

Flux d'azote et énergétique d'exploitations en agriculture biologique avec des modes de fertilisation atypiques

BELLANGER Quentin¹, BELINE Fabrice¹, WILFART Aurélie¹, VERGELY Fanny¹, EVENAT Yann², BIZE Niels², HARCHAOUI SOUHIL¹

¹ INRAE, Institut Agro, SAS, 35 000 Rennes, France

² FRAB-GAB, 35 000 Rennes, France



Contexte

- Développement de l'agriculture biologique (AB) impulsé par l'UE (UE, 2020).
- Le développement de l'AB est limité par la disponibilité de l'azote (N) (Billen et al., 2021) et passe par un meilleur bouclage des cycles biogéochimiques (Barbieri et al., 2021) → mieux renseigner les pratiques de fertilisation des exploitations agricoles (EA)
- L'un des principes de l'AB est de réduire la consommation d'énergies fossiles peu renseignée dans la littérature (Pimentel et Pimentel, 2007)

→ Comprendre le fonctionnement N-énergie des EA en AB

Matériel et méthode : enquêtes en EA



- SAU: 29.9ha
- Ferti : production fumier bovin, déjections

- SAU: 11.3ha
- Ferti : compost et broyat déchets verts, tourteau ricin (40t/an)



- SAU: 40ha
- Ferti : Fumier ovins, déjections



- SAU: 47.1ha
- Ferti : litière accumulée porc, déjections porc et brebis



- SAU: 44.5ha
- Ferti : import fumier volaille et bovins (130t/an)



- ◆ Polyculture élevage
- Céréaliier
- Maraichage

- SAU: 0.6ha
- Ferti : feuilles, foin (2.8t/an); couverts vgtx



- SAU: 0.7ha
- Ferti : Couverts vgtx, compost et broyat déchet vert (7t/an)

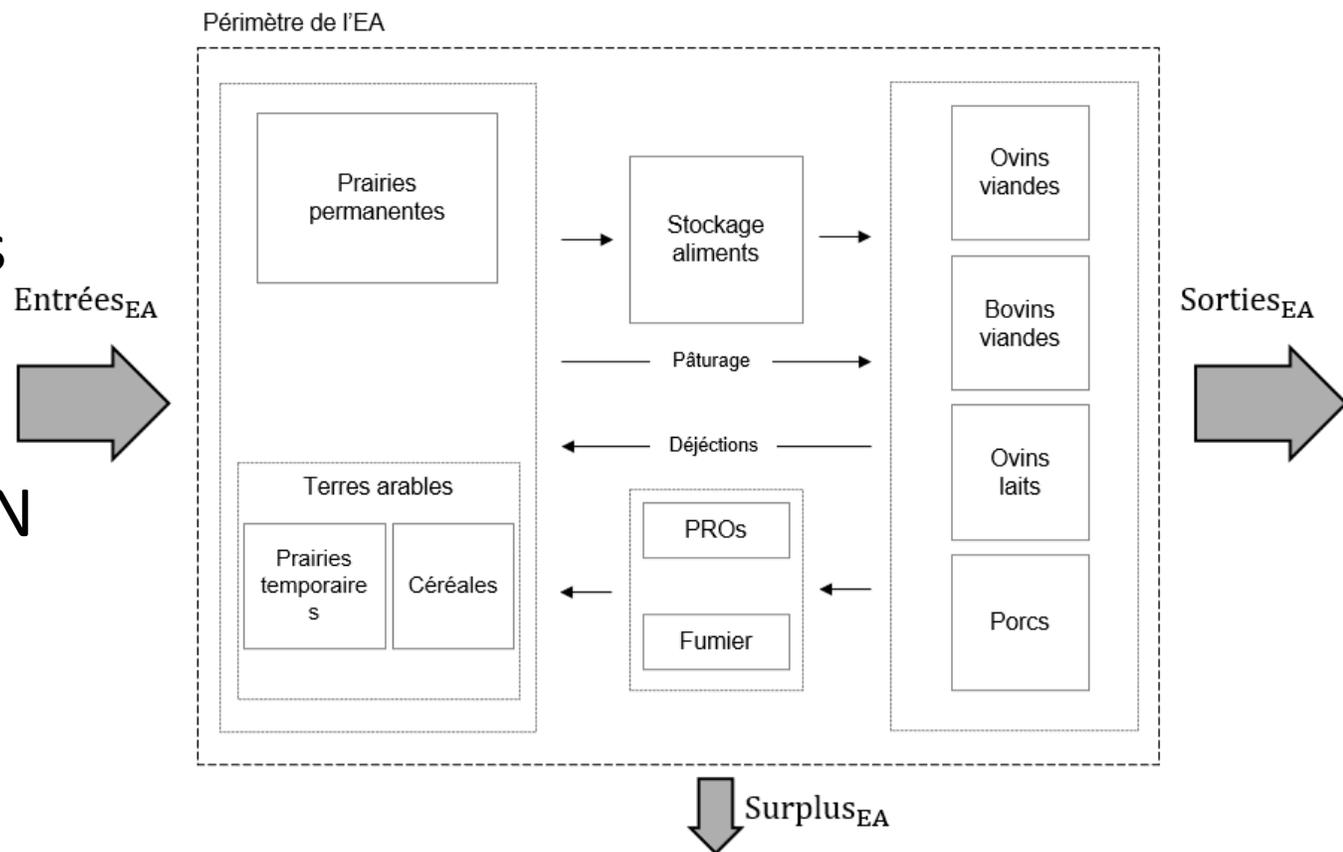


- SAU: 47.1ha
- Ferti : Fumier bovins, déjections



Matériel et méthode : conceptualisation

- Périmètre de la ferme → **SAU**
- Compartimentation des ateliers productifs
- Analyse des flux de matières : réseaux internes et externes d’N (kg N)



Matériel et méthode : implémentation

Dep. Atm. :

12 kg N·ha⁻¹·an⁻¹ (FAO, 2023)

Fix. Symb. :

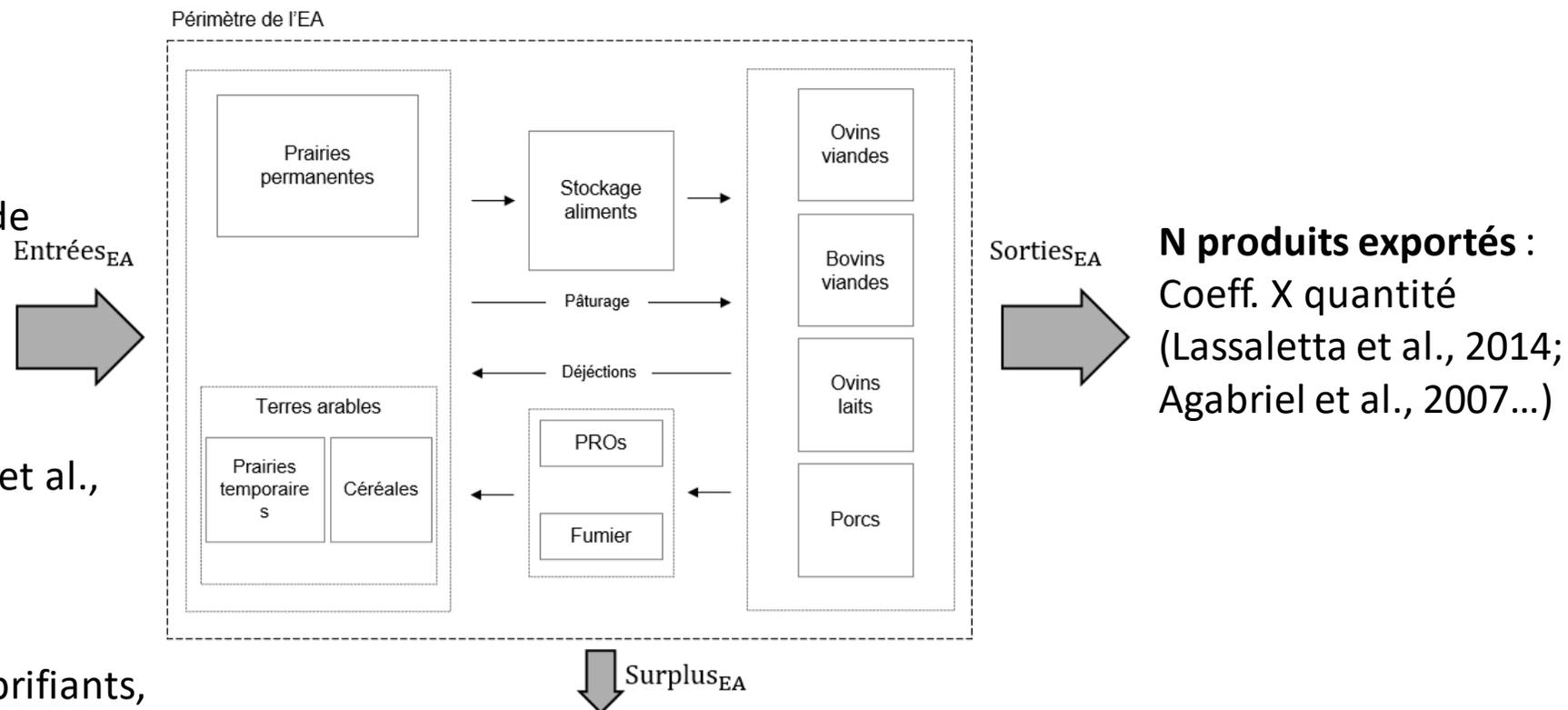
- Anglade et al. (2015)
- PP et PT : % leg X ha X coeff. de fixation

N produits importés :

Coeff. X quantité
(Lassaletta et al., 2014; Agabriel et al., 2007...)

Energie :

- Directe (électricité, diesel, lubrifiants, ETA, transport) (Agribalyse)
- Humaine (Fluck, 1992)

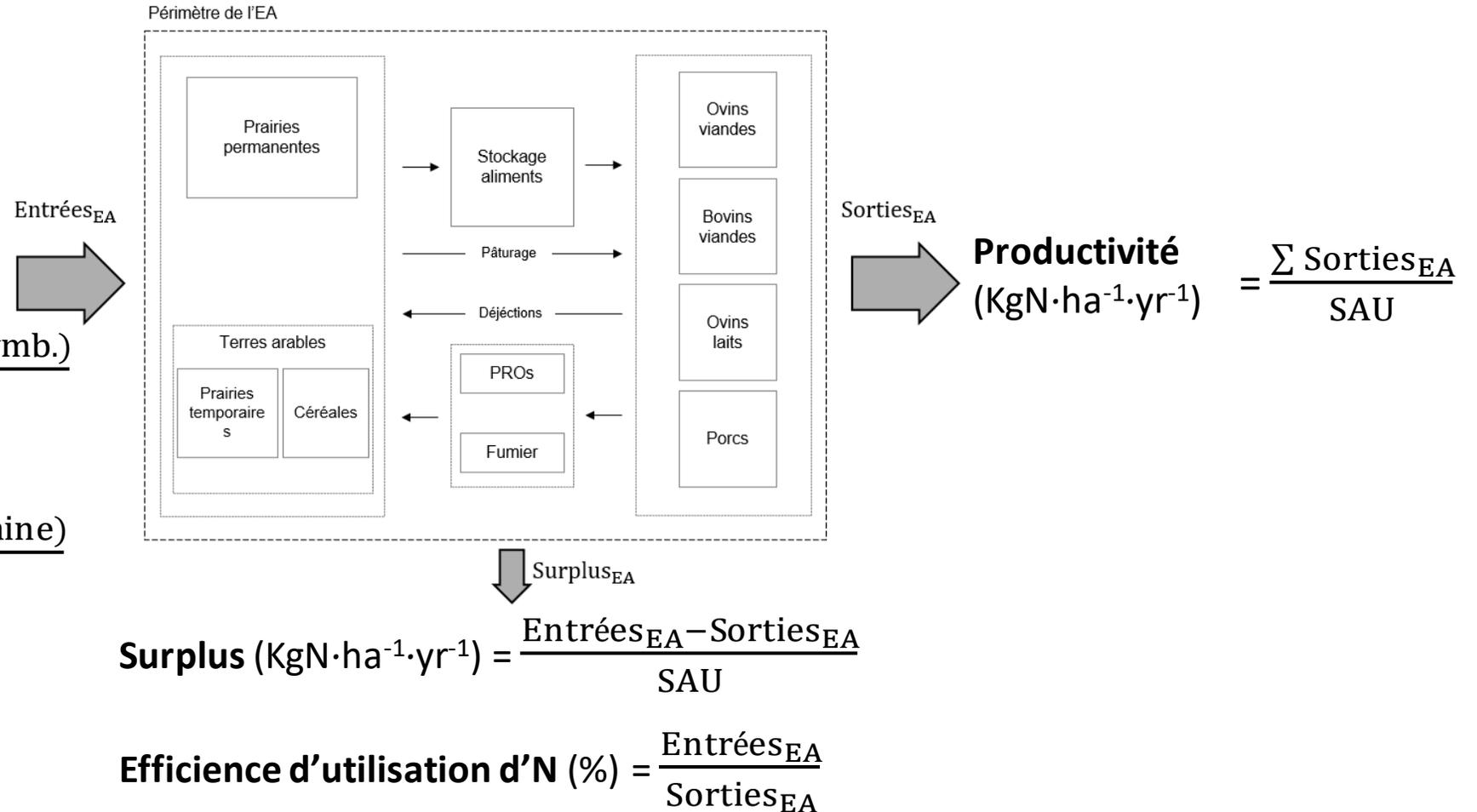


Matériel et méthode : indicateurs

Entrées
(Kg N·ha⁻¹·yr⁻¹) = $\frac{\sum \text{Entrées}_{EA}}{\text{SAU}}$

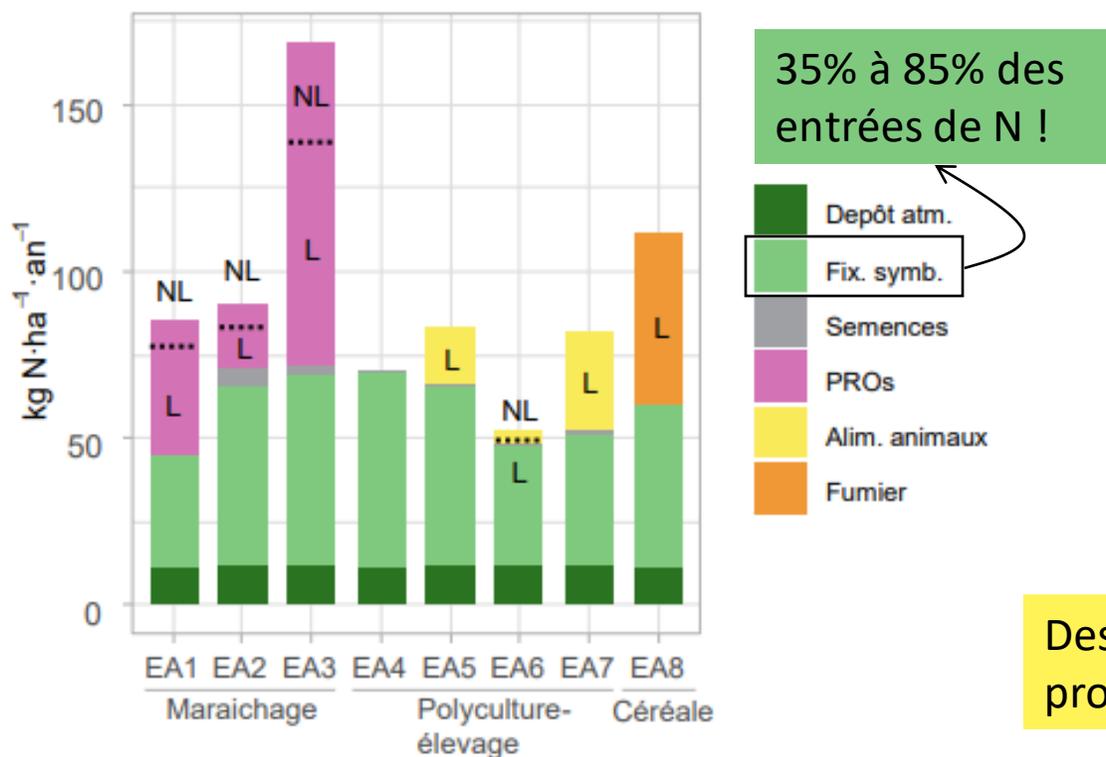
Autonomie
(%) = $\frac{(\text{Dep.atm.} + \text{fix.symb.})}{\text{Entrées}_{EA}}$

Energie investie
(GJ·ha⁻¹·an⁻¹) = $\frac{(\text{Directe} + \text{Humaine})}{\text{SAU}}$

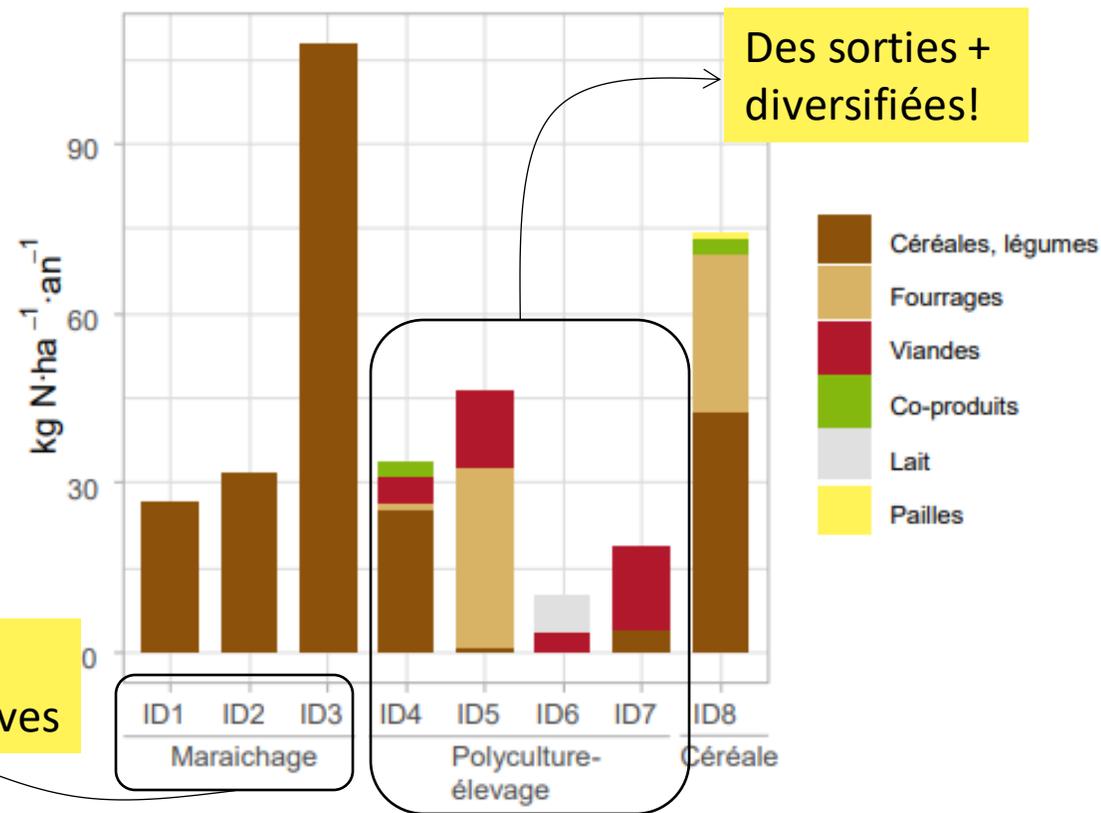


Résultats : entrées N

Entrées → 53 à 169 kg N·ha⁻¹·an⁻¹



Sorties → 10 à 108 kg N·ha⁻¹·an⁻¹

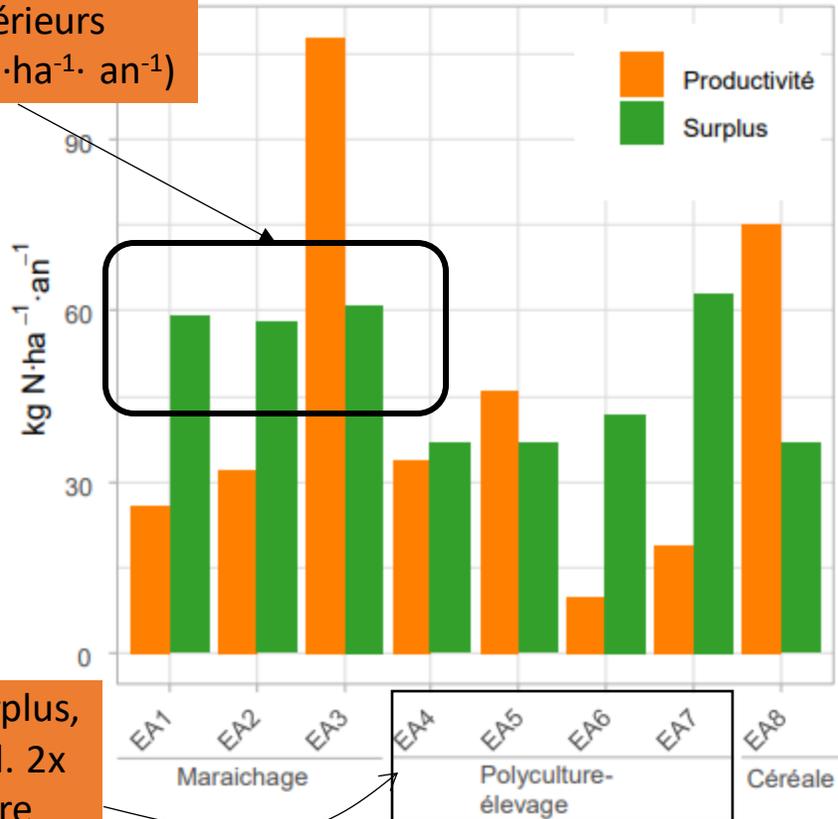


Des EA + productives

→ L'appro de N provient à 70% d'un rayon < 50km de l'EA

Résultats : indicateurs N

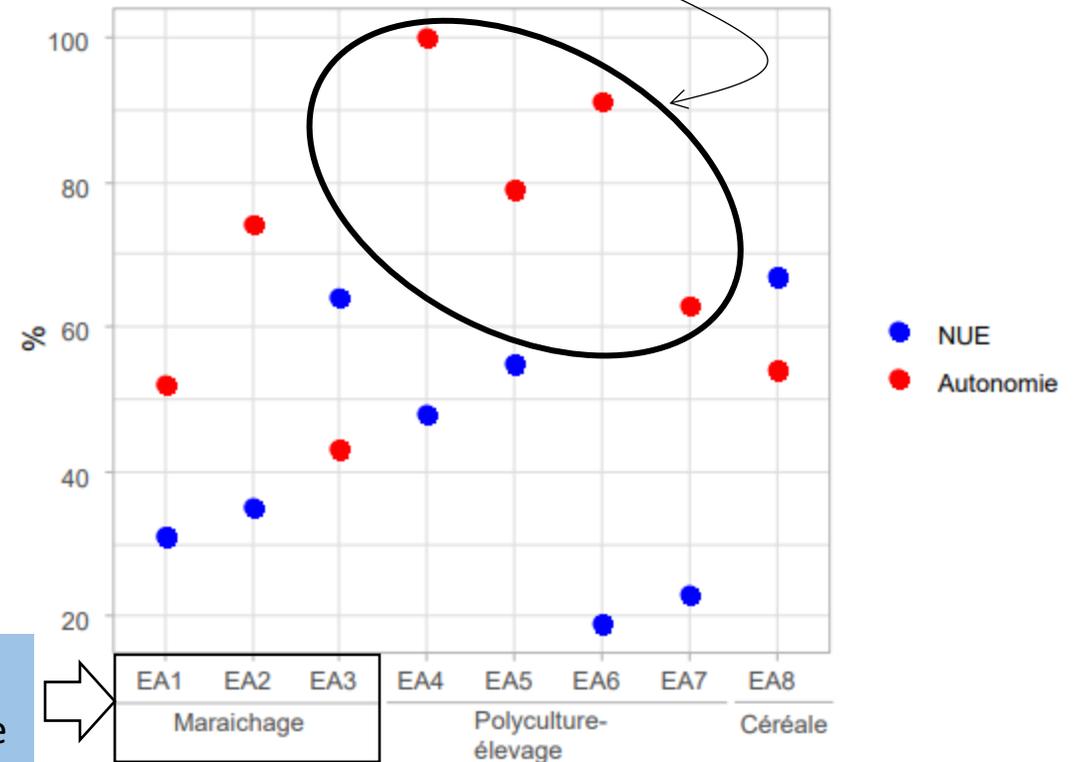
Surplus 1.3x supérieurs
(59 kg N·ha⁻¹·an⁻¹)



Faibles surplus, mais prod. 2x inférieure

→ Pas de corrélation surplus~prod ($R^2 = 0.03$)

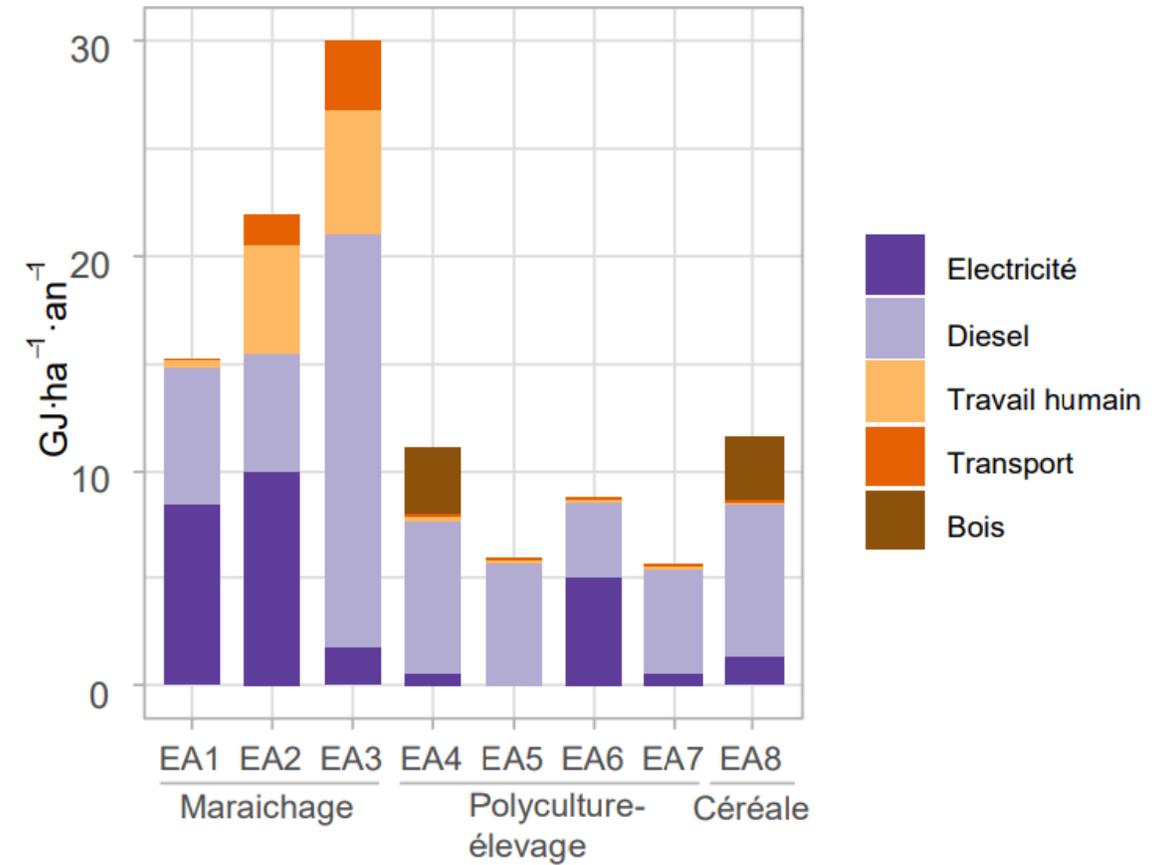
Polyculture-élevage → autonomie entre 63% et 100%, > maraîchers (56%) et céréaliers (54%).



NUE 1.2x supérieure

Résultats : énergie investie

- L'énergie directe investie varie entre 6 et 30 $\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$
- Polyculture-élevage ($8 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$)
< Céréaliers ($13 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$)
< Maraichers ($22 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$)
- Le travail humain \rightarrow 2% à 20% de l'énergie investie



Discussion : indicateurs N

Meta-analysis of nutrient budgets in organic farms across Europe

Marie Reimer  · Kurt Möller  · Tobias Edward Hartmann 



- La méta-analyse de Reimer et al. (2020) confirme nos résultats

Typologies	Input _{farm} (Kg N·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹)	Prod _{farm} (Kg N·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹)	Surplus _{farm} (Kg N·ha ⁻¹ ·yr ⁻¹)	NUE _{farm} (%)
Maraîchage	178 – 515 (448)	84 – 285 (195)	89 – 230 (253)	19 – 75 (49)
Maraîchage*	85 – 169 (115)	26 – 108 (55)	58 – 61 (59)	32% - 64% (43)
Polyculture-élevage	15 – 95 (70)	15 – 27 (20)	-12 – 78 (50)	18 – 183 (61)
Polyculture-élevage*	52.6 – 83.3 (72)	10.2 – 46.1 (27)	36.7 – 63.1 (45)	19% – 55% (36)
Céréales	91 – 245 (154)	73 – 195 (131)	-35 – 50 (23)	70 – 138 (91)
Céréales*	111.3	74.7	36.6	67%

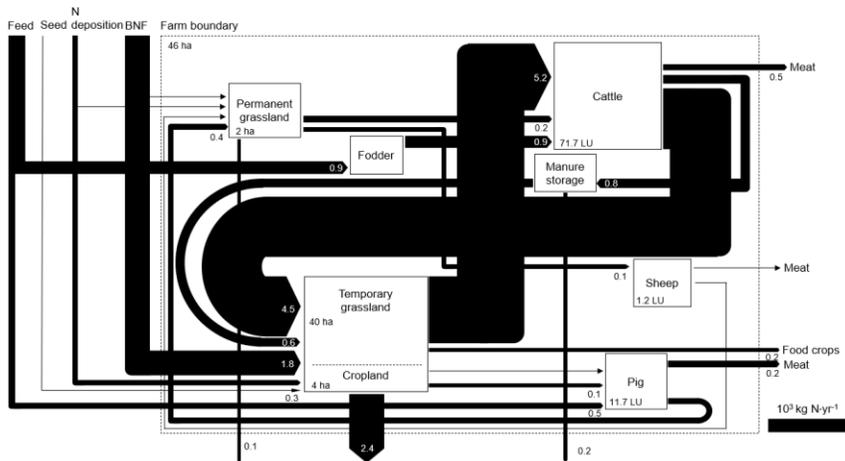
Min – Max (Moyenne)

* Résultats de cette étude

- ✓ EA maraîchères moins productives mais autant efficaces
- ✓ EA polyculture-élevage moins efficaces
- ✓ EA céréalières moins productives et moins efficaces

Perspectives

→ Analyser les métabolismes des EA pour rendre compte de la circularité des flux de N (Puech et Stark, 2023; Van loon et al. 2023)



Flow matrix

Inflow

H1
H2
H3
H4
H5
Total

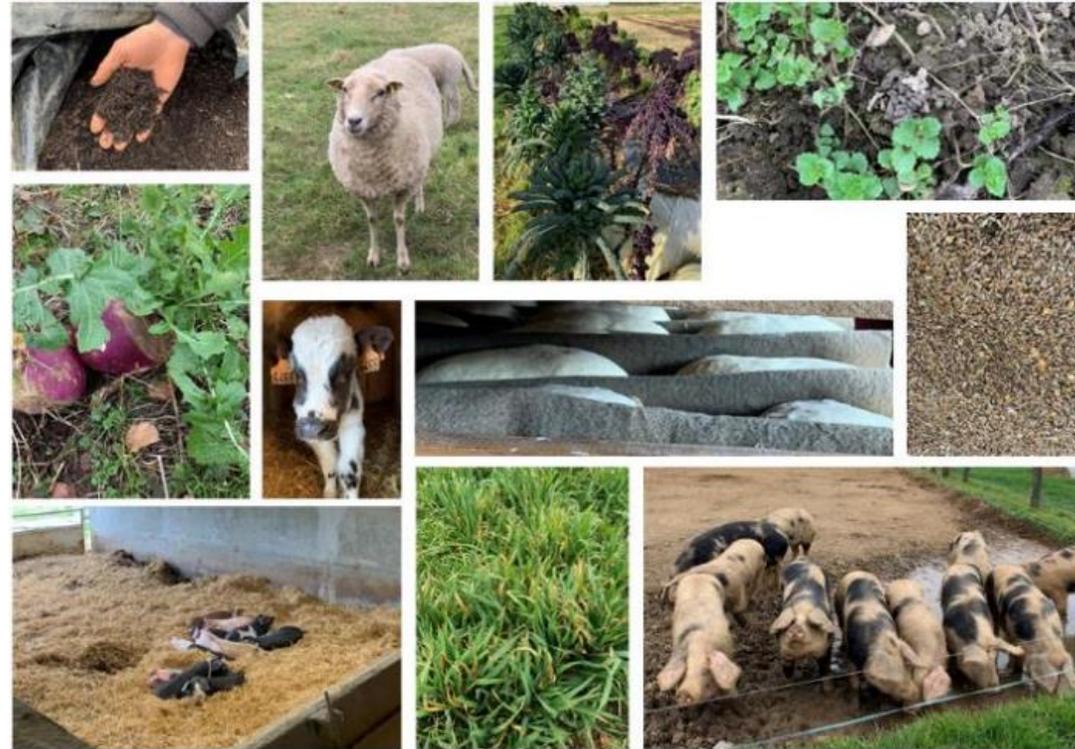
	H1	H2	H3	H4	H5	Outflow	Surplus	Total
Z01	Z02	Z03	Z04	Z05	0	0	0	
H1	0	f12	f13	f14	f15	e10	r10	0
H2	f21	0	f23	f24	f25	e20	r20	0
H3	f31	f32	0	f34	f35	e30	r30	0
H4	f41	f42	f43	0	f45	e40	r40	0
H5	f51	f52	f53	f54	0	e50	r50	0
Total	0	0	0	0	0	0	0	0

- Finn Cycling Index
- Average mutual information (AMI)
- Ascendence
- Internal circulation rate

Conclusion

- Comprendre le fonctionnement des EA en AB sous le prisme N-énergie est un enjeu fort pour accompagner le développement de l'AB
- L'analyse des flux d'N couplée au fonctionnement énergétique offre des perspectives sur les freins et leviers de l'intégration culture-élevage au-delà de l'EA
- Des résultats qui viennent enrichir les connaissances sur les fertilisations des EA en AB

Merci pour votre attention



Projet exploratoire
2023-2024

intAB

METABIO

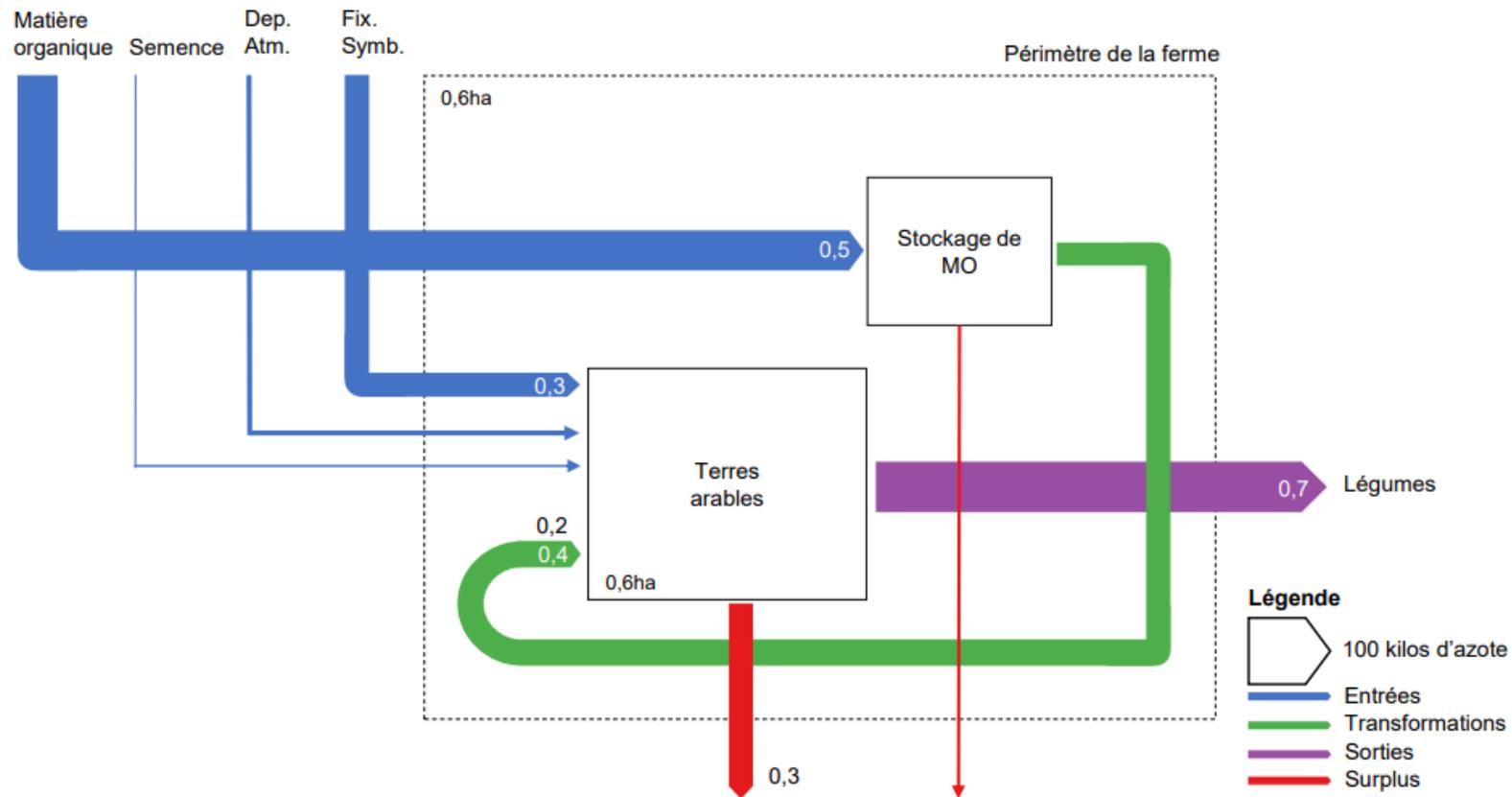


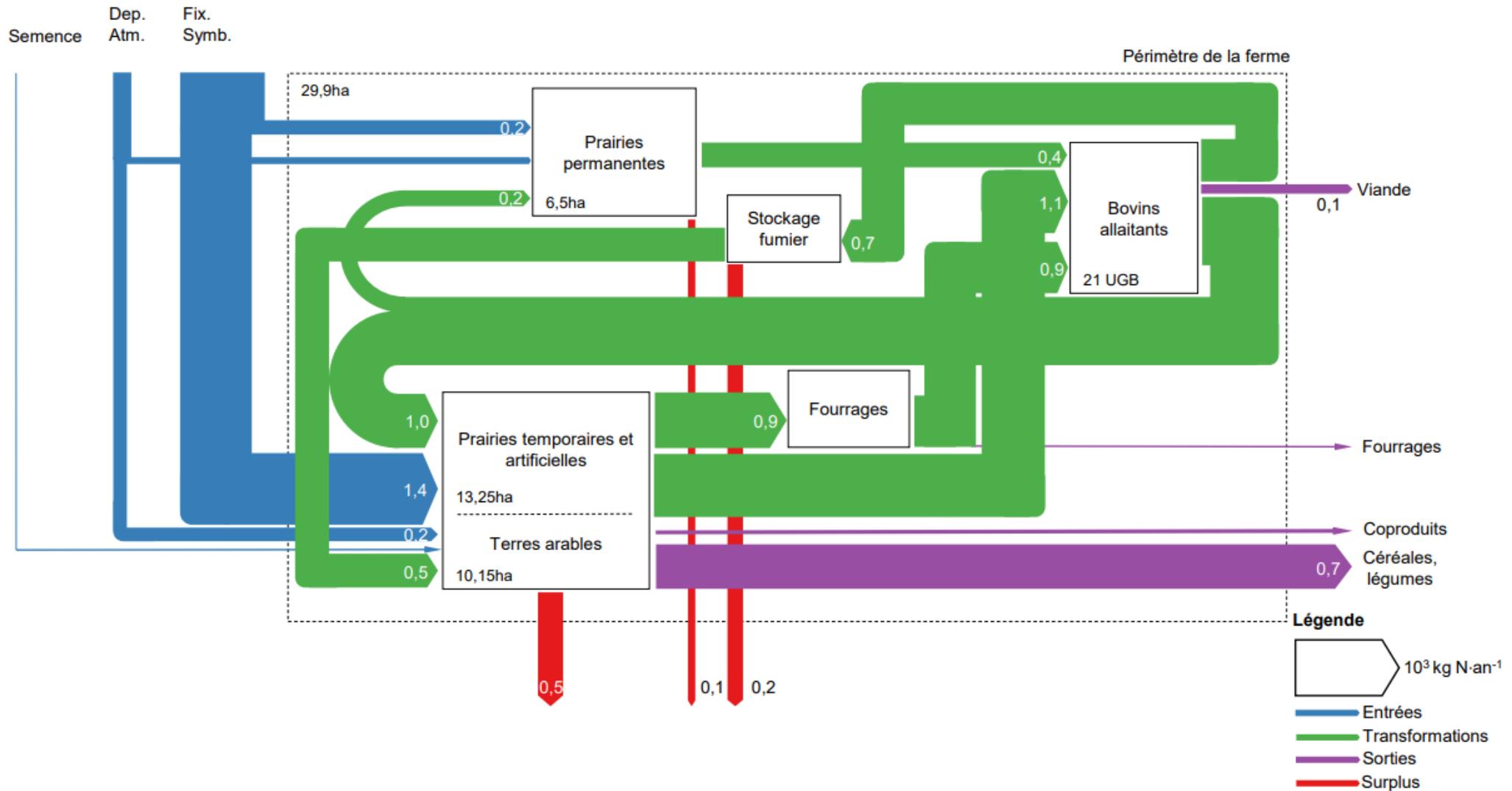
Caractéristiques	Maraichage				Polyculture-élevage			Céréales
	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6	EA7	EA8
Main d'œuvre	2.0	1.6	2.0	3.7	3.0	2.5	2.5	3.5
SAU (ha)	11.3	0.6	0.7	29.9	47.1	28.0	46.0	44.5
SCOP (ha)	10.3	0.6	0.7	23.3	22.1	14.0	44.0	41.4
SFP (ha)	1.0	0.0	0.0	6.5	25.0	14.0	2.0	3.1
UGB	0.0	0.0	0.0	21.0	51.5	9.0	84.6	0.0
Mode de fertilisation	Compost et broyats de déchets verts, tourteaux de ricin	Feuilles de chêne, cendres, légumineuses	Compost et broyats de déchet vert	Fumier et déjections de BV, légumineuses	Déjections OV, fumier porc	Déjections OL+ fumier, fumier porc	Déjections OV, BV et porcs, fumier porcs et BV	Fumier de BL et volaille, légumineuses
Productions principales	PDT, épinards, aromates	PDT, carottes, courges, salade, tomates	PDT, carottes, courges, salade, tomates, ail, choux, poireaux	Blé, viande, PDT, carottes	Foin de PP, viande d'ovins et de porcs	Lait de brebis et viande d'ovins	Blé, viande ovins, porcs et bovins	Blé, sarrasin, avoine, foin de PT

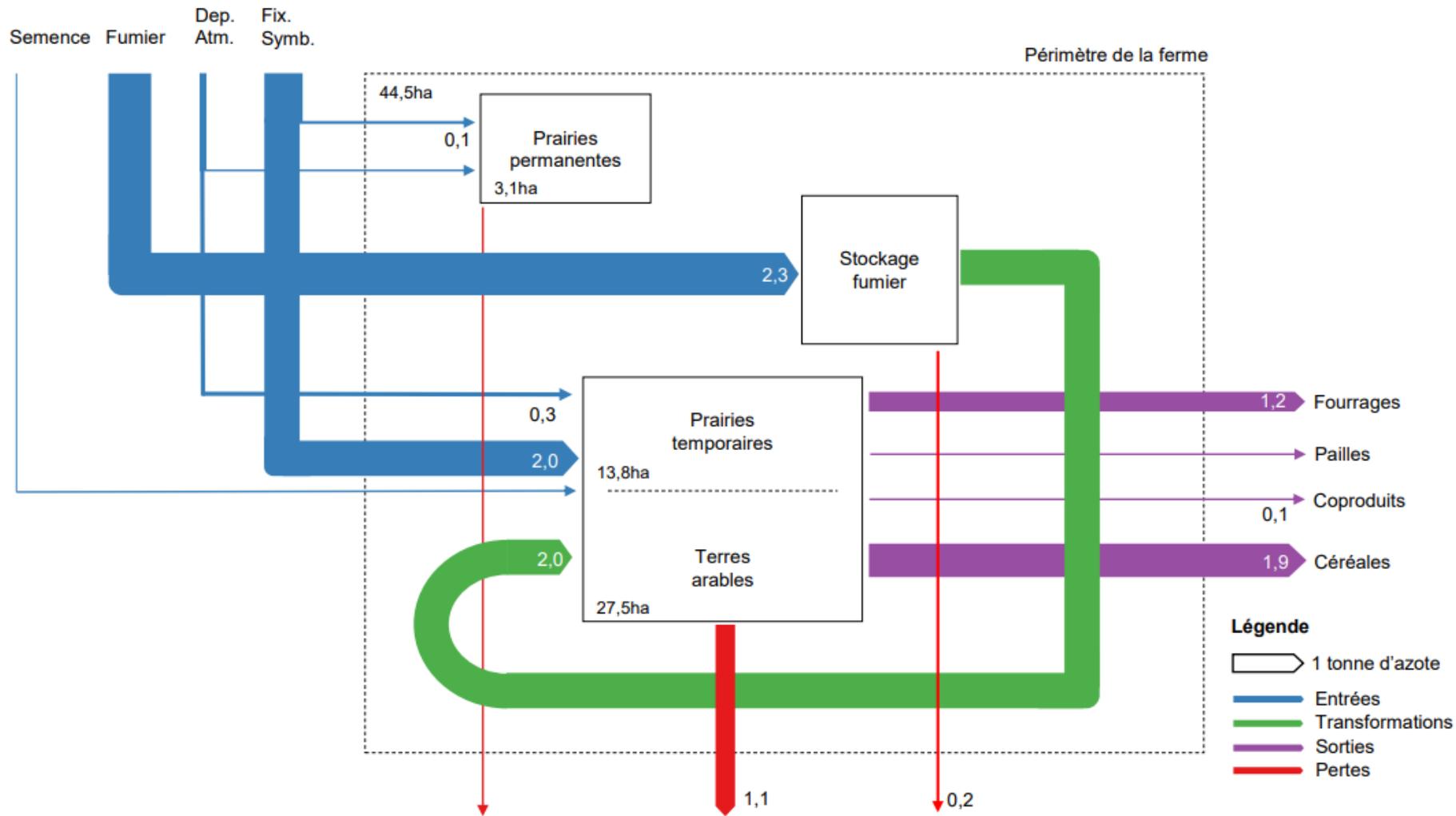
Postes	Units	Values	References
Électricité	MJ·KWh ⁻¹	9.6	Koch et Salou (2020)
Diesel	MJ·L ⁻¹	40.7	Koch et Salou (2020)
Lubrifiants	MJ·L ⁻¹	45.2	Koch et Salou (2020)
Bois	MJ·Kg ⁻¹ ·MS ⁻¹	10.4	Cherian et al. (2022)
Transport	MJ·tonne ⁻¹ ·km ⁻¹	3.2	Koch et Salou (2020)
Semaine de travail	semaine·an ⁻¹	52	INSEE (2018)
Temps de travail	Hr·semaine ⁻¹	53.6	INSEE (2018)
Calories métabolisées	MJ·hr ⁻¹ ·personne ⁻¹	0.7	Fluck (1992)

Energie humaine = 52 X 53.6 X 0.7 = **1951 MJ.personne.an**

Indicateurs	EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6	EA7	EA8
NUE _{EA} (%)	32%	36%	65%	50%	57%	21%	24%	69%
NUE _{STL} (%)	36%	36%	68%	89%	82%	83%	69%	75%
NUE _{PP} (%)	NA	NA	NA	82%	85%	99%	73%	NA
NCE _{BV} (%)	NA	NA	NA	6%	NA	NA	7%	NA
NCE _{OV} (%)	NA	NA	NA	NA	11%	NA	6%	NA
NCE _{OL} (%)	NA	NA	NA	NA	NA	9%	NA	NA
NCE _{porcs} (%)	NA	NA	NA	NA	19%	6%	34%	NA
Aut_alim ^N _{anm} (%)	NA	NA	NA	100%	82%	96%	80%	NA







Résultats et discussion

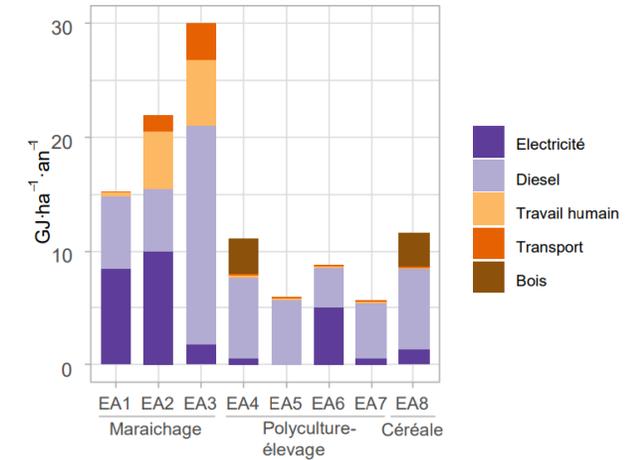
Chapitre 3. De fermes d'élevage favorisant la biodiversité à des systèmes à haut niveau d'intrants : compromis entre production et impacts environnementaux

From biodiversity-friendly to high-input livestock systems: trade-offs between production and environmental impacts

Aymeric Mondière¹, Michael S Corson¹, Julie Auberger¹, Daphné Durant², Sylvain Foray³, Jean-Francois Glinec⁴, Penny Green⁵, Sandra Novak⁶, Frédéric Signoret⁷, Hayo MG van der Werf¹

Energy Efficiency of Conventional, Organic, and Alternative Cropping Systems for Food and Fuel at a Site in the U.S. Midwest

ILYA GELFAND,^{1,2,3,4,5}
SIEGLINDE S. SNAPP,^{1,2,3} AND
G. PHILIP ROBERTSON^{1,2,3,5}



Typologies	Energie investie (GJ·ha ⁻¹ ·an ⁻¹)	Références
Maraichage	157	Pépin (2022)
Maraichage	15 -30 (22)	Cette étude
Polyculture-élevage	1 - 4 (3)	Mondière (2023)
Polyculture-élevage	6 – 13 (8)	Cette étude
Céréales	5	Gelfand et al. 2010
Céréales	13	Cette étude

Min – Max (Moyenne)

- Des valeurs largement différentes car l'énergie indirecte est prise en compte
- ✓ Des valeurs proches avec la littérature pour EA polyculture-élevage et céréalières.