



➤ Gestion et multi-performance des systèmes de polyélevage

Frédéric Joly (Herbivores, PHASE), Thomas Puech (ASTER, ACT), Fabien Stark (Selmet, PHASE)

## > Plan

### 1. Vous avez dit « poly » ?

- Agroécologie, diversité et intégration
- [Poly]culture – [Poly]élevage
- Processus et propriétés émergentes

### 2. Illustrations :

- Poly-élevage en Auvergne
- Poly-culture-poly-élevage à Mirecourt
- Poly-élevage en Mongolie

### 3. Synthèse et perspectives de recherche

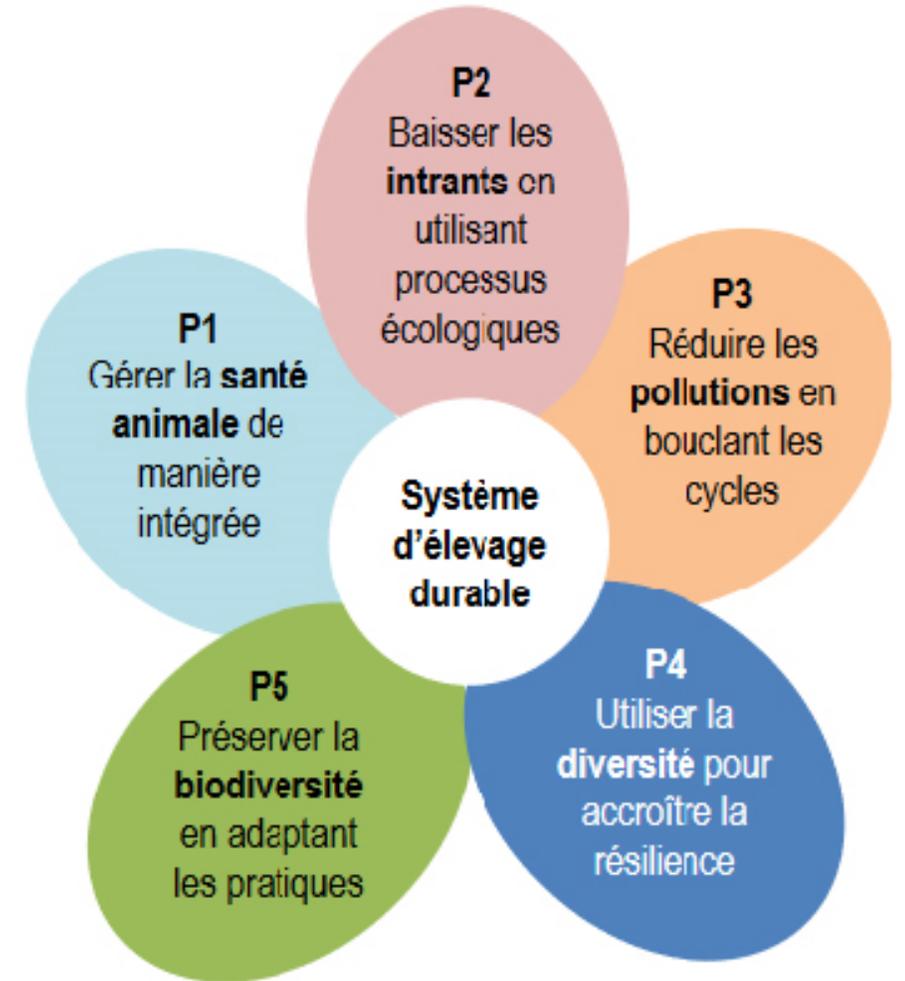
- Forces et complémentarités des formalismes actuels
- Faiblesses et voies d'amélioration et de recherche



# 1. Vous avez dit « poly » ?

## ➤ Enjeux posés par l'agroécologie

- Accroître la **diversité biologique** à l'échelle du système de production, et favoriser des pratiques agricoles qui mobilisent les **processus écologiques** pour obtenir des **systèmes plus performants** dans des environnements hétérogènes (*Altieri, 2008; Gliessman, 2011; Malézieux, 2012*)



*Dumont et al., 2013*

# 1. Vous avez dit « poly » ?

## ➤ Définitions « poly » culture-élevage

- **Systèmes mixtes agriculture-élevage:** Exploitations qui conduisent des animaux et des cultures, intégrés ou juxtaposés, et produisant à la fois des produits animaux et végétaux (*van Keulen et Schiere, 2004; Ryschawy et al., 2014*)
- **Système poly-élevage :** L'élevage simultané de deux ou plusieurs espèces animales dans la même exploitation (*Martin et al., 2020*)
- **Intégration agriculture-élevage:** Ensemble de pratiques agricoles au sein d'un système mixte visant à exploiter les **synergies possibles** entre espèces animales et végétales dans le temps et dans l'espace (*Moraine, 2015; Ryschawy, 2012*)



# 1. Vous avez dit « poly » ?

## ➤ Processus biologiques, pratiques agricoles et propriétés émergentes

**Evaluer:**

Performances attendues

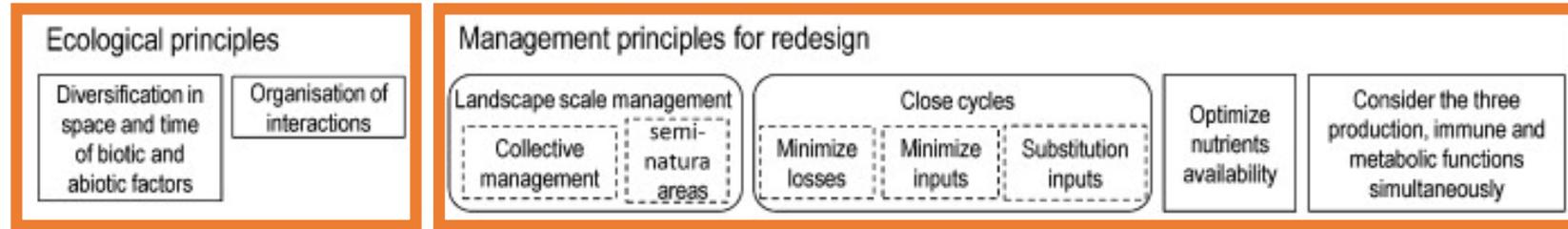


Quels processus conduisent à quelles performances ?



**Comprendre:**

Processus agroécologiques mobilisés

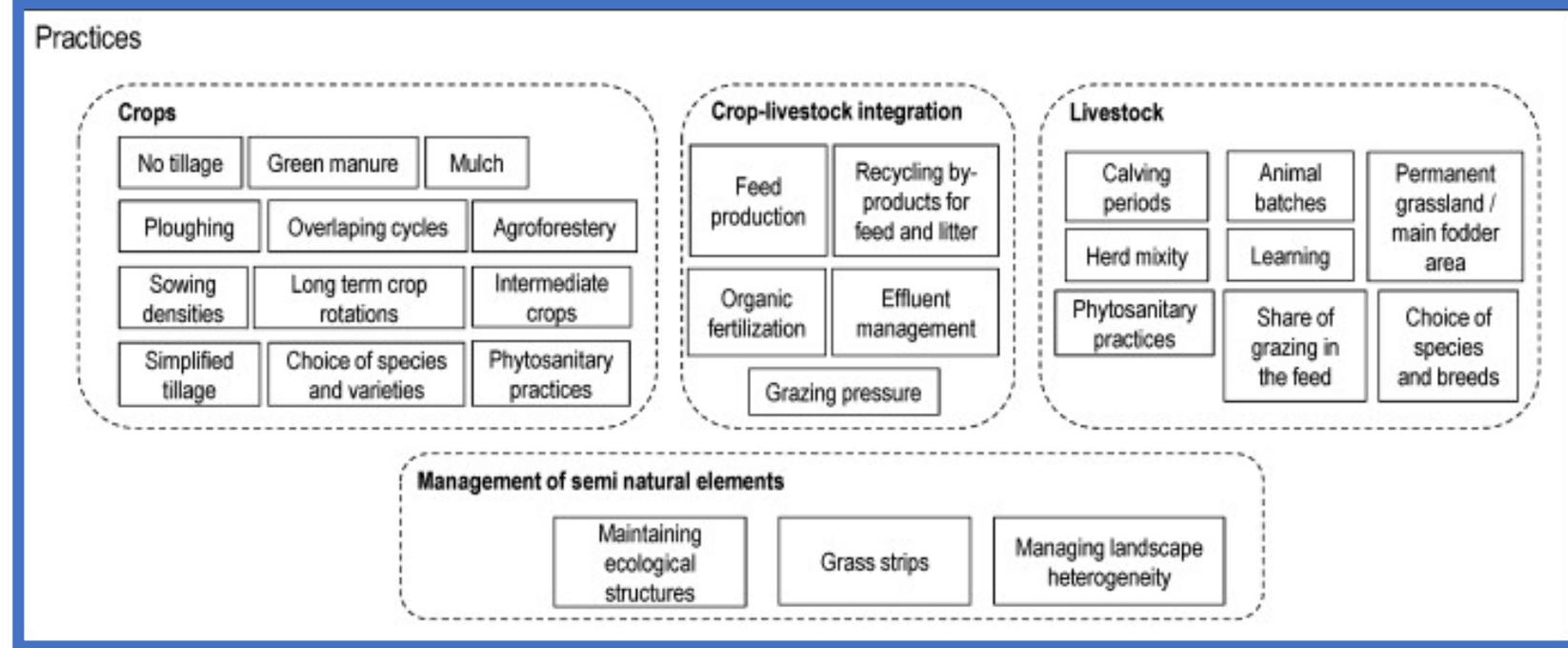


Quelles pratiques pilotent quels processus ?



**Piloter:**

Pratiques agricoles



## 2. Illustrations

### ➤ Poly-élevage en Auvergne

Polyélevage 1

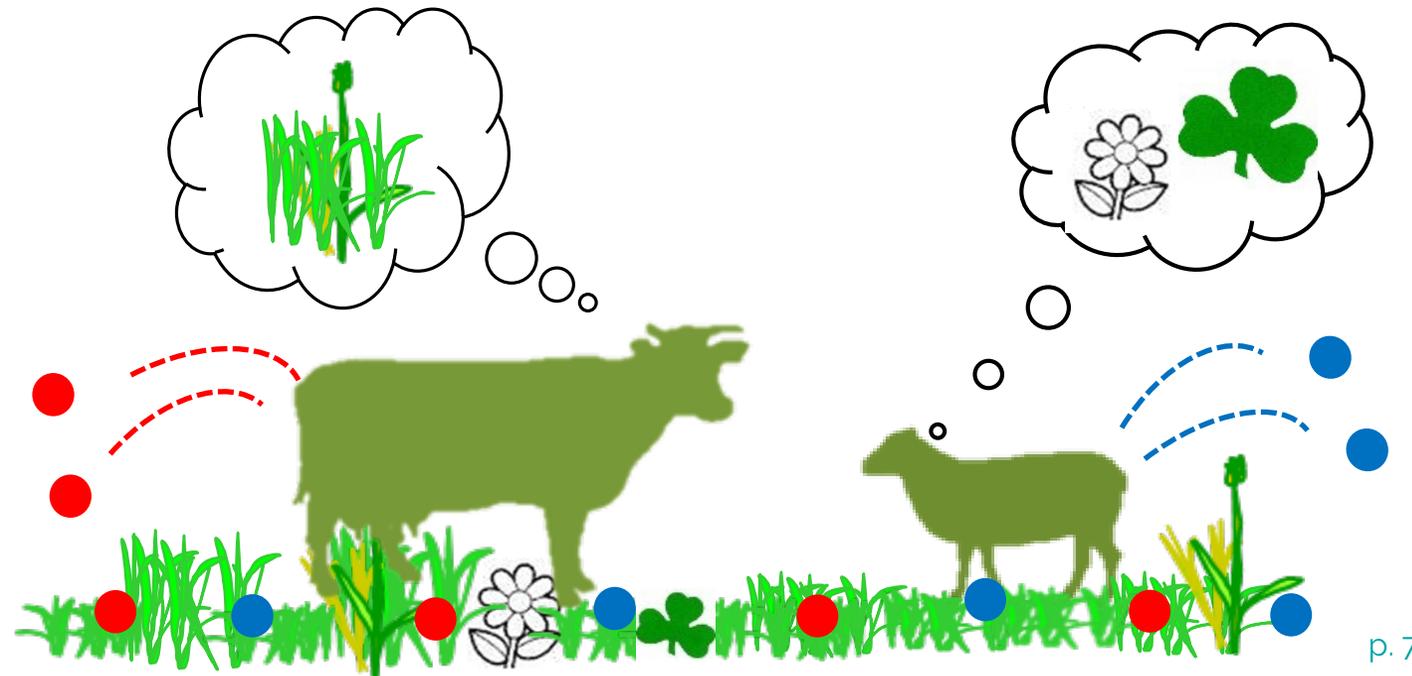
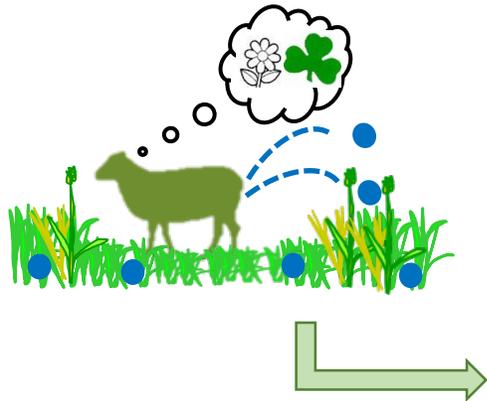
UE Herbipôle (Auvergne)



## 2. Illustrations

### > Poly-élevage en Auvergne

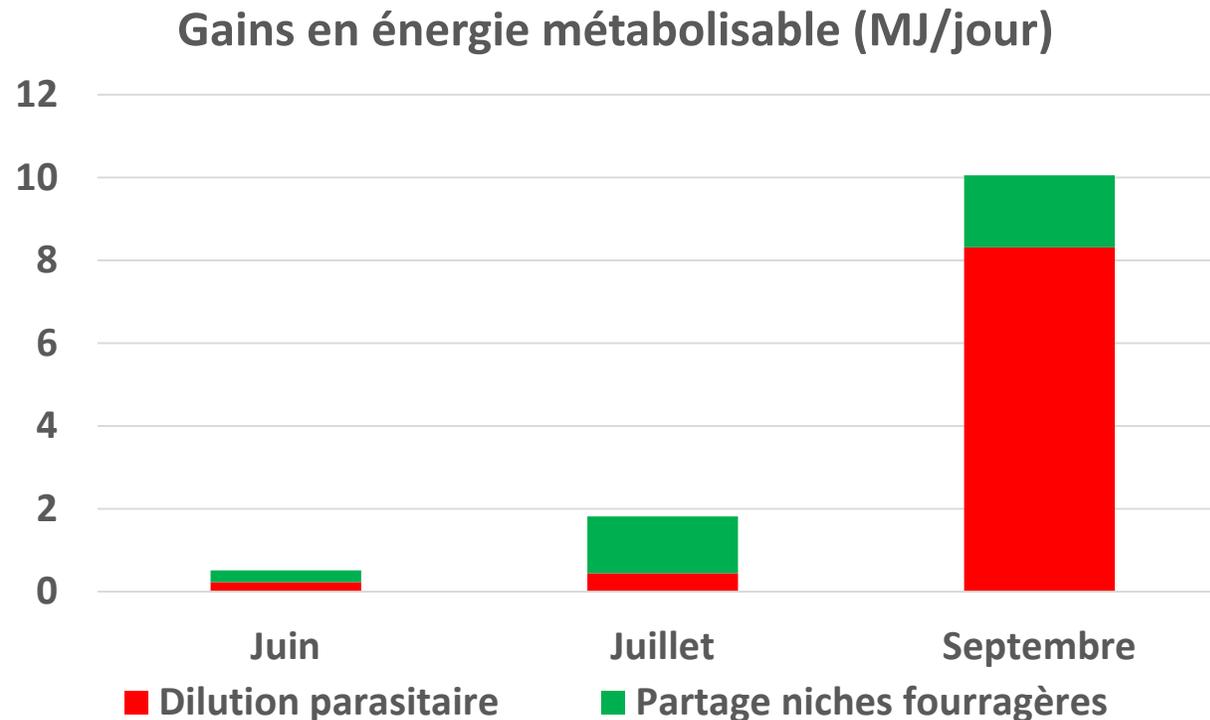
- **Mixité ovin bovin bénéficie aux ovins via deux mécanismes de nature différentes :**
  - Partage des niches fourragères
  - Dilution parasitaire



## 2. Illustrations

### > Poly-élevage en Auvergne

- Infection moindre et meilleure alimentation -> gains en énergie métabolisable et matières azotées (Méndez-Ortíz et al. 2019; INRA 2018)
- Dilution parasitaire globalement plus importante (Joly et al. revised version under revision)
- Evaluation confirmée par mesures directes de GMQ et proxy de parasitisme et qualité fourragère (Joly et al. 2022).



## 2. Illustrations

### > Poly-élevage en Auvergne

Comprendre	Evaluer	Piloter
Processus bien décrits et <u>relativement simples</u> à représenter à <u>l'échelle</u> <u>parcelle</u>	Agrégation via <u>métriques</u> <u>métaboliques</u> de deux mécanismes biologiques contrastés	Facile via <u>ratio ovin/bovin</u> car performances animales amélioré sur large plage (bonne <u>opérabilité</u> <u>biologique</u> )

Joly et al. 2021

## 2. Illustrations

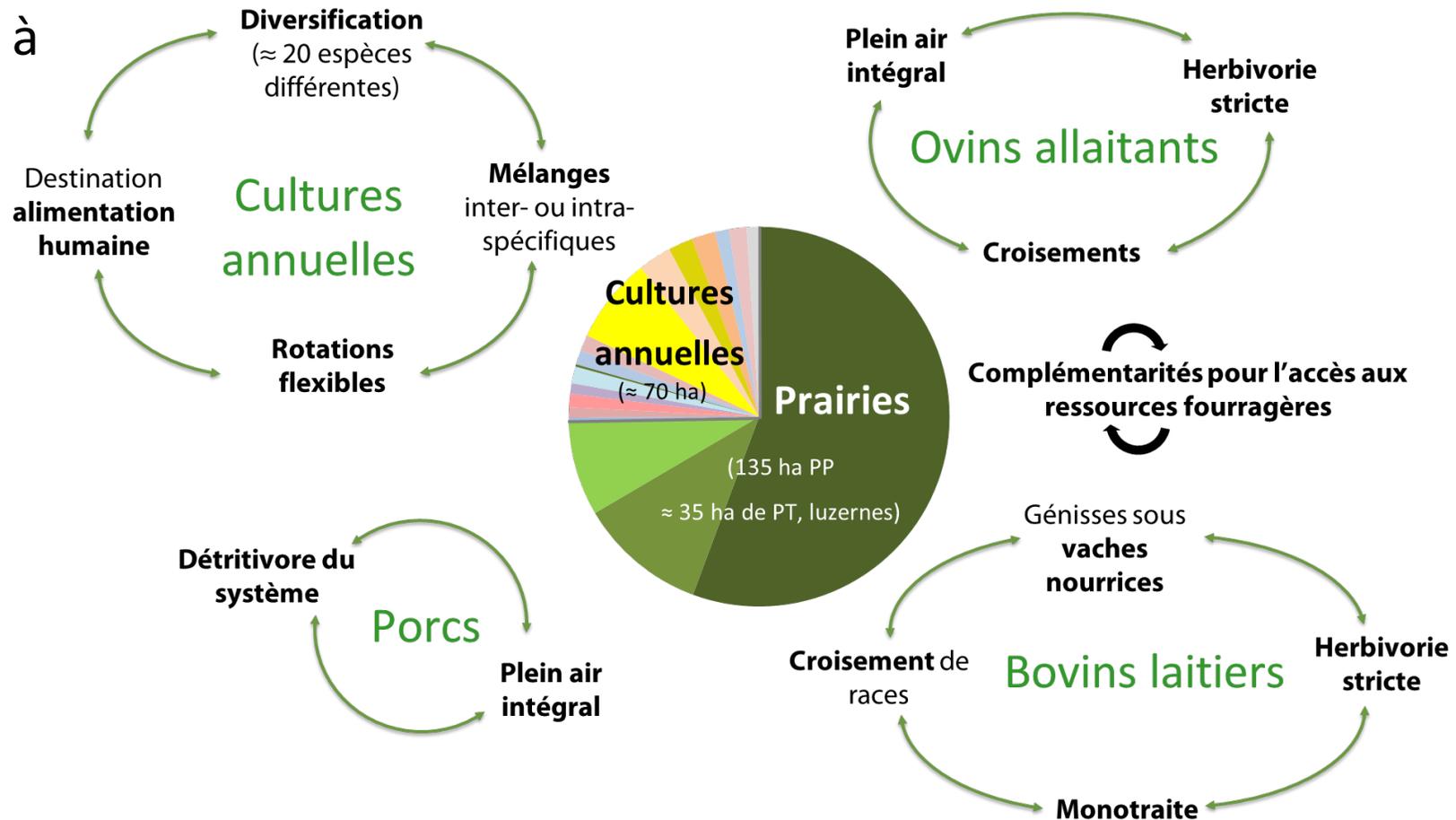
### ➤ Polyculture-élevage à Mirecourt

- Expérimentation « système » à l'échelle ferme entière (IE ASTER-Mirecourt, Vosges)
- Conception « pas à pas » (Coquil et al., 2014)

➔ Viser un usage direct des terres à destination de l'alimentation humaine

➔ Forte diversification des productions animales et végétales

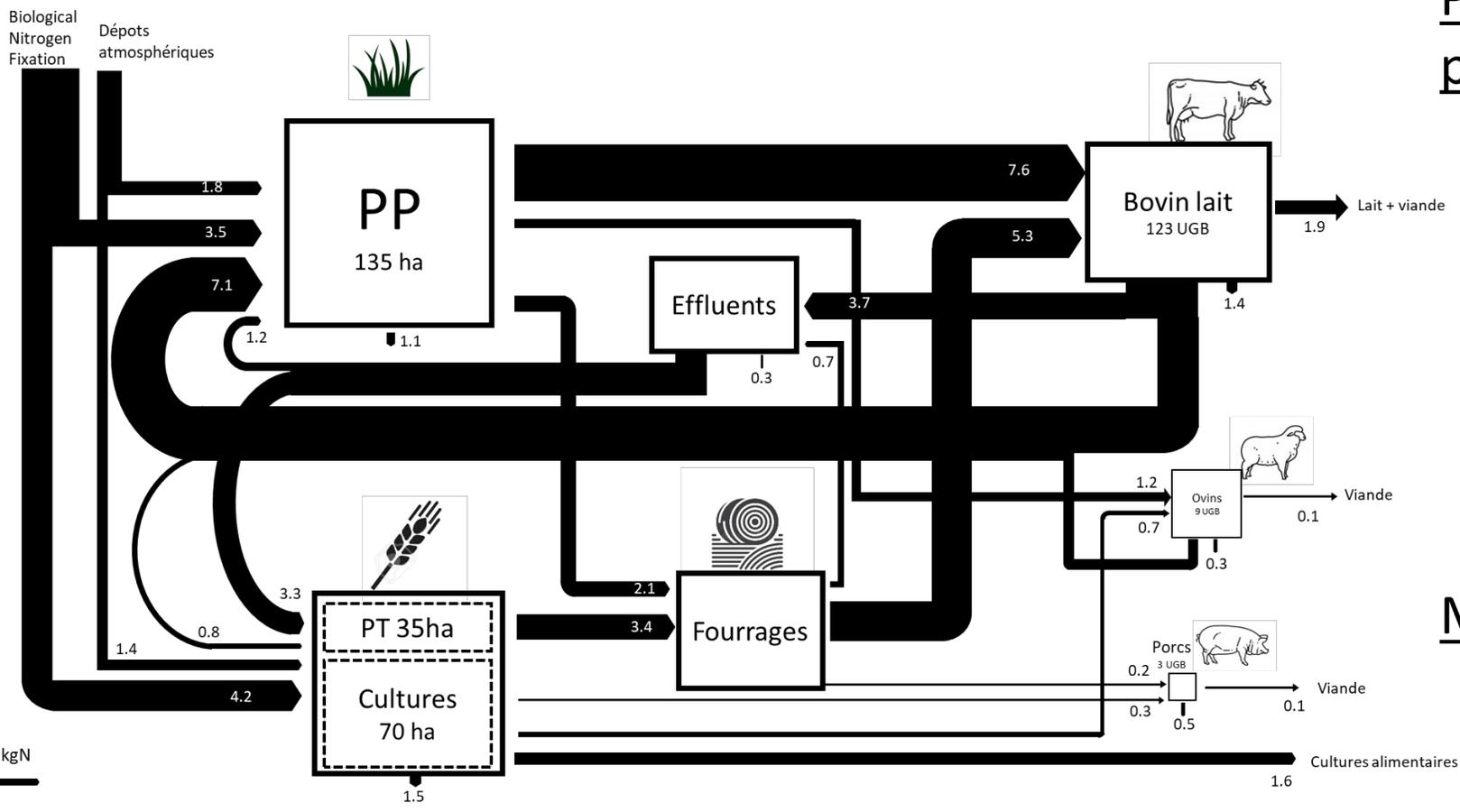
➔ « Faire au mieux avec les ressources du milieu » :  
Autonomie (fourragère + N)



## 2. Illustrations

### ➤ Polyculture-élevage à Mirecourt

Rendre visible les processus biologiques



### Pilotage des processus biologiques par les pratiques agricoles :

- Choix des assolements
- Choix de conduite productions animales

### Mais un pilotage contraint :

- Temps de travail
- Ressources disponibles

Répartition des flux N sur le système PAPILLE (2018-2020)

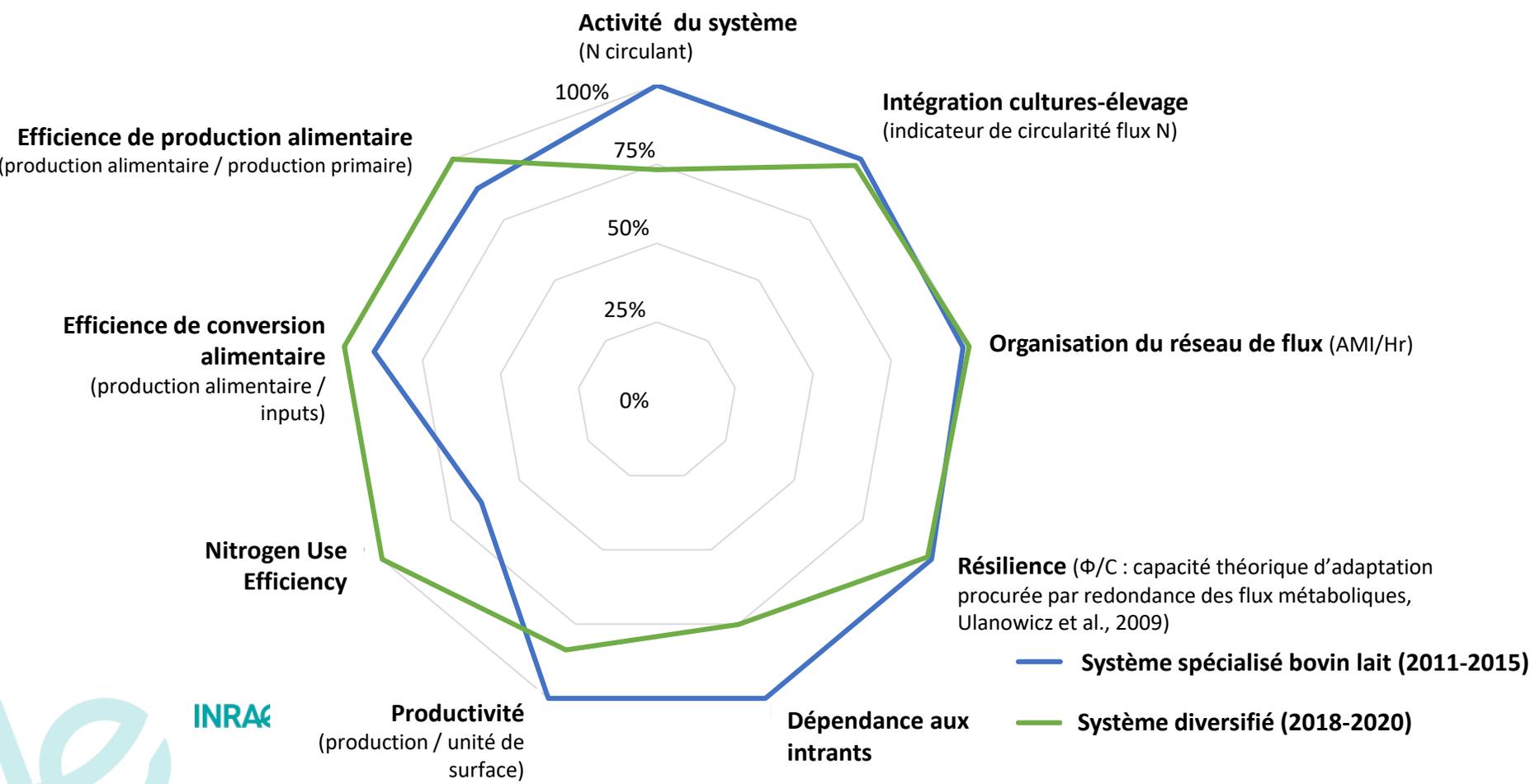
Adapté de Puech et Stark, 2023.

# 2. Illustrations

## ➤ Polyculture-élevage à Mirecourt

### Analyse de la multi-performance à partir de métriques issues de l'écologie

(Ecological Network Analysis; Latham, 2006; Ulanowicz et al., 2009)



## 2. Illustrations

### ➤ Polyculture-élevage à Mirecourt

Comprendre	Evaluer	Piloter
<u>Représenter les interactions cultures-élevages</u> au sein d'un système diversifié.	Métriques issues de <u>l'écologie</u> pour évaluer la multiperformance	Pilotage « simple » par des indicateurs de production (rendements, production laitière, croissance...), <b>et adaptatif</b> (disponibilité des ressources, main d'œuvre...)

## 2. Illustrations

### ➤ Poly-élevage en Mongolie

Système complexe de troupeaux multi-espèces en steppe froide (Mongolie) soumis à des aléas multiples

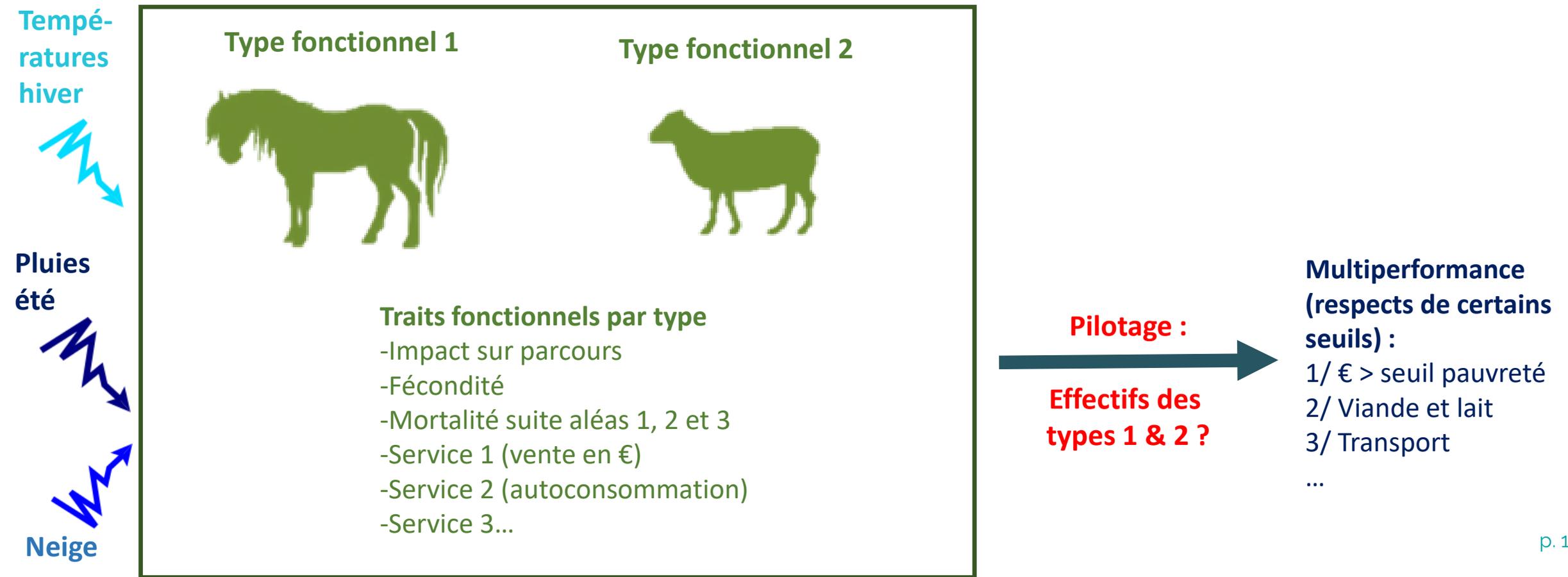


# 2. Illustrations

## > Poly-élevage en Mongolie

### Etude par modélisation après simplification du système pastoral

- Focus sur biomasse racinaire (potentiel de pousse) des zones de pâturage estival où se constituent les réserves de graisse
- Fusion des cinq espèces (caprins, ovins, bovins, chevaux, chameaux) en deux types fonctionnel



# 2. Illustrations

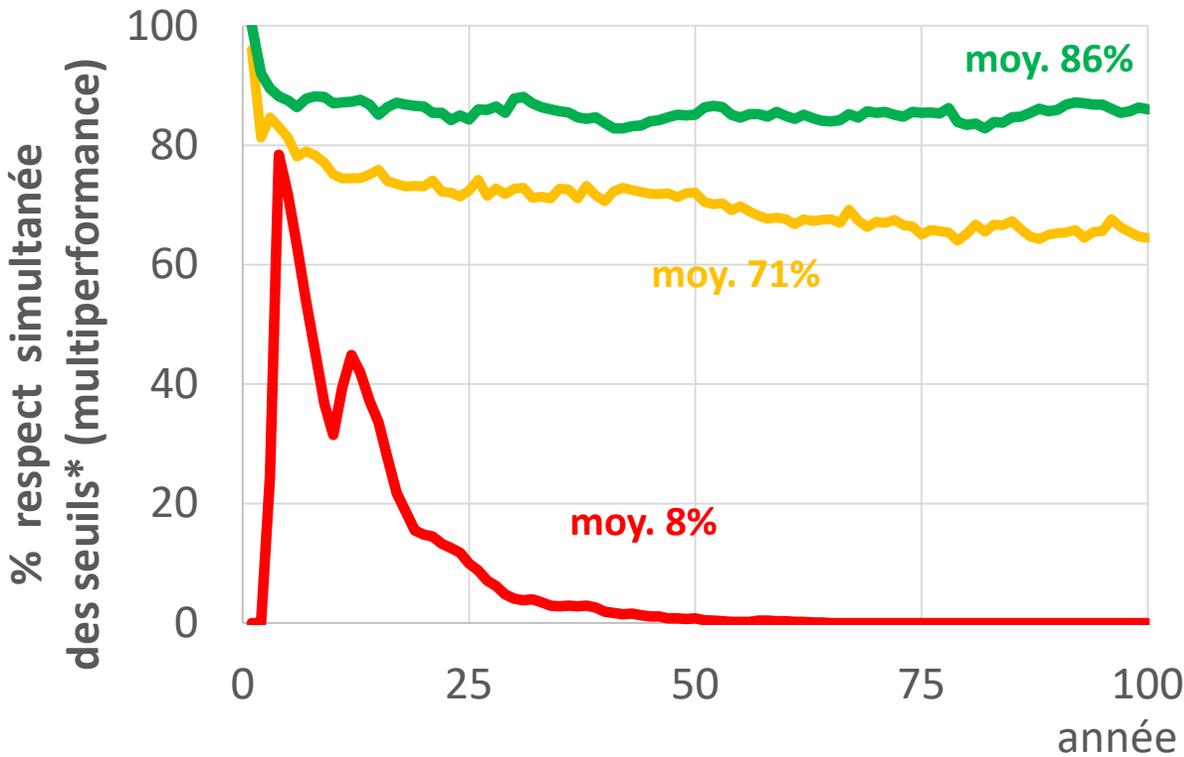
## > Poly-élevage en Mongolie

### Quelle règle de décision des effectifs animaux ?

- trop d'animaux -> dégradation parcours et risques et de mortalité
- pas assez d'animaux -> faible revenus et produits autoconsommation

- Multiperformance :**
- 1/ € > seuil pauvreté
  - 2/ Viande et lait
  - 3/ Transport
  - ...

Joly et al. 2022



**Algorithme de viabilité choisit effectifs en fonction état des parcours**

**Effectifs des deux types fonctionnels plafonnés (ventes au dessus du plafond)**

**Pas de règle (animaux régulés par aléas climatiques)**

\*1000 scénarios météo

## 2. Illustrations

### ➤ Poly-élevage en Mongolie

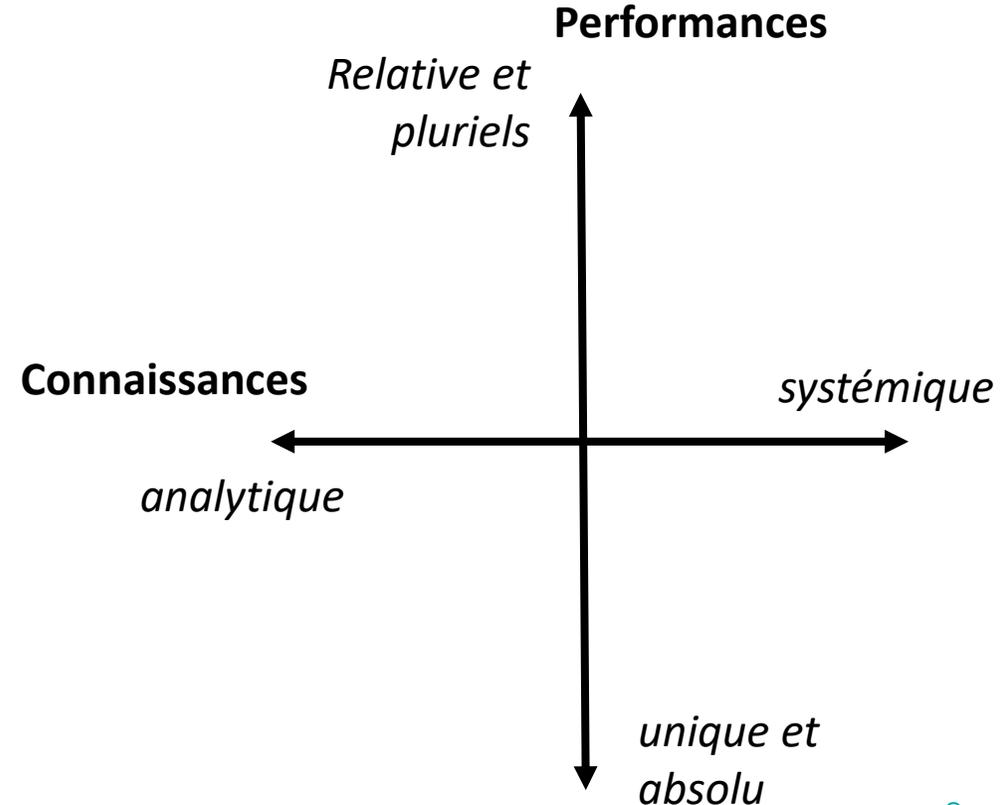
Comprendre	Evaluer	Piloter
Construction d'un <u>modèle mécaniste</u> après importante description empirique et <u>simplification</u>	Combinaison de <u>seuils de contraintes</u> à respecter (multiperformance)	Pilotage via un <u>algorithme de viabilité</u> (outil aide à la décision adaptatif)

### 3. Synthèse et perspectives de recherche

#### ➤ Forces et complémentarités des formalismes actuels

- Quelles pratiques pilotent quels processus ?
- Quels processus conduisent à quelles performances ?

<b>Comprendre</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nécessaire <u>simplification</u> de systèmes <u>complexes</u></li><li>• <u>Description</u> du fonctionnement plutôt que <u>compréhension</u> fine des processus ?</li></ul>
<b>Evaluer</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Apprécier la multi-performance en termes de <u>seuils / valeurs relatives</u></li><li>• Métriques <u>communes</u> à explorer (écologie, dynamique)</li></ul>
<b>Piloter</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recherche de <u>proxy</u> permettant de piloter ces processus complexes</li><li>• Enjeux de <u>prioriser les processus</u> que l'on souhaite piloter</li></ul>



### 3. Synthèse et perspectives de recherche

#### ➤ Take « poly » home message

- La **diversité** c'est bien, mais les **processus** sous-jacent sont **complexes**
- Enjeux de pouvoir **comprendre, évaluer** et **piloter** ces processus
- **Compromis** à trouver à la fois en termes de **multi-performances** mais aussi de niveau de **connaissances** de ces processus
- **Articulation** de différents **dispositifs de recherche** complémentaires : modélisation – expérimentation analytique – expérimentation système – réseaux de fermes, ...

« Accepter d'être globalement approximatif plutôt que précisément juste »

V. Bellon-Maurel



➤ Gestion et multi-performance des systèmes de polyélevage

Frédéric Joly (Herbivores, PHASE), Thomas Puech (ASTER, ACT), Fabien Stark (Selmet, PHASE)

## ➤ Références bibliographiques

- 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. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0065-6>.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.09.010>.
- Coquil, X., Fiorelli, J.L., Blouet, A., Mignolet, C., 2014. Experiencing organic mixed crop dairy systems: a step-by-step design centred on a long-term experiment. *Org. Farming, Prototype Sustain. Agric.*, S. Bello, S. Penvern. Ed. Springer 489, 201–217 (p., Germany).
- Dumont, B., Fortun-Lamothe, L., Jouven, M., Thomas, M., Tichit, M. (2012). Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal* (2013), 7:6, pp 1028–1043. doi:10.1017/S1751731112002418
- Garnett, T., Appleby, M.C., Balmford, A., Bateman, I.J., et al. (2013). Sustainable Intensification in Agriculture: Premises and Policies. *Science*, Vol 341. p 33-34. doi:10.1126/science.1234485
- 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. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr43.c2>.
- Latham, L.G., 2006. Network flow analysis algorithms. *Ecol. Model.* 192, 586–600. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.07.029>
- Malézieux, E. (2012) Designing Cropping Systems from Nature. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 15-29. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0027-z>
- Martin, G., Barth, K., Benoit, M., Brock, C., Destruel, M., Dumont, B., et al. (2020). Potential of multi-species livestock farming to improve the sustainability of livestock farms: A review. *Agricultural Systems* 181. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102821>
- Moraine, M. (2015) Conception et évaluation de systèmes de production intégrant culture et élevage à l'échelle du territoire. Thèse de doctorat de l'université de Toulouse.
- Puech, T., Stark, F. (2023). Diversification of an integrated crop-livestock system: Agroecological and food production assessment at farm scale. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 344. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108300>
- Ryschawy, J., Choisis, N., Choisis, J.P., Joanon, A., Gibon, A. (2012). Mixed crop-livestock systems: an economic and environmental-friendly way of farming? *Animal* (2012), 6:10, pp 1722–1730. doi:10.1017/S1751731112000675
- Ryschawy, J., Joanon, A., Choisis, J.P., Gibon, A., Le Gal P.Y. (2014). Participative assessment of innovative technical scenarios for enhancing sustainability of French mixed crop-livestock farms. *Agricultural Systems* 129, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.05.004>
- Ulanowicz, R.E., Goerner, S.J., Lietaer, B., Gomez, R., 2009. Quantifying sustainability: Resilience, efficiency and the return of information theory. *Ecol. Complex.* 6, 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2008.10.005>.
- Van Keulen, H., Schiere, H. (2004). Crop-livestock systems: old wine in new bottles? Paper presented at 4th International Crop Science Congress.