



➤ 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

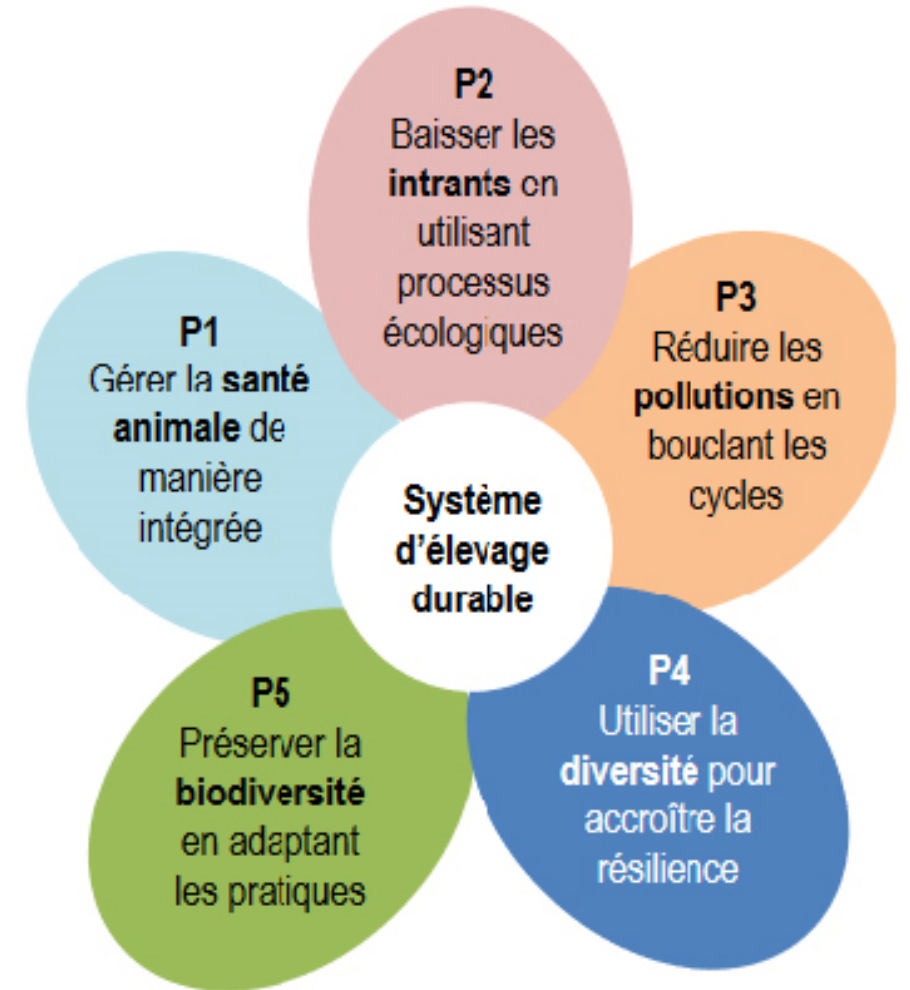
- Forces et complémentarités des formalismes actuels
- Faiblesses et voies d'amélioration et de recherche



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*)

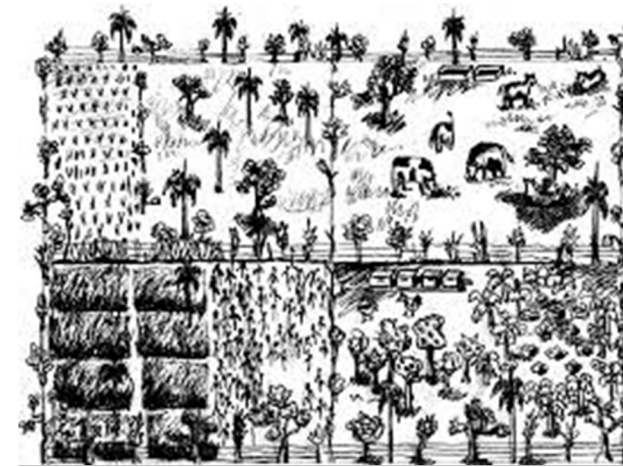


Dumont et al., 2013

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 » ?

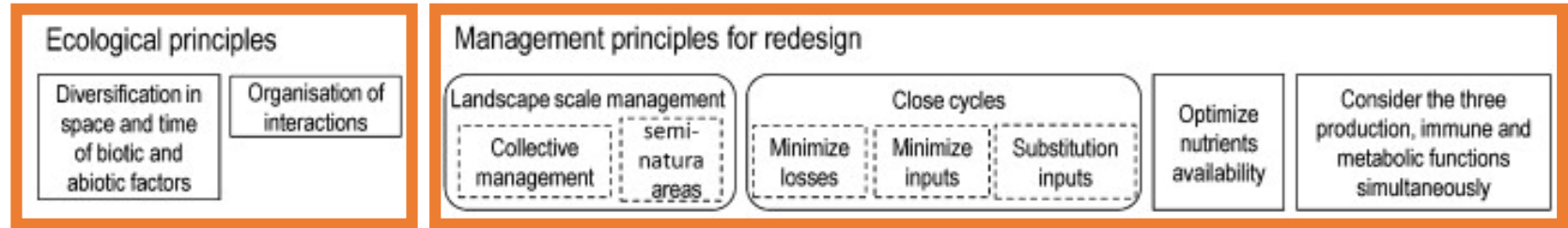
➤ Processus biologiques, pratiques agricoles et propriétés émergentes

Evaluer:

Performances attendues

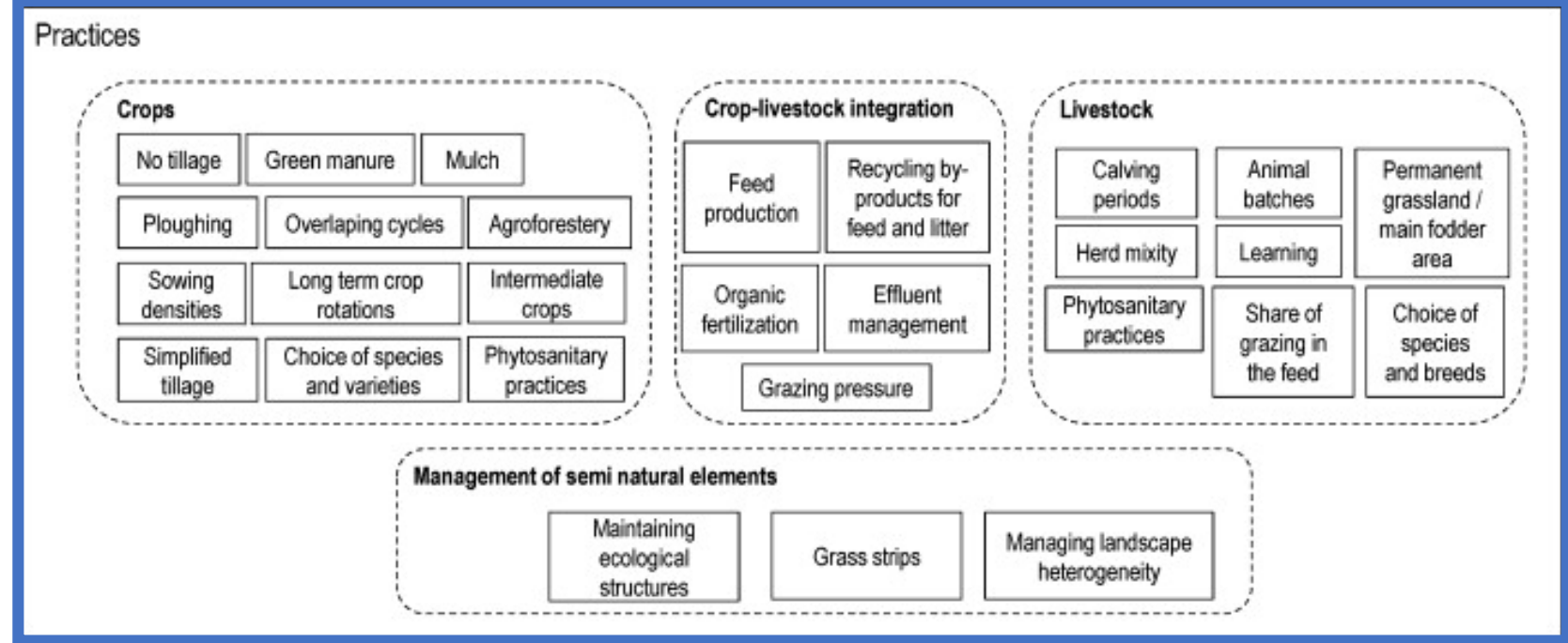


Quels processus conduisent à quelles performances ?



Comprendre:

Processus agroécologiques mobilisés



Quelles pratiques pilotent quels processus ?

Piloter:

Pratiques agricoles

2. Illustrations

➤ Poly-élevage en Auvergne

Polyélevage 1

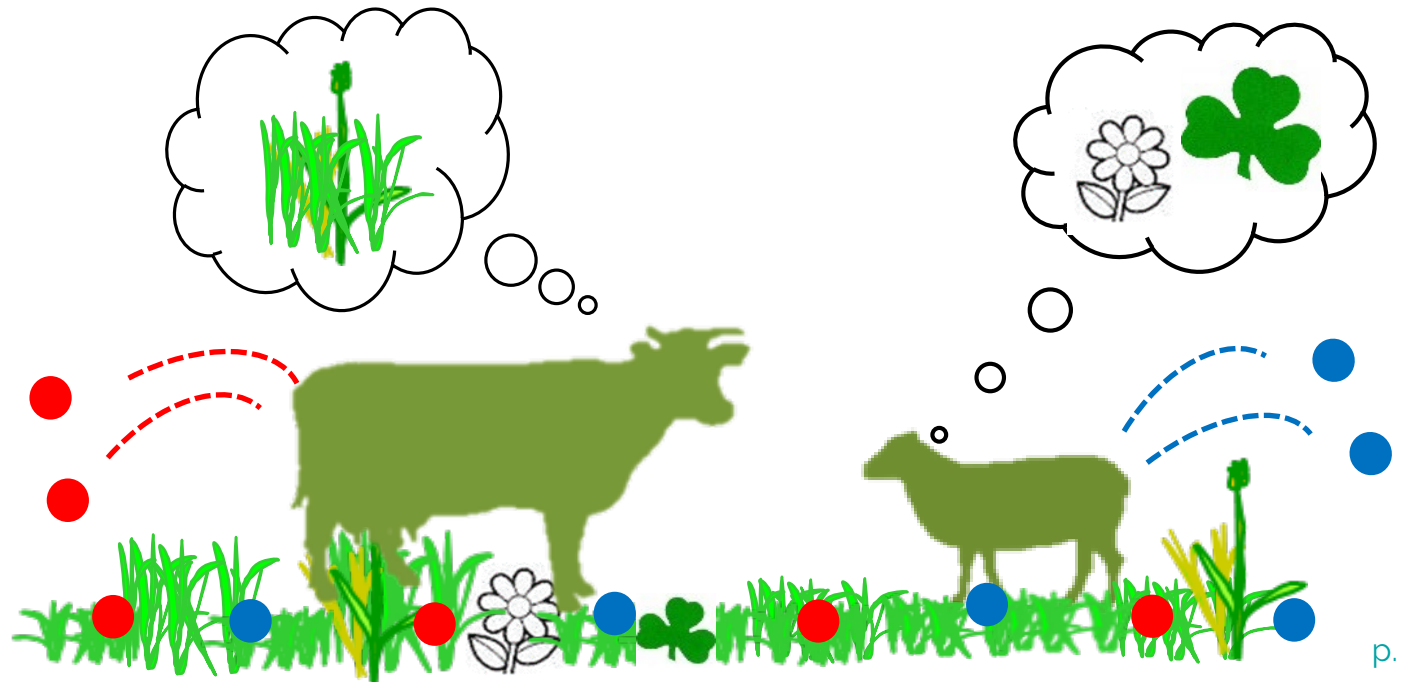
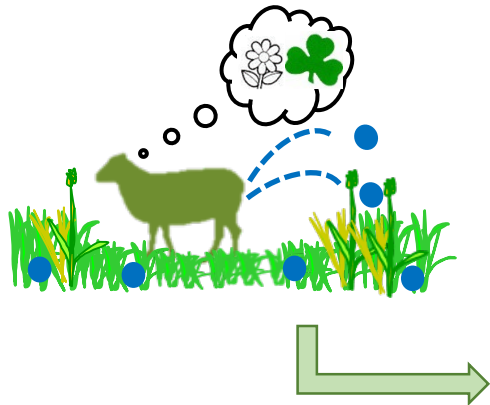
UE Herbipôle (Auvergne)



2. Illustrations

> Poly-élevage en Auvergne

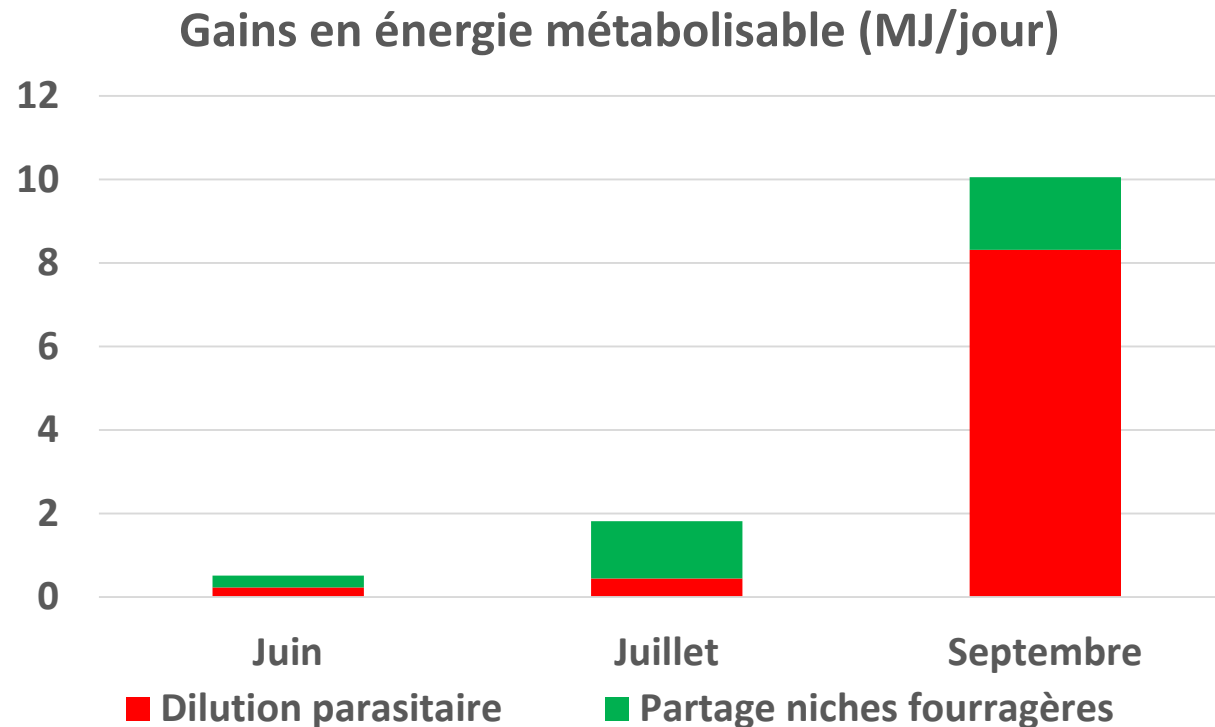
- **Mixité ovin bovin bénéficie aux ovins via deux mécanismes de nature différentes :**
 - Partage des niches fourragères
 - Dilution parasitaire



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

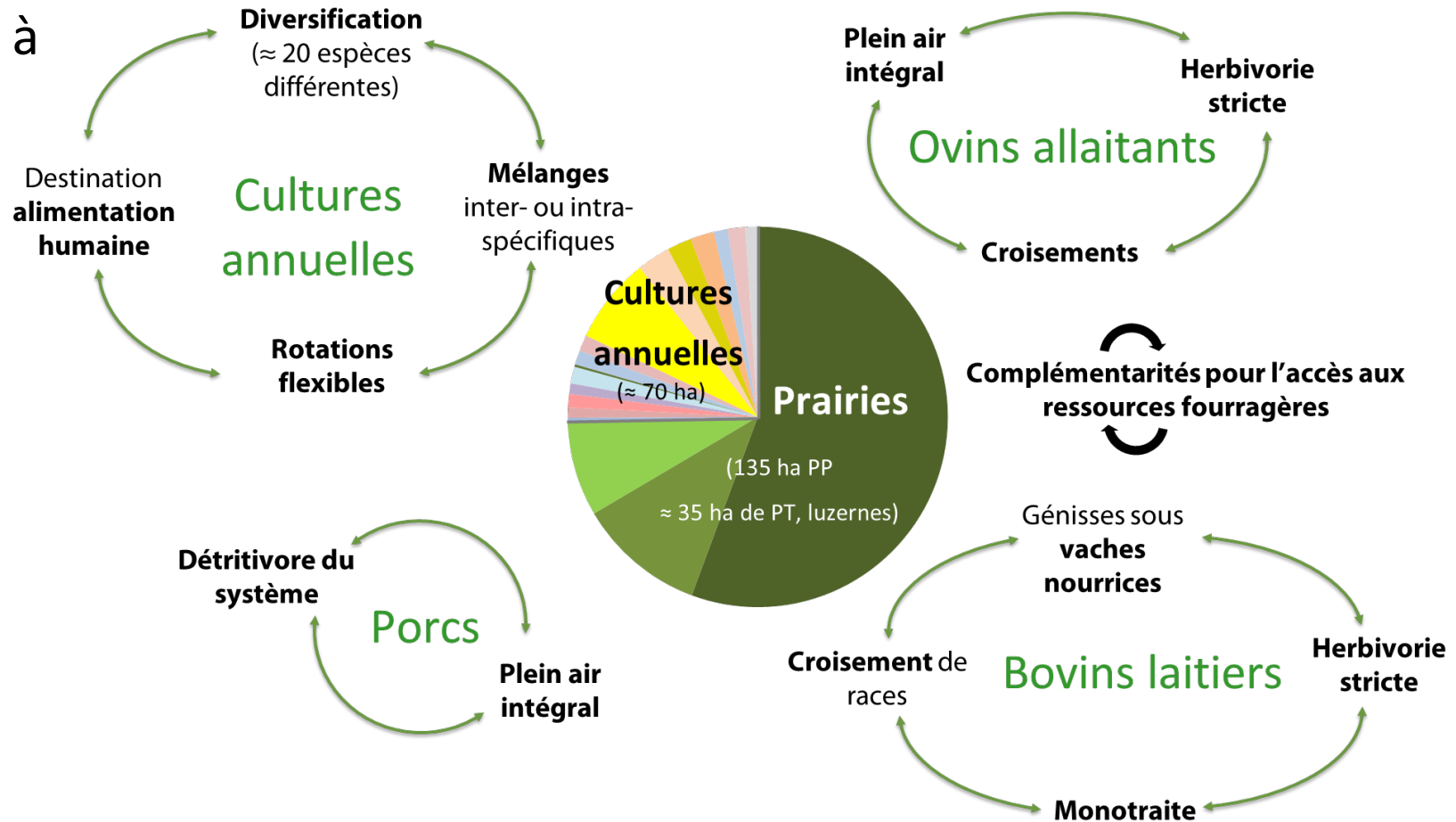
➤ Polyculture-élevage à Mirecourt

- 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

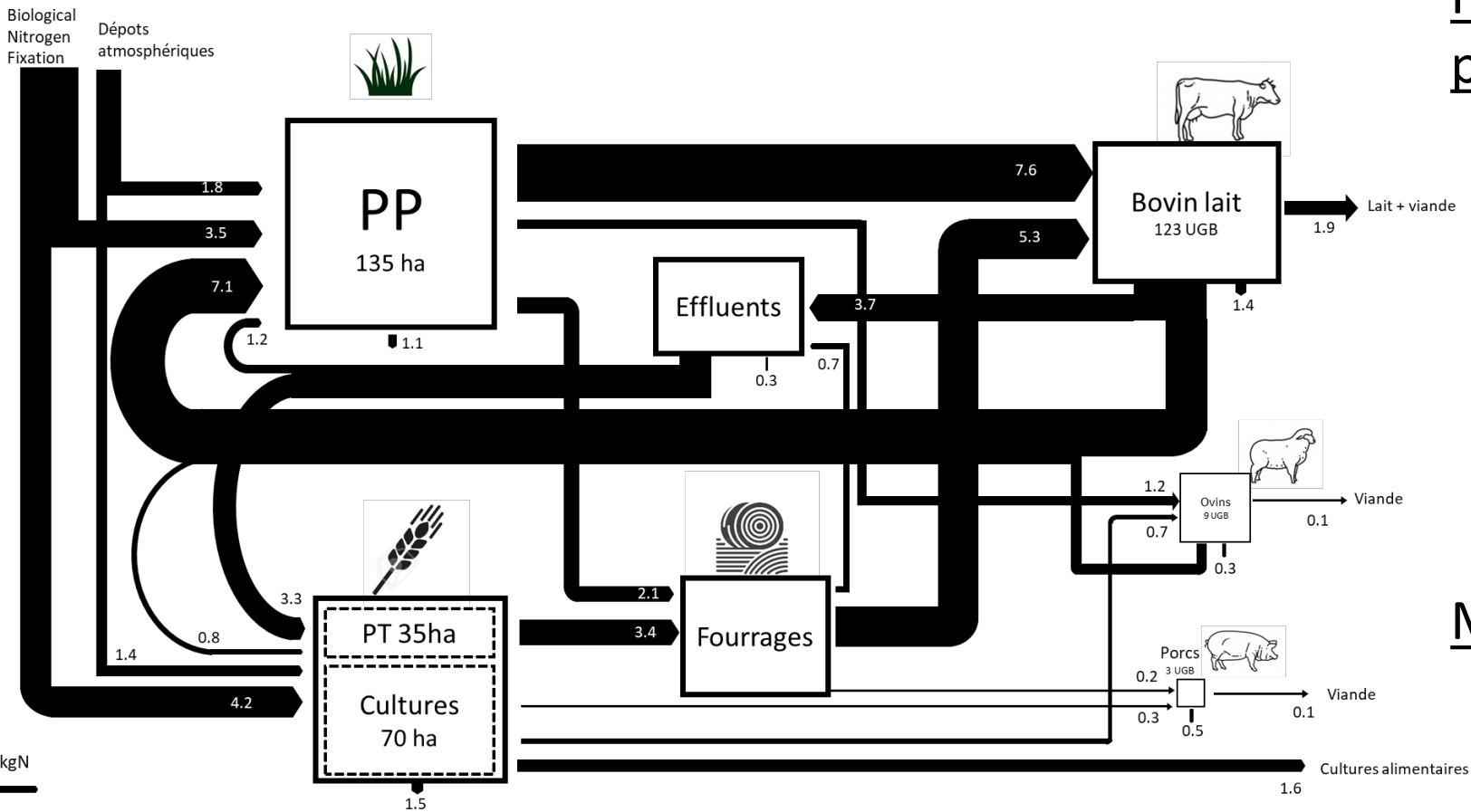
➔ « Faire au mieux avec les ressources du milieu » :
Autonomie (fourragère + N)



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

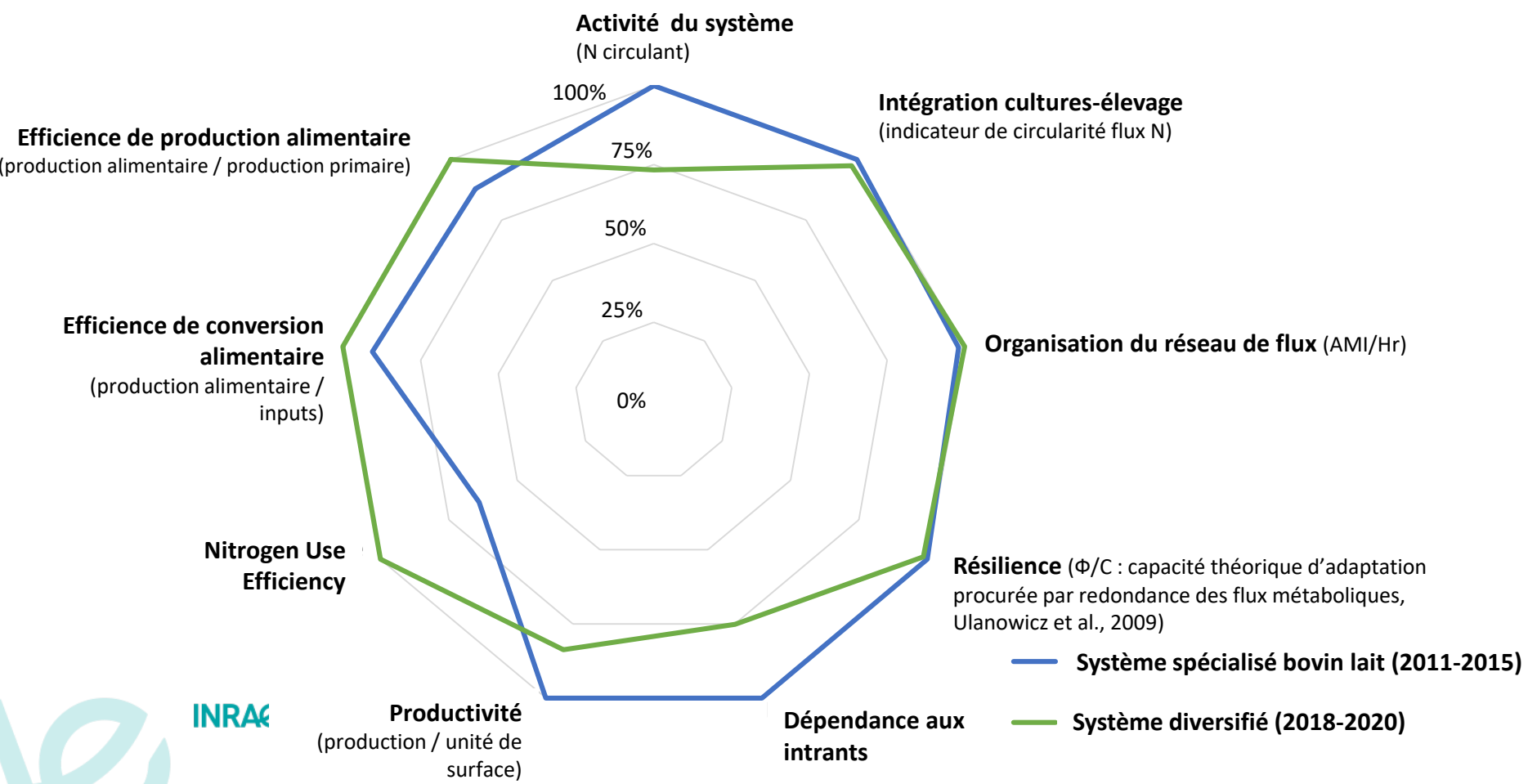
Répartition des flux N sur le système PAPILLE (2018-2020)

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 au sein d'un système diversifié.</u>	Métriques issues de l' <u>écologie</u> pour évaluer la multiperformance	Pilotage « simple » par des indicateurs de production (rendements, production laitière, croissance...), et adaptatif (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

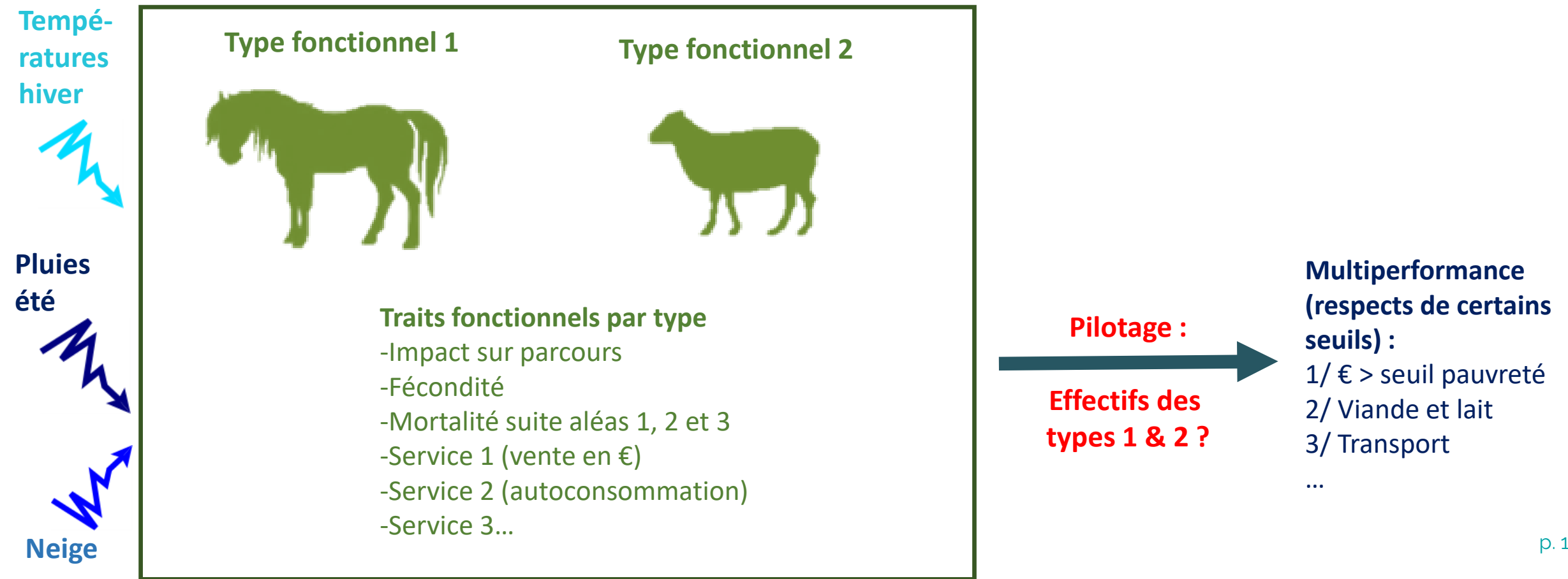


2. Illustrations

> 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

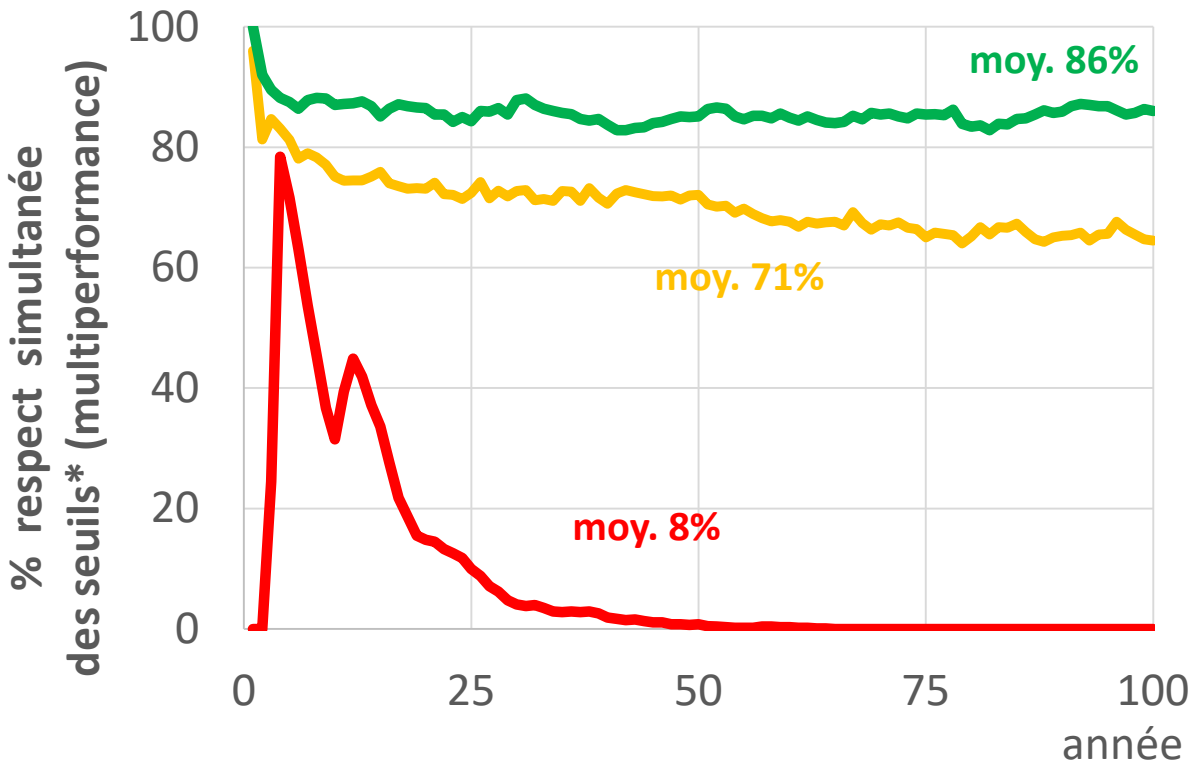
> Poly-élevage en Mongolie

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

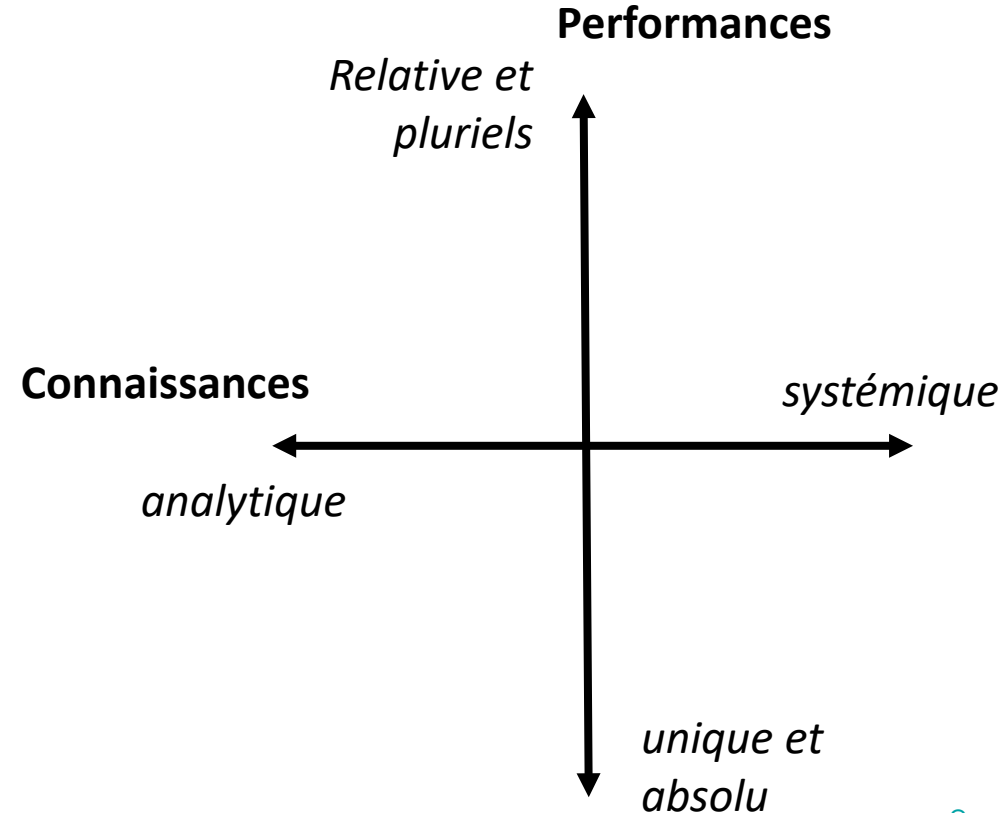
Comprendre	Evaluer	Piloter
Construction d'un <u>modèle mécaniste</u> après importante description empirique et <u>simplification</u>	Combinaison de <u>seuils de contraintes</u> à respecter (multiperformance)	Pilotage via un <u>algorithme de viabilité</u> (outil aide à la décision adaptatif)

3. Synthèse et perspectives de recherche

➤ Forces et complémentarités des formalismes actuels

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

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



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.