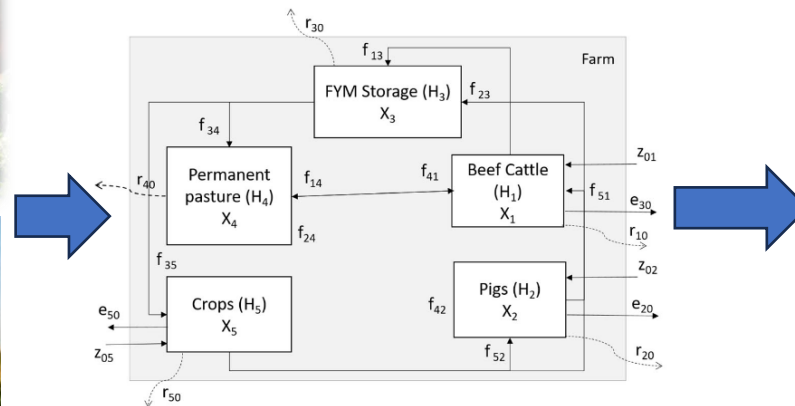


Fig. 9. Sensitivity analysis of nitrogen use efficiency (NUE) to net N imported as feed. Current calculations compared to calculate the N input assuming a NUE of 25%, 50% or 75% of the feed produced outside the farm. Boxes and whiskers show 5 and 95% percentiles, boxes 25% (Q1) and 75% (Q3) quartiles and the line in the middle the median; single dots indicate outlying values.

➤ 4. Méthode pour mesurer/piloter

- Modélisation pour comparer les scénarios
- Analyse de réseau écologique (ENA)



Functioning analysis

Intensity of flows

Total system throughflows

$$TST = \sum_{i=1}^n T_i$$

Circulation of flows

Total internal throughflows

$$TT = \sum_{i=1}^{j=n} f_{ij}$$

Internal circulation rate

$$ICR = TT/TST$$

Cycling of flows

Finn's cycling index

$$FCI = \frac{TST_c}{TST}$$

Performance analysis

Resilience

Development capacity

$$C = - \sum_{ij} T_{ij} \log \left(\frac{T_{ij}}{T_i} \right)$$

Ascendancy

$$A = \sum_{ij} T_{ij} \log \left(\frac{T_{ij} r_{ij}}{T_i r_j} \right)$$

Overhead

$$\phi = - \sum_{ij} T_{ij} \log \left(\frac{r_{ij}^2}{T_i r_j} \right)$$

Productivity (P)

Outflows/Total system Throughflows

$$P = \frac{1}{TST} \sum_{i=1}^n Y_{oi}$$

Self-sufficiency (SS)

(TST - Inflows)/Total system Throughflows

$$SS = \left(TST - \sum_{i=1}^n Z_{oi} \right) / TST$$

Efficiency (Eff)

Outflows/Inflows

$$Eff = \frac{P}{SS}$$

INRAE

Steinmetz et al, (2021)

Webinaires « Evaluation des propriétés émergentes attendues des systèmes de polyculture-élevage agroécologiques »

18-06-2026/ Session 5 : Efficience/efficacité – productivité/ Hieu Nguyen-Ba

Stark et al, (2016) Europ. J. Agronomy

➤ Conclusion

- l'efficience des systèmes d'élevage de ruminants est intrinsèquement multidimensionnelle et dépend fortement de l'échelle d'analyse.
- Les gains observés à l'échelle de l'animal ne se traduisent pas systématiquement à l'échelle du système en raison de la diversité des déterminants et des compromis entre composantes.
- Les systèmes diversifiés présentent des interactions complexes pouvant générer à la fois des synergies et des antagonismes selon les dimensions considérées.
- Ces résultats soulignent la nécessité d'une approche multi-échelle et systémique pour évaluer l'efficience, intégrant les flux entre composantes, les effets indirects et les compromis entre objectifs productifs, environnementaux, économiques et sociaux.



> Reference

- Bai, Z. h., Ma, L., Oenema, O., Chen, Q., Zhang, F. s., 2013. Nitrogen and Phosphorus Use Efficiencies in Dairy Production in China. *Journal of Environmental Quality* 42, 990–1001. doi:10.2134/jeq2012.0464
- Bell, L., Moore, A., 2012. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. *AGRICULTURAL SYSTEMS* 111, 1–12. doi:10.1016/j.agsy.2012.04.003
- European Commission, 2016. Productivity in EU agriculture-slowly but steadily growing (No. 10), EU Agricultural Markets Briefs.
- Mosnier, C., Benoit, M., Minviel, J.J., Veysset, P., 2022. Does mixing livestock farming enterprises improve farm and product sustainability? *International Journal of Agricultural Sustainability* 20, 312–326. doi:10.1080/14735903.2021.1932150
- Nguyen-Ba, H., Veysset, P., Ortigues-Marty, I., Monteils, V., Cantalapiedra-Hijar, G., Dumont, B., Ferlay, A., 2025. Opinion paper: Applying agroecological principles allows assessing the multidimensionality of input-use efficiency in ruminant production systems. *animal* 101423. doi:10.1016/j.animal.2025.101423
- Puech, T., Stark, F., 2023. Diversification of an integrated crop-livestock system: Agroecological and food production assessment at farm scale. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 344, 108300. doi:10.1016/j.agee.2022.108300
- Quemada, M., Lassaletta, L., Jensen, L.S., Godinot, O., Brentrup, F., Buckley, C., Foray, S., Hvid, S.K., Oenema, J., Richards, K.G., Oenema, O., 2020. Exploring nitrogen indicators of farm performance among farm types across several European case studies. *Agricultural Systems* 177, 102689. doi:10.1016/j.agsy.2019.102689
- Stark, F., Fanchone, A., Semjen, I., Moulin, C., Archimede, H., 2016. Crop-livestock integration, from single-practice to global functioning in the tropics: Case studies in Guadeloupe. *EUROPEAN JOURNAL OF AGRONOMY* 80, 9–20. doi:10.1016/j.eja.2016.06.004
- Steinmetz, L., Veysset, P., Benoit, M., Dumont, B., 2021. Ecological network analysis to link interactions between system components and performances in multispecies livestock farms. *AGRONOMY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT* 41. doi:10.1007/s13593-021-00696-x
- Van Middelaar, C.E., Berentsen, P.B.M., Dijkstra, J., De Boer, I.J.M., 2013. Evaluation of a feeding strategy to reduce greenhouse gas emissions from dairy farming: The level of analysis matters. *Agricultural Systems* 121, 9–22. doi:10.1016/j.agsy.2013.05.009
- Veysset, P., Lherm, M., Bébin, D., Roulenc, M., 2014. Mixed crop–livestock farming systems: a sustainable way to produce beef? Commercial farms results, questions and perspectives. *animal* 8, 1218–1228. doi:10.1017/S1751731114000378
- Zhang, N., Bai, Z., Luo, J., Ledgard, S., Wu, Z., Ma, L., 2017. Nutrient losses and greenhouse gas emissions from dairy production in China: Lessons learned from historical changes and regional differences. *Science of The Total Environment* 598, 1095–1105. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.04.165

