



HAL
open science

Diversification d'un système de polyculture-élevage bovin laitier autonome : les complémentarités cultures-élevages pour l'alimentation humaine

Thomas Puech, Fabien Stark

► To cite this version:

Thomas Puech, Fabien Stark. Diversification d'un système de polyculture-élevage bovin laitier autonome : les complémentarités cultures-élevages pour l'alimentation humaine. Séminaire annuel du RMT SPICEE, RMT SPICEE, Dec 2022, PARIS, France. hal-03897907

HAL Id: hal-03897907

<https://hal.inrae.fr/hal-03897907v1>

Submitted on 14 Dec 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Diversification d'un système de polyculture-élevage bovin laitier autonome : les complémentarités cultures-élevages pour l'alimentation humaine

Thomas Puech^{1}, Fabien Stark²*

¹ INRAE, UR ASTER, 88500 Mirecourt, France

² INRAE, Univ. Montpellier, CIRAD, Montpellier Supagro, UMR SELMET, 34000 Montpellier, France

** thomas.puech@inrae.fr*

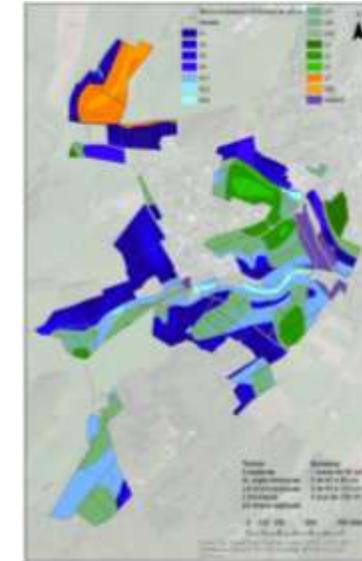
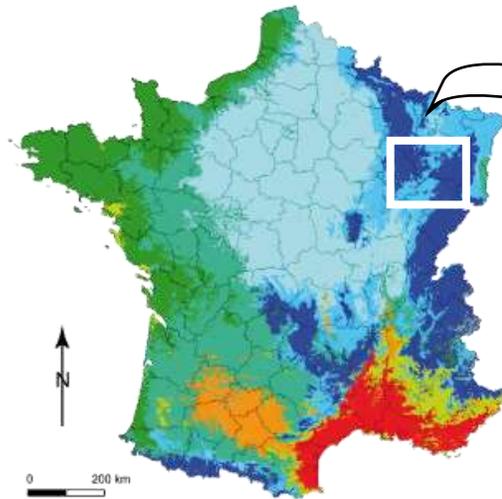
Introduction

- Spécialisation croissante des exploitations et des territoires depuis les années 1970
- **Conséquences de cette spécialisation** (Billen et al., 2014, Schott et al., 2018, Therond et al., 2017, Mignolet et al., 2012) :
 - Systèmes alimentaires organisés à l'échelle mondiale
 - Dépendance des agrosystèmes aux intrants (engrais, alimentation animale;)
 - Diminution du nombre d'exploitations et agrandissement
 - Recul des systèmes en polyculture-élevage (zones périphériques)
 - Environnementales : ressources en eau, biodiversité...
- **Raréfaction des ressources non renouvelables** (Pinsard, 2022) + augmentation du coût des intrants (énergie, alimentation animale, engrais)
 - ➔ Regain d'intérêt pour les systèmes autonomes, intégrant cultures et élevages
- **Concurrences d'usage des sols (alimentation humaine / animale – Mottet et al., 2017) ?**
 - ➔ Arbitrages dans l'usage des ressources & performances des systèmes ?

Introduction

- Objectif : impact de la diversification pour l'alimentation humaine d'un système polyculture-élevage autonome

Montagne
semi-continentale et le climat des marges montagnardes
océanique dégradé des plaines du Centre et du Nord
Océanique altéré
Océanique franc
Méditerranéen altéré
Bassin du Sud-Ouest
Méditerranéen franc



Joly et al, 2015

Installation expérimentale INRAE ASTER Mirecourt :

- Expérimentation « système » à l'échelle ferme entière
- Conception « pas à pas »
- 240 ha (135 ha de PP, 105 ha de terres labourables)
- Climat semi-continentale, sols à dominance argileuse

Matériel et méthodes

- 1 installation expérimentale – 2 systèmes expérimentés



Système laitier (2011-2015)

Système diversifié (2018-2020)

Choix stratégiques		
Autonomie	Aucun achat/vente de fertilisants ou Fourrages	
Degré de diversification	Spécialisé en production laitière (prairies et cultures annuelle fourragères) + blé meunier	Très diversifié : 3 espèces animales (bovin lait, ovins allaitants, porcs) et 20 cultures annuelles
Destination des cultures	Cultures annuelles = alimentation humaine et animale (bovin lait)	Cultures annuelles = alimentation humaine <u>seulement</u> , Ruminants strictement herbivores, porcs détritivores
Productions végétales		
Prairies permanents (ha)	135	135
Prairies temporaires (ha)	47.2	41.8
Cultures annuelles (ha) → Feed	33.3	0
Cultures annuelles (ha) → Food	26.0 (blé + seigle)	64.7 (20 espèces : Blé, orge, avoine, lentilles, pois, légumes...)
Productions animales		
Bovin lait (UGB)	170.7 (Holstein & Montbéliard // pâturage + foins + concentrés // double traite // 1 ^{er} vêlage à 36 mois)	124.2 (croisement // herbivorie stricte // monotraite // Génisses sous nourrices = 1 ^{er} vêlage à 24 mois)
Ovins (UGB)	0	18.8 (plein air intégral, herbivorie stricte)
Porcs (UGB)	0	3.9 (plein air intégral, alimentés avec productions non commercialisables)
Chargement (UGB/ SFP)	0.8	0.85

Matériel et méthodes

Systeme étudié



1. Conceptualisation

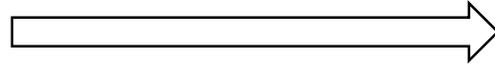
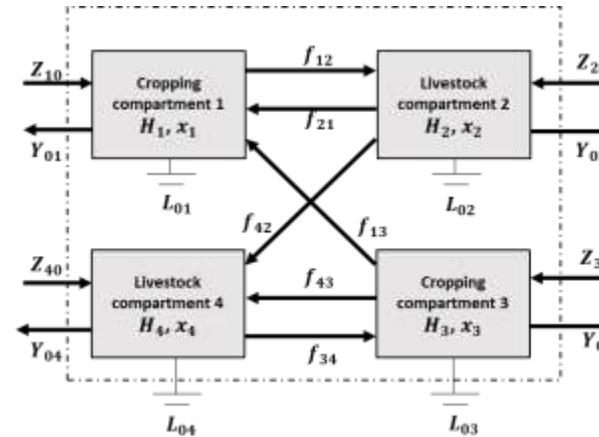
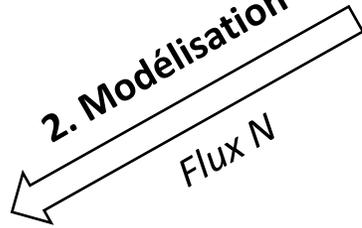


Diagramme de flux



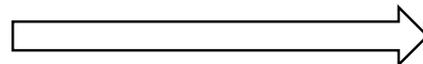
2. Modélisation



Matrice de flux

	Import	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄
H ₁	Z _{1,0}	0	f _{1,2}	f _{1,3}	f _{1,4}
H ₂	Z _{2,0}	f _{2,1}	f _{2,2}	f _{2,3}	f _{2,4}
H ₃	Z _{3,0}	f _{3,1}	f _{3,2}	f _{3,3}	f _{3,4}
H ₄	Z _{4,0}	f _{4,1}	f _{4,2}	f _{4,3}	f _{4,4}
Export	0	Y _{0,1}	Y _{0,2}	Y _{0,3}	Y _{0,4}
Dissipation	0	D _{0,1}	D _{0,2}	D _{0,3}	D _{0,4}
Stock	0	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄

3. Analyse



Intégration cultures-élevages	Activité du système	Performances / alimentation humaine
	Intensité	
Organisation		
Performances	Efficiéce	
	Productivité	
	Autonomie	
	Résilience	

Ecological Network Analysis : Rufino et al. (2008), Ulanowicz et al. (2009), Fath et al. (2019)
 Agronomie : Allwood et al. (2013), Godinot et al. (2020),

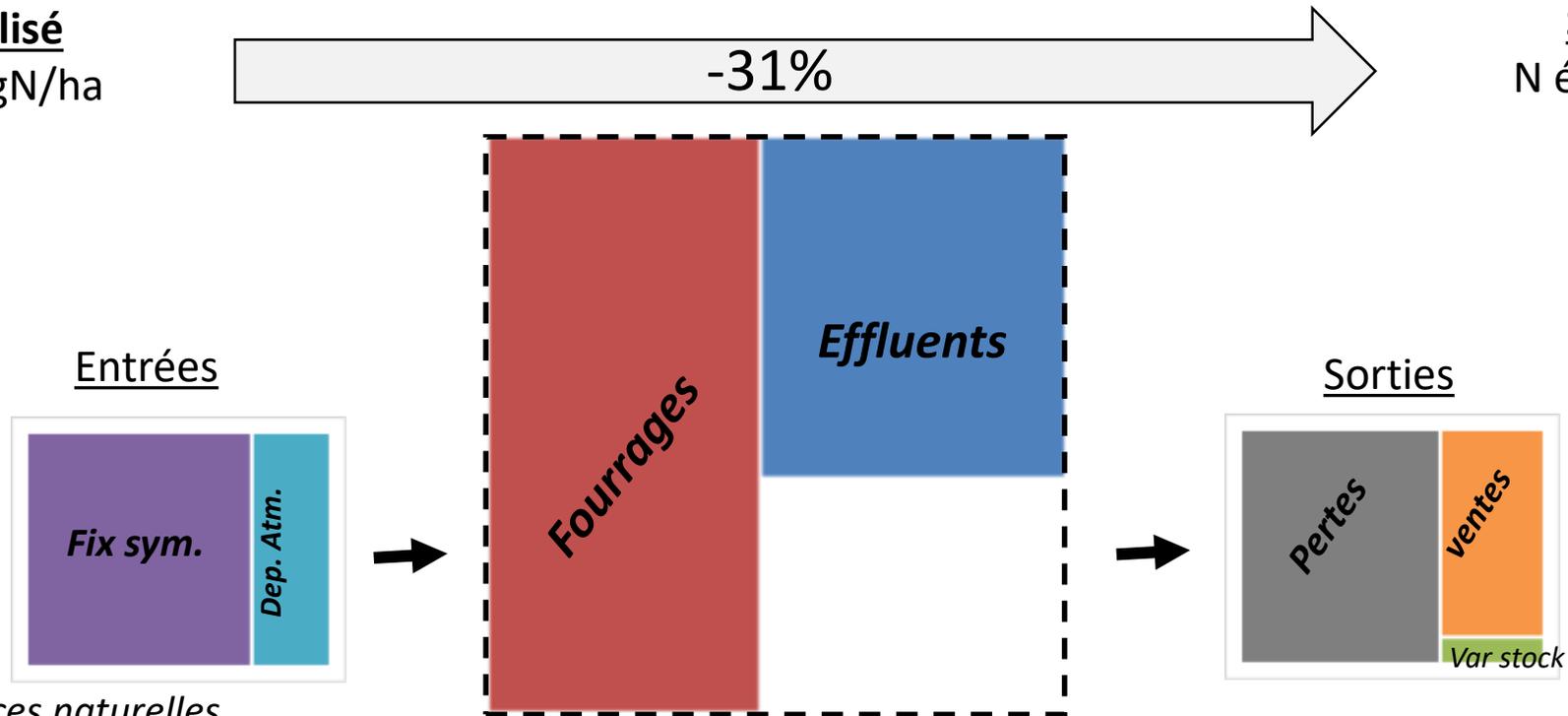
Résultats : Métabolisme

Différence principalement dûe à :

- Réduction des effectifs animaux totaux
- 3 années de sécheresse (déficit hydrique estival : -346mm 2018-2020; -146mm 2011-2015)

Systeme spécialisé
N échangé : 288kgN/ha

Systeme diversifié
N échangé : 208 kgN/ha



Intrants : 100% ressources naturelles

- 70% fix. symbiotique,
- 30% dépôts atmosphériques

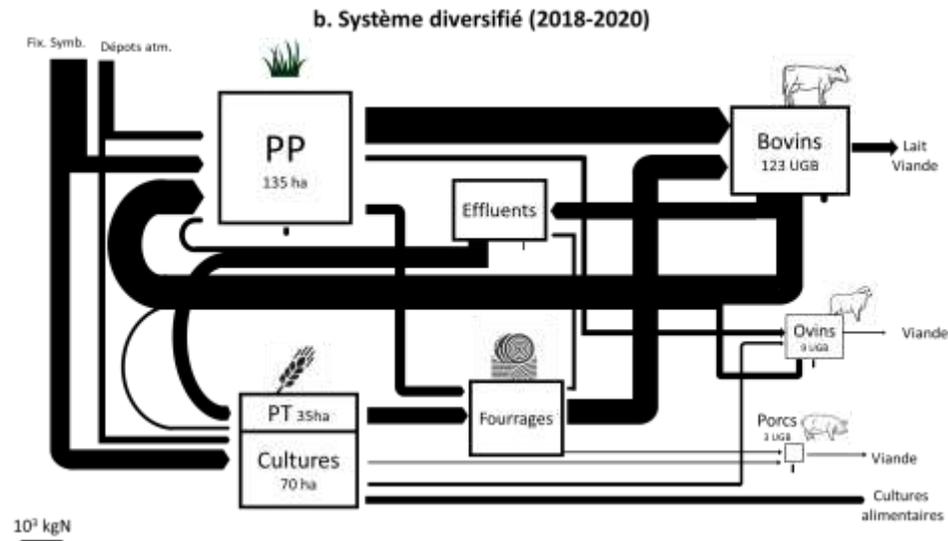
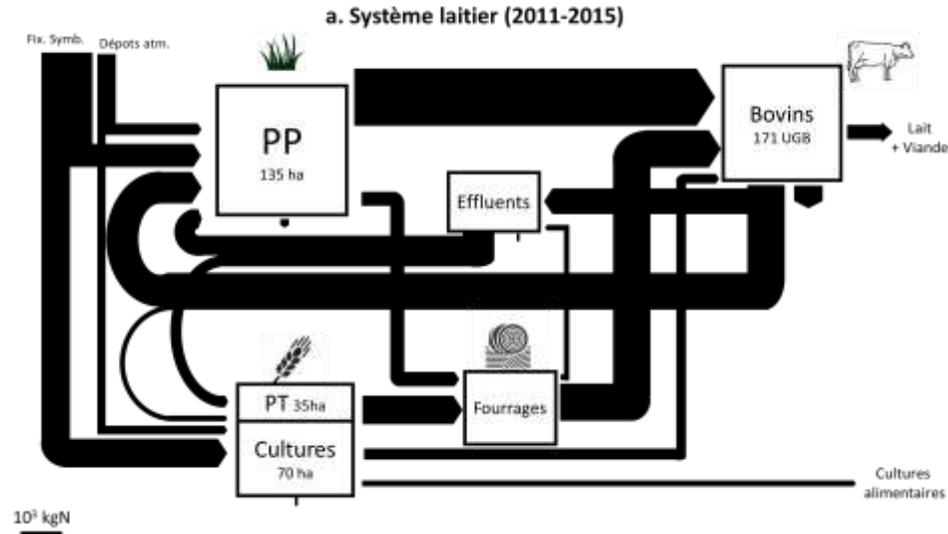
Flux internes : intégration cultures/élevages

- 75% de l'activité du système

- L'autonomie basée exclusivement sur l'intégration cultures-élevages et des ressources renouvelables
- Rôle central de l'intégration cultures-élevage dans le système

Résultats

	Système laitier (2011-2015)	Système diversifié (2018-2020)
Productions animales exportées (lait + viande)	3 258 kgN	2 088 kgN
Cultures alimentation humaine	1 146 kgN	1 614 kgN
Productivité totale « alimentaire »*	18.3 kgN/ha	15.4 kg/ha

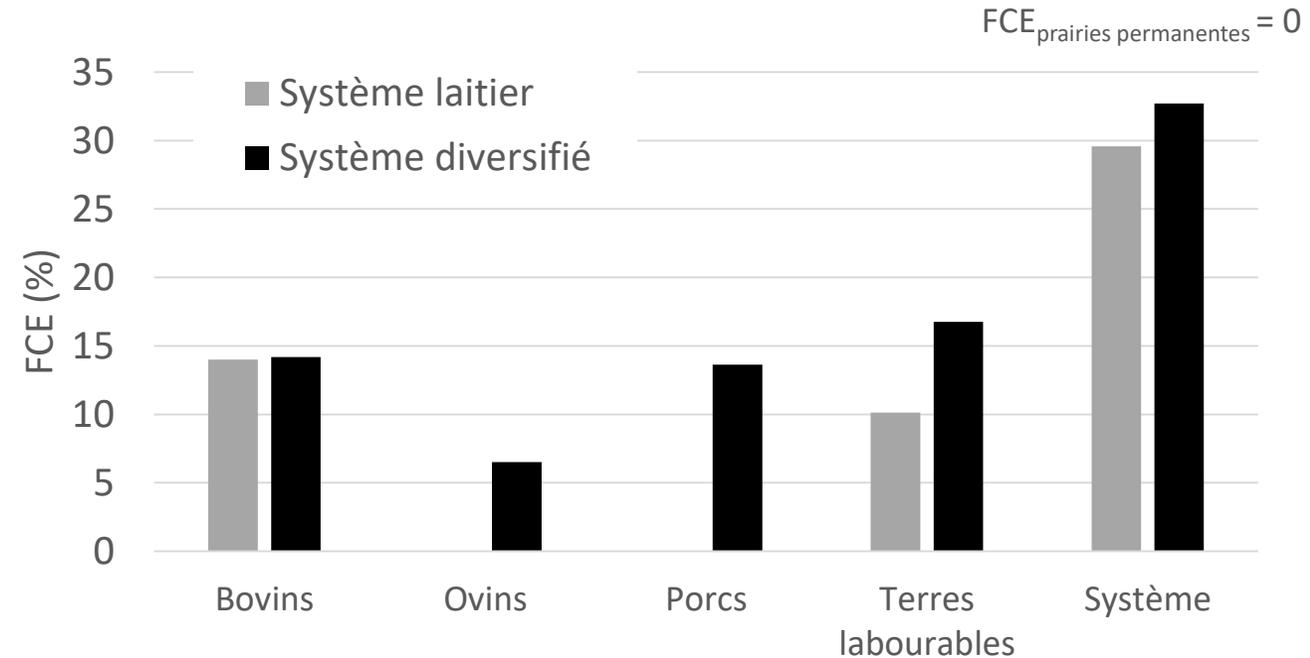
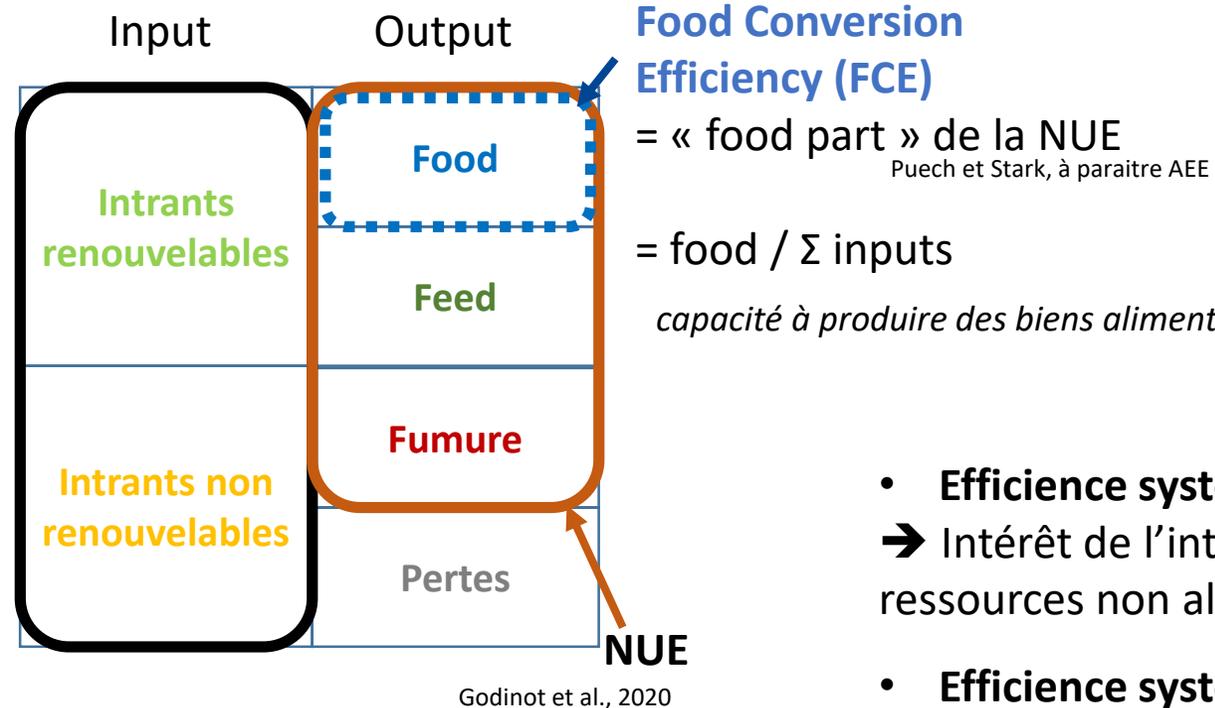


- Productions animales
 Productions végétales
- ❖ Réduction de la production alimentaire totale dans le système diversifié (-16%)
- ❖ Métabolisme du système diversifié reste dominé par la production laitière

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

Résultats

- Focus sur l'efficacité



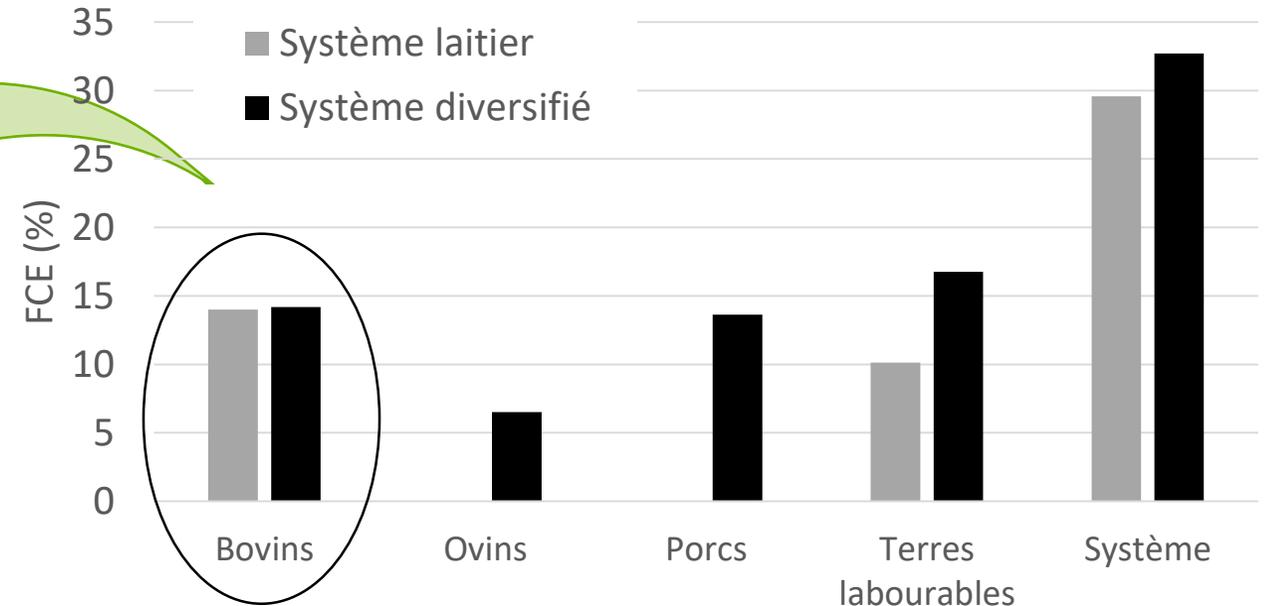
- **Efficacité système > efficacité des composants prises isolément**
→ Intérêt de l'intégration cultures-élevages & rôle des animaux pour valoriser des ressources non alimentaires (prairies)
- **Efficacité système diversifié > système spécialisé (sur NUE ou FCE)**
→ Moins de pertes dans le système diversifié (pertes/TST = 10%) que dans le système spécialisé (pertes/TST = 14%)
→ Une production alimentaire « plus directe » dans le système diversifié

Résultats

Petit focus sur la production laitière...



FCE_{prairies permanentes} = 0



- $FCE_{\text{bovins}} - \text{système spécialisé} \approx FCE_{\text{bovins}} - \text{système diversifié}$

➔ Perte de production liée au passage à la monotraite compensé en grande partie par une augmentation des taux de matière utile, un changement de régime alimentaire et une avancée de l'âge au premier vêlage.

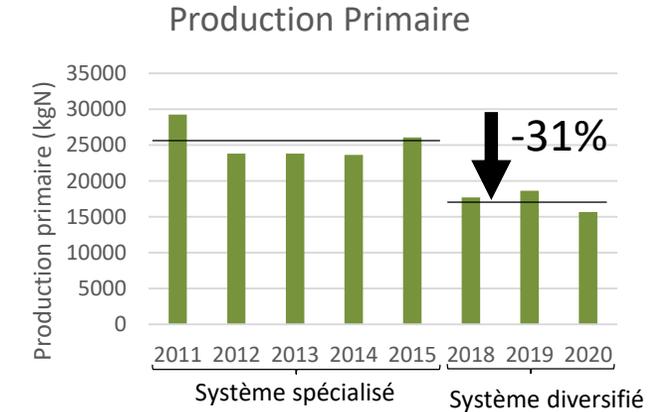
	Système spécialisé 2011-2015	Système diversifié 2018-2020
Production laitière (l/VL/an)	5 507	3 313
TB-TP (g/kg)	42 – 33	47 – 36
Concentrés (g/ VL / j)	431	0
Age au 1 ^{er} vêlage (mois)	36	26.6
UGB bovins improductifs (%)	22.2	21.1

Résultats

Efficiences du système / conditions de milieu ?

Hypothèse : la production primaire est un proxy des conditions de milieu.

	Système spécialisé	Système diversifié
Productions alimentaires (lait + viande + cultures)	4 314 kgN	3 690 kgN
Production primaire produite (dont part pâturée)	25 324 kgN (59%)	17 054 kgN (60%)
Production primaire consommée	24 737 kgN Excédent + 2.3%	17 511 kgN Déficit : - 2.6 %
Efficiences de production alimentaire	17.4 %	21.1 %



Avril-octobre	Système spécialisé	Système diversifié
PRCP (mm)	484	363
ETP (mm)	628	711
Déficit hydrique P-ETP (mm)	- 144	- 348

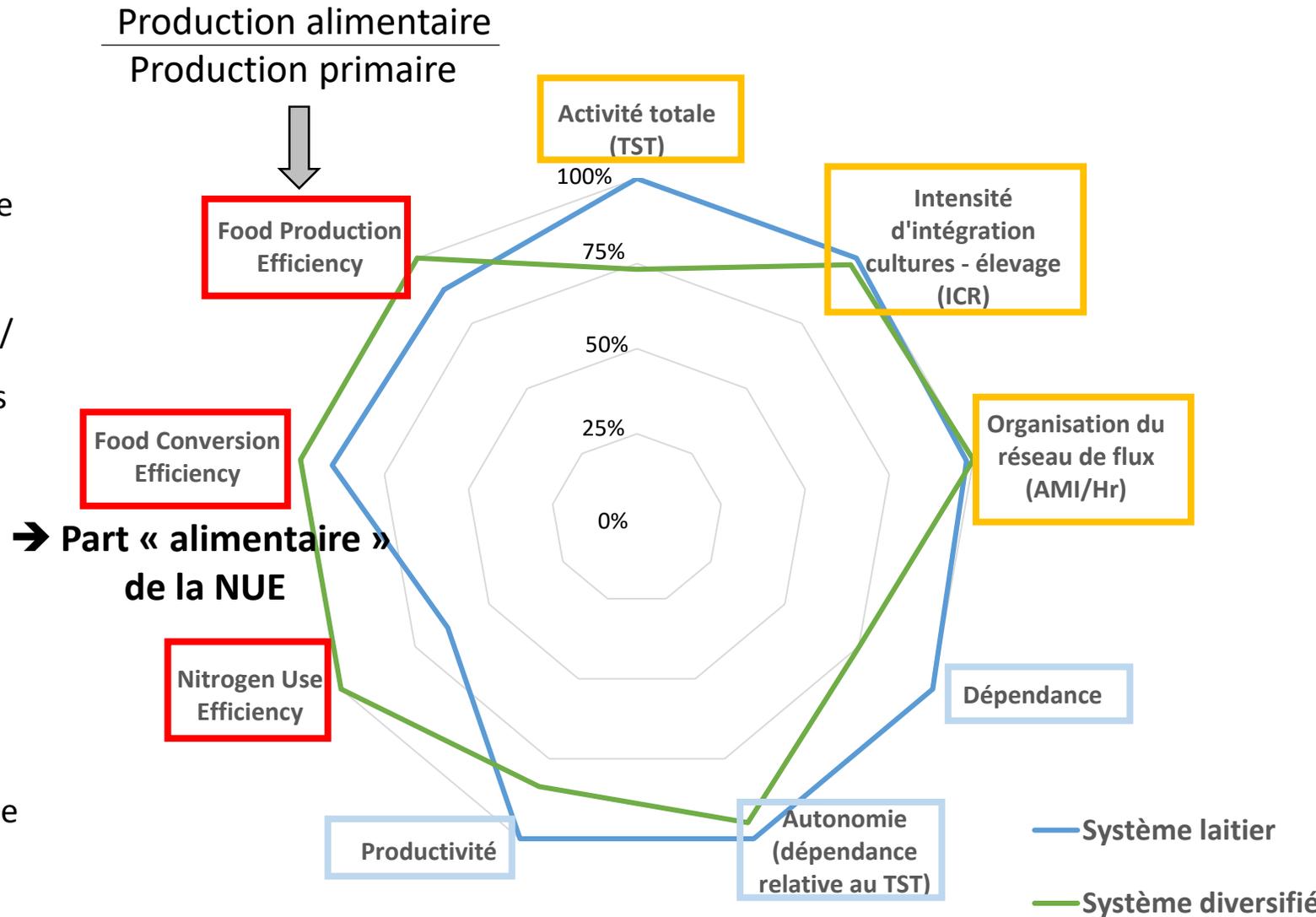
+ 140%

Creusement du déficit hydrique estival

- déficit de pousse de l'herbe (complémentation des anx au pâturage et moindres récoltes de foins/regains)

Résultats : synthèse

- Intégration cultures-élevages :
 - L'activité du système spécialisé > système diversifié
 - Caractéristiques d'intégration (intensité / organisation) similaires entre les deux systèmes
- Performances agroécologiques :
 - Système spécialisé plus productif
 - ... mais aussi avec le plus d'intrants (naturels)
- Efficences
 - Le système diversifié est plus efficient (quelle que soit l'efficience considérée)



Valeurs exprimées en % de la valeur la plus élevée

Conclusion - perspectives

- Deux systèmes très autonomes
 - Complémentarités cultures-élevages à l'échelle du système agricole.
 - Rôle des productions animales pour valoriser des ressources non valorisables en alimentation humaine

➔ Bouclage cycles + intrants renouvelables

- Le système diversifié moins productif mais plus efficient que le système spécialisé

➔ Tensions / compromis entre certaines propriétés émergentes des deux systèmes ?

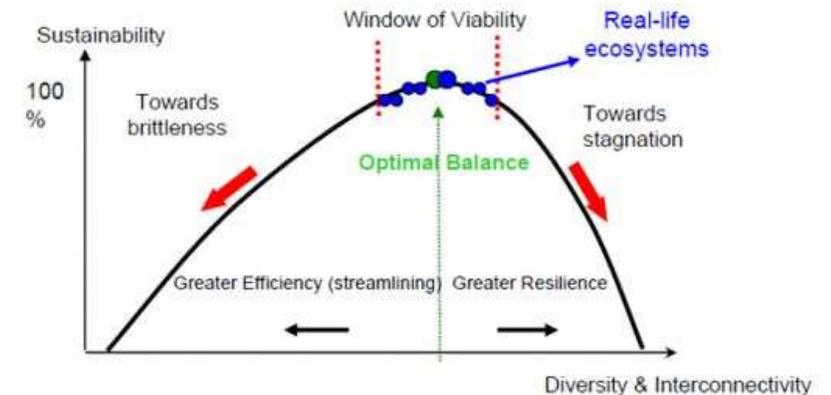


Figure 2: The "Window of Viability" in which all sustainable natural ecosystems operate. Complex natural ecosystems invariably operate within a fairly narrow range on each side of the Optimum point.

Tradeoffs between properties in ecosystems
Lietner et al. (2010)

Conclusion - perspectives

- Focus performances alimentation humaine
 - ➔ Contribuer aux débats sur l'usage des sols en agriculture feed / food (/ fiber).
- Prise en compte des conditions de milieu pour l'études des systèmes agricoles ?
 - ➔ Analyse des dynamiques temporelles des systèmes
 - ➔ Quels mécanismes de régulation en environnement changeant (changement climatique) ?

Merci de votre attention



Cette présentation a fait l'objet d'un article à paraître dans *Agriculture, Ecosystems, Environment* :

Puech, T., Stark, F. *Diversification of an integrated crop-livestock system: agroecological and food production assessment at farm scale*. Accepted in *AGEE* 2022

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)
- 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
- 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.
- 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.
- 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*.
- 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.