



**INRAE**  
**au sia**  
**les rencontres**

## Associer recherche d'autonomie et diversification à travers les complémentarités cultures-élevages pour l'alimentation humaine

**Jeudi 29 février 2024 / de 14h25 à 14h40**

Thomas PUECH<sup>1\*</sup>, Fabien STARK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INRAE, UR ASTER, 88500 Mirecourt, France;

\* thomas.puech@inrae.fr

<sup>2</sup> INRAE, Univ. Montpellier, CIRAD, Montpellier Supagro, UMR SELMET, 34000 Montpellier, France

**INRAE X SIA2024**



## Introduction

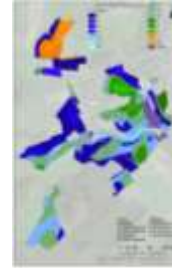
- Conséquences de la spécialisation des exploitations et des territoires
  - Mondialisation de l'agriculture
  - Dépendance de l'agriculture aux intrants (engrais, alimentation animale)
  - Diminution du nombre d'exploitations et agrandissement des fermes
  - Recul des systèmes en polyculture-élevage (zones périphériques)
- Raréfaction des ressources non renouvelables + augmentation du coût des intrants (énergie, alimentation animale, engrais)
  - Regain d'intérêt pour les systèmes agricoles basés sur les complémentarités cultures-élevages
- Concurrences d'usage des sols
  - Arbitrages dans l'usage des ressources & performances des systèmes ?



## Témoigner à partir d'une expérimentation « système » INRAE de long terme



- Expérimentation système « ferme entière » (UR ASTER)
- 240 ha SAU dont 135 en prairies permanentes
- Contexte de « plaine » avec contraintes pédoclimatiques marquées



**Enjeux de recherche** : autonomie des systèmes agricoles

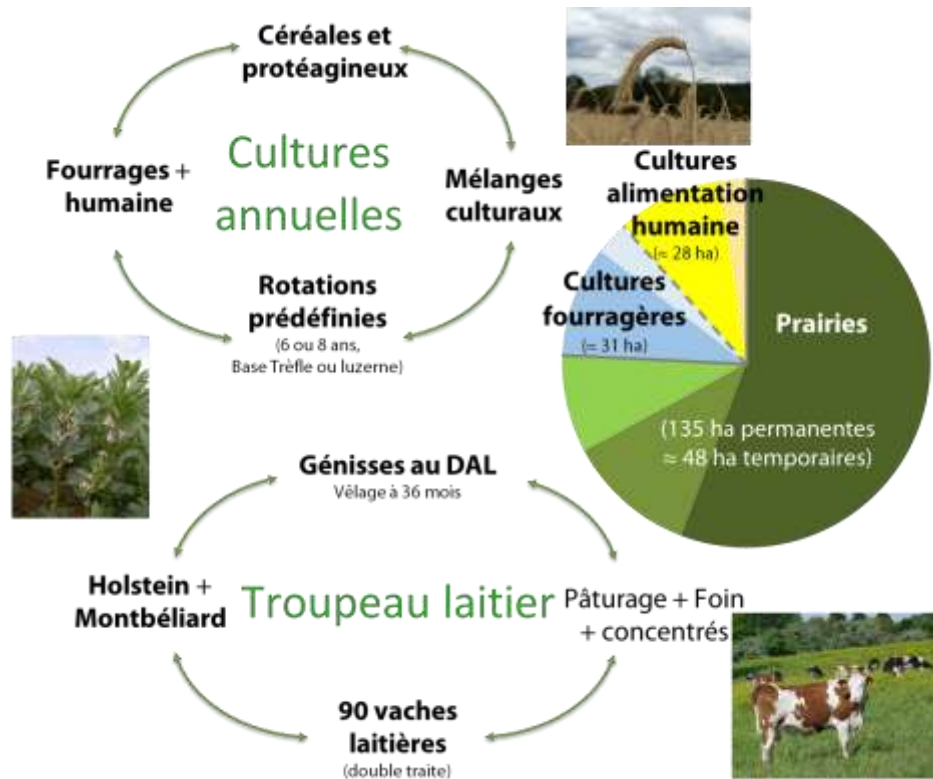
**Choix stratégiques** : Expérimentation de systèmes **autonomes** (pas d'achat/vente de fourrages et/ou matières fertilisantes depuis 2004) « Faire au mieux avec les ressources du milieu »



## Témoigner à partir d'une expérimentation « système » INRAE de long terme

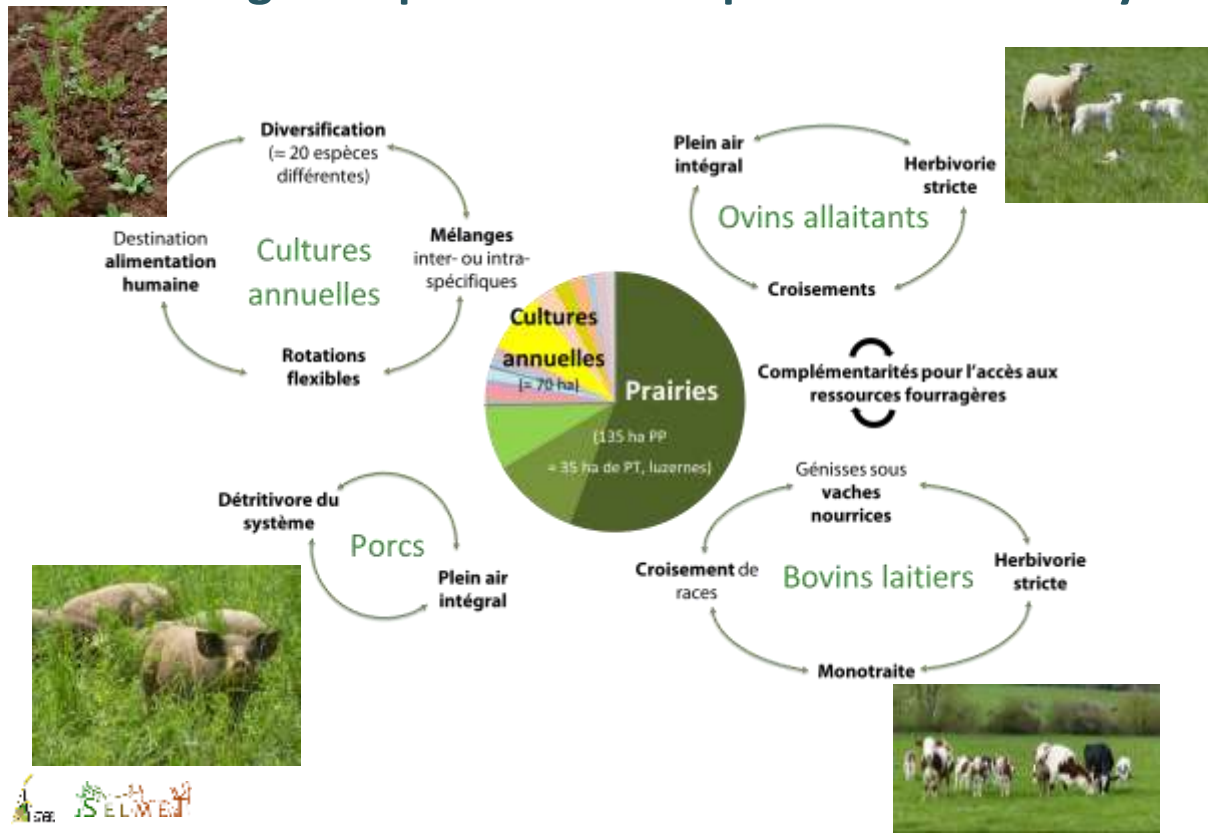
### Système laitier 2006-2015

- Système spécialisé bovin lait
- Productions végétales principalement fourragères





## Témoigner à partir d'une expérimentation « système » INRAE de long terme



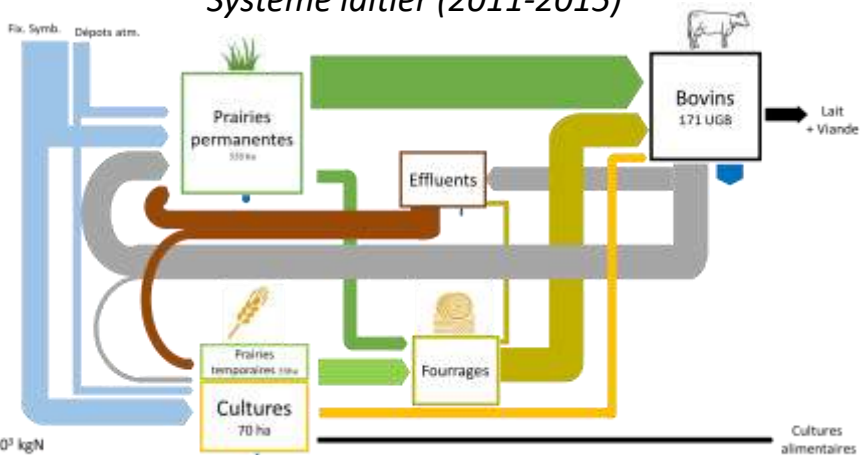
### Système diversifié « PAILLE » 2016-...

- Usage direct des terres pour l'alimentation humaine
- Forte diversification des productions animales et végétales
- Conduites en rupture

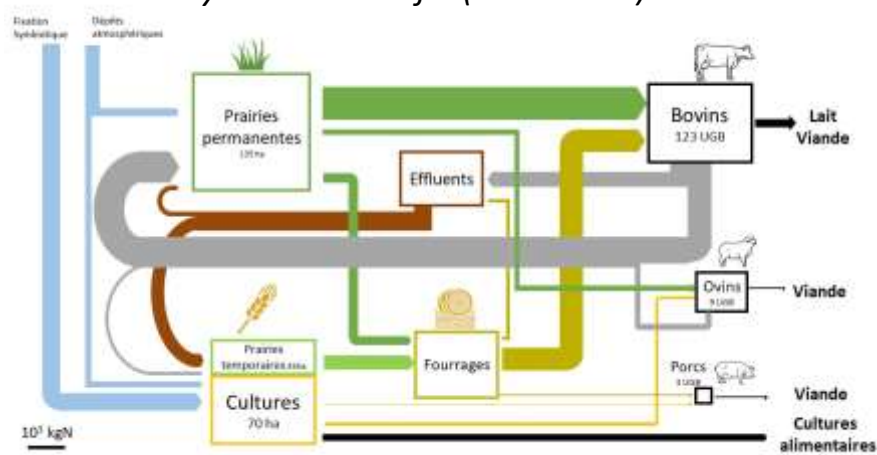


## Analyser le métabolisme azoté des systèmes pour comprendre leur fonctionnement et évaluer leurs performances

*Système laitier (2011-2015)*



*Système diversifié (2016-2021)*



Seuls les principaux flux sont représentés. L'épaisseur des flèches est proportionnelle à la valeur des flux.

- Etude du métabolisme = ensemble des flux de matière au sein du système agricole.
- Azote = principal enjeu dans les systèmes agricoles autonomes.



## Un système spécialisé plus productif, mais...

	Système laitier (2011-2015)	Système diversifié (2016-2021)
Productions animales (lait + viande)	3 258 kgN	2 117 kgN
Cultures alimentation humaine	1 146 kgN	1 879 kgN
Productivité totale « alimentaire »*	18.3 kgN/ha	17.0 kgN/ha

\*10kgN ≈ 500 kg blé meunier (14% protéines); ≈ 2000 kg lait (32g/l TB)

Nb UGB totaux	171	124
Surface fourragère (ha)	216	177
Déficit hydrique moyen (1 <sup>er</sup> avril – 31 octobre) – mm	- 144	- 237
Nb étés secs (DH < -250mm)	1 (2015)	4 (2017 -> 2020)

➔ Le système spécialisé « lait » est plus productif que le système diversifié

➔ Moins d'animaux dans le système diversifié :

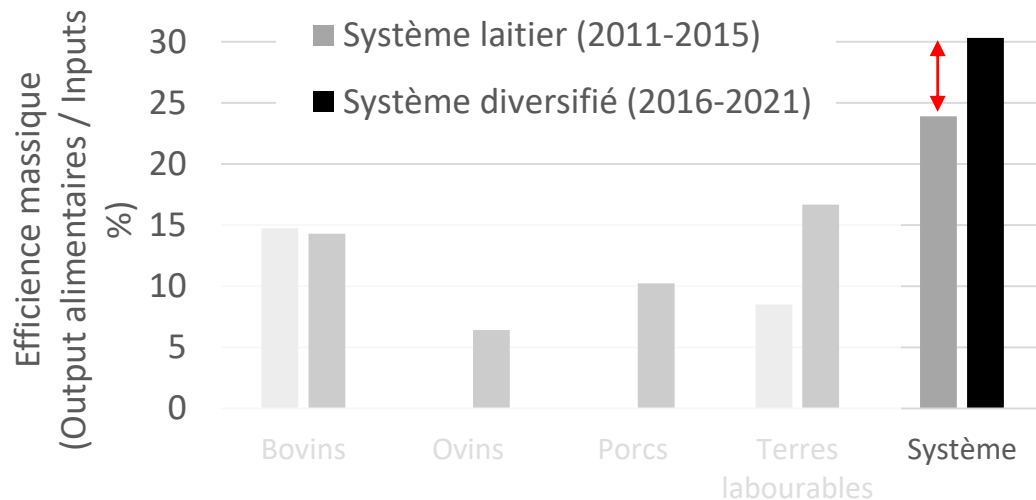
- ➤ Surface fourragère
- Choix de conduites d'élevage

➔ Et des sécheresses estivales marquées sur la période 2017-2020.



## Un système diversifié plus efficient pour produire des denrées alimentaires...

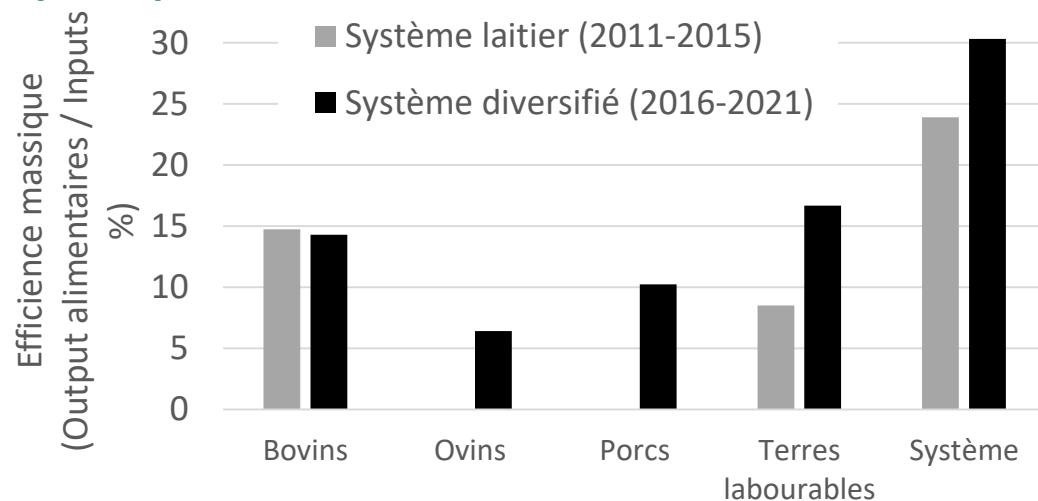
➔ Le système diversifié est plus efficient que le système spécialisé « lait » pour produire des denrées alimentaires







## Un système diversifié plus efficient pour produire des denrées alimentaires...



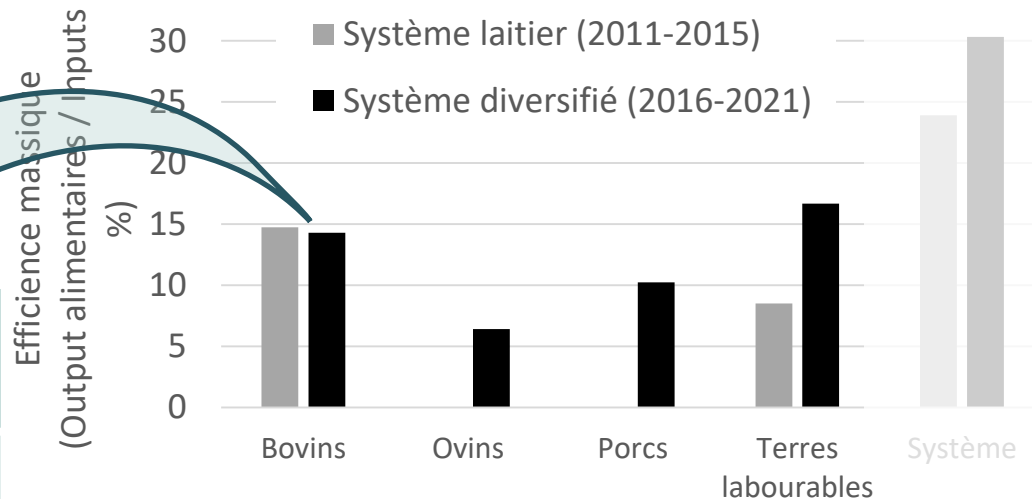
**Efficiency<sub>ferme</sub> > Efficiency<sub>composantes</sub>**

➔ Intérêt des complémentarités cultures-élevages et du bouclage des cycles



## Un système diversifié plus efficient pour produire des denrées alimentaires...

	Système spécialisé 2011-2015	Système diversifié 2016-2021
Production laitière (l/VL/an)	5 507	3 574
TB-TP (g/kg)	42 – 33	46 – 36
Concentrés (g/ VL / j)	431	0
Age au 1 <sup>er</sup> vêlage (mois)	36	26.6



➔ **Perte de production** (monotraitée, arrêt des concentrés)  
**compensée en grande partie** (matière utile, herbivorie stricte, avancée de l'âge au premier vêlage (36 -> 24 mois))



## Perspectives / Questions posées par l'intégration cultures et élevages

### Exemple 1 : Inscription territoriale des systèmes intégrés : élevage de porcs en plein air intégral



Alimentation humaine

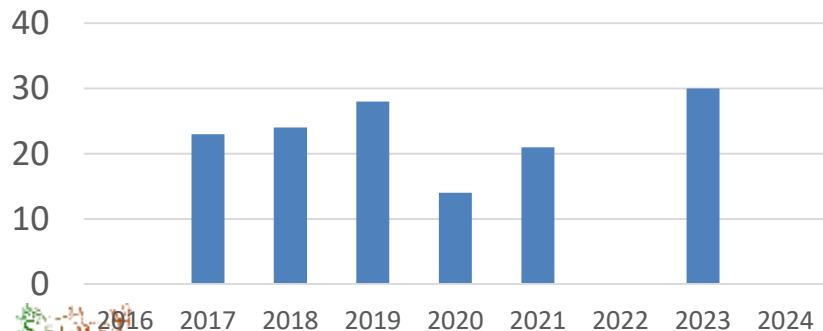


Non valorisable en alimentation humaine



Boucherie traditionnelle  
≈ 2 porcs / semaine aout – décembre

Evolution du nombre de cochons élevés



- ➔ Variabilité interannuelle = frein à la stimulation d'activité de diversification à l'échelle territoriale ? (naissance AB)
- ➔ Présence d'outils de première transformation de proximité (abattoir coopératif multi-espèces)
- ➔ Complémentarité avec d'autres élevages pour approvisionner la boucherie sur l'année



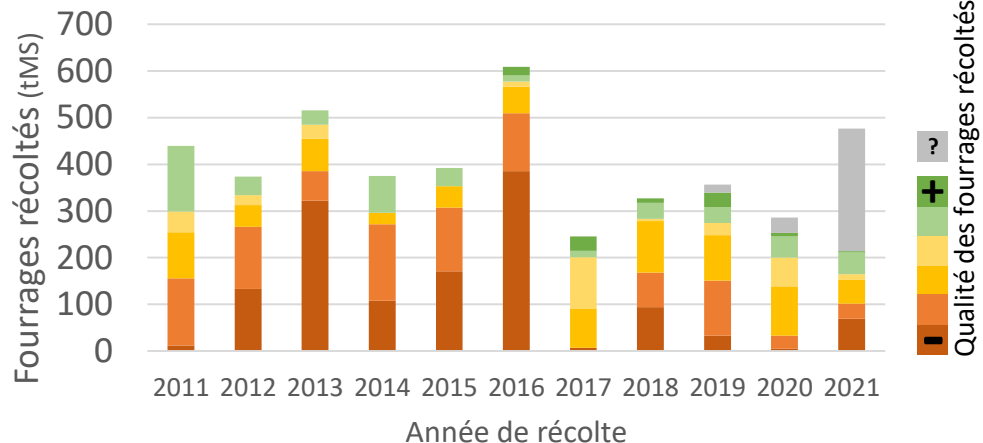
# Perspectives / Questions posées par l'intégration cultures et élevages

## Exemple 2 : Innovations techniques pour valoriser des productions



Dépendance de la qualité  
des fourrages aux  
conditions climatiques

*Quelles pratiques de transformation fromagère pour valoriser les laits de plaine de qualité très variables tout en conservant leur typicité (lait cru) ?*



Variations marquées de la  
production laitière  
(qualité + quantité)





**Merci**  
pour votre attention



## Bibliographie

- Allwood J. M., Ashby M. F., Gutowski T. G., and Worrell E. (2013). "Material efficiency: providing material services with less material production." *Phil. Trans. R. Soc. A*, 371(1986)
- Altieri, M.A., Funes-Monzote, F.R., Petersen, P., 2012. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agron. Sustain. Dev.* 32, 1–13.
- Benoit, M., Mottet, A. (2023). Energy scarcity and rising cost: Towards a paradigm shift for livestock. *Agricultural Systems* 205 103585
- Billen, G., Lassaletta, L., Garnier, J., 2014. A biogeochemical view of the global agro-food system: Nitrogen flows associated with protein production, consumption and trade. *Glob. Food Sec.* 3, 209–219.
- Bonaudo, T., Bendahan, A.B., Sabatier, R., Ryschawy, J., Bellon, S., Leger, F., Magda, D., Tichit, M., 2014. Agroecological principles for the redesign of integrated crop–livestock systems. *Eur. J. Agron.* 57, 43–51
- Dumont, B., González-García, E., Thomas, M., Fortun-Lamothe, L., Ducrot, C., Dourmad, J.Y., Tichit, M., 2014. Forty research issues for the redesign of animal production systems in the 21st century. *Animal* 8, 1382–1393
- Fath, B.D., Asmus, H., Asmus, R., Baird, D., Borrett, S.R., de Jonge, V.N., Ludovisi, A., Niquil, N., Scharler, U.M., Schückel, U., Wolff, M., 2019. Ecological network analysis metrics: The need for an entire ecosystem approach in management and policy. *Ocean Coast. Manag.* 174, 1–14.
- Gliessman, S.R., 2004. Agroecology and Agroecosystems, in: Diane, R., Francis, C. (Eds.), *Agronomy Monographs*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI, USA, pp. 19–29.
- Godinot, O., Vertès, F., Leterne, P., Carof, M., 2020. Nouveaux indicateurs d'efficacité de l'azote à l'échelle de l'exploitation. *Fourrages* 241, 45–56.
- Laisse, S., Baumont, R., Dusart, L., Gaudré, D., Rouillé, B., Benoit, M., Veysset, P., Rémond, D., Peyraud, J.-L., 2019. L'efficacité nette de conversion des aliments par les animaux d'élevage : une nouvelle approche pour évaluer la contribution de l'élevage à l'alimentation humaine. *INRA Prod. Anim.* 31, 269–288
- Lietaer, B., Ulanowicz, R., Goerner, S., McLaren, N., 2010. Is Our Monetary Structure a Systemic Cause for Financial Instability? Evidence and Remedies from Nature. *Journal of Futures Studies*, March 2010, 14(3): 89 - 108
- Mignolet, C., Schott, C., Benoit, M., Meynard, J. M., 2012. Transformations des systèmes de production et des systèmes de culture du bassin de la Seine depuis les années 1970 : une spécialisation des territoires aux conséquences environnementales majeures. *Innovations Agronomiques* 22, 1-16
- Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C., Gerber, P. (2017). Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security* 14 (2017) 1–8
- Pinsard, C., 2022. Assessing the resilience of European farming systems to consequences of global peak oil using a dynamic nitrogen flow model. PhD Paris-Saclay University, 2022.
- Puech, T., 2021. Modélisation matricielle de la structure et du fonctionnement des systèmes expérimentés sur l'IE ASTER Mirecourt
- Puech, T., Stark, F. Diversification of an integrated crop-livestock system: agroecological and food production assessment at farm scale. Accepted at *Agriculture, Ecosystem, Environment*.
- Puech, T., Durpoix, A., Autret, B., Bunet, L., Foissy, D., Guillemin, P. (2023). Construction et implications de l'autonomie protéique fourragère dans un système de polyculture-élevage diversifié. *Fourrages* 254, 15-26.
- Schott, C., Puech, T., Mignolet, C. (2018). Dynamiques passées des systèmes agricoles en France : une spécialisation des exploitations et des territoires depuis les années 1970. *Fourrages* 235, 153-161
- Rufino, M.C., Hengsdijk, H., Verhagen, A., 2009a. Analysing integration and diversity in agro-ecosystems by using indicators of network analysis. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 84, 229–247
- Therond, O., Duru, M., Roger-Estrade, J., Richard, G., 2017. A new analytical framework of farming system and agriculture model diversities. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 37
- Ulanowicz, R.E., Baird, D., 1999. Nutrient controls on ecosystem dynamics: the Chesapeake mesohaline community. *J. Mar. Syst.* 19 19, 159–172.