

Séminaire : Vers des systèmes agricoles sobres en énergie fossile ?

24 mai 2022

## ➤ Consommation d'énergie dans des systèmes agricoles alternatifs visant à la réduire drastiquement



Hayo van der Werf, Antonin Pépin

UMR INRAE-INSTITUT AGRO  
Sol Agro et hydroSystème  
Rennes

Le 24 mai 2022

- De quels « systèmes agricoles alternatifs » parlons-nous ?
  - Quels systèmes agricoles visent à réduire l'utilisation d'énergie ?
  - Les microfermes maraichères ?
  - Inspirées de la permaculture, qui vise l'autonomie énergétique (Morel et Léger, 2016)
  
  - La thèse d'Antonin Pépin : **Performance environnementale de fermes maraichères en agriculture biologique**
  - compare trois fermes légumières bio, dont une microferme
  - à travers une approche « analyse du cycle de vie »

## ➤ Quelles méthodes pour l'analyse énergétique ?

- Analyse énergétique => approche « cycle de vie »
  - Prise en compte du « coût énergétique » des intrants
- Origine de l'analyse du cycle de vie (ACV) :
  - Années 1970 : analyse énergétique
  - Ensuite : prise en compte d'autres impacts
- L'ACV facilite l'analyse énergétique :
  - Méthodologie (ex. multifonctionnalité, qualité des données)
  - Bases de données (ecoinvent, AGRIBALYSE)
  - Résultats disponibles dans la bibliographie

## ➤ Méthodes

- Définition du système / origine données fermes
  - La ferme (données collectées)
    - Opérations culturales, y compris irrigation, énergie humaine non incluse
    - Stockage sur la ferme
  - Amont ferme (données issues de base de données)
    - Production et mise à disposition des intrants
    - Abris (serre, tunnels) sont inclus, tracteurs et pompes sont exclus
- Valeurs énergie brute des produits agricoles : Harchaoui & Chatzimpiros (2018) et Laisse et al. (2018)
- Base de données pour les données intrants: ecoinvent
- Calcul de la « demande cumulée en énergie » (CED), énergie non-renouvelable et renouvelable en pouvoir calorifique supérieur Frischknecht & Jungbluth (2007)

# La *Microferme*

	Microferme
Plein champ	0,16 ha
Tunnel	0,12 ha
No. de légumes	35
Fertilisation	Compost
Plants	Auto-production
Rendt.	35 t/ha



# La ferme *Sous abri*

	Microferme	Sous abri
Plein champ	0,16 ha	0 ha
Tunnel	0,12 ha	2,0 ha
No. de légumes	35	6
Fertilisation	Compost	Engrais du commerce
Plants	Auto-production	Acheté
Rendt.	35 t/ha	67 t/ha

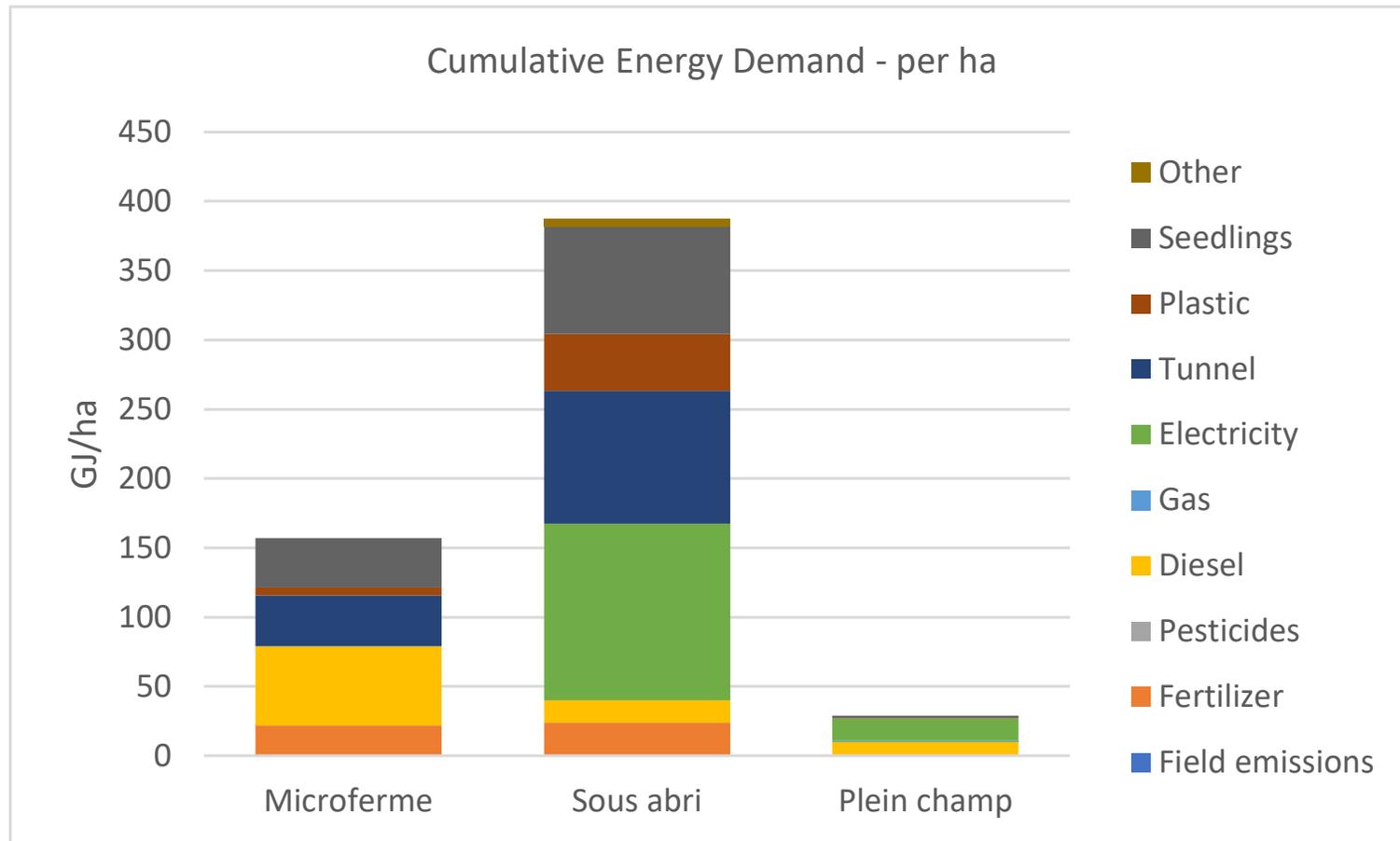


# La ferme de *Plein champ*

	Microferme	Sous abri	Plein champ
Plein champ	0,16 ha	0 ha	17,5 ha
Tunnel	0,12 ha	2,0 ha	0 ha
No. de légumes	35	6	20
Fertilisation	Compost	Engrais du commerce	Fumier
Plants	Auto-production	Acheté	Les deux
Rendt.	<b>35 t/ha</b>	<b>67 t/ha</b>	<b>9 t/ha</b>

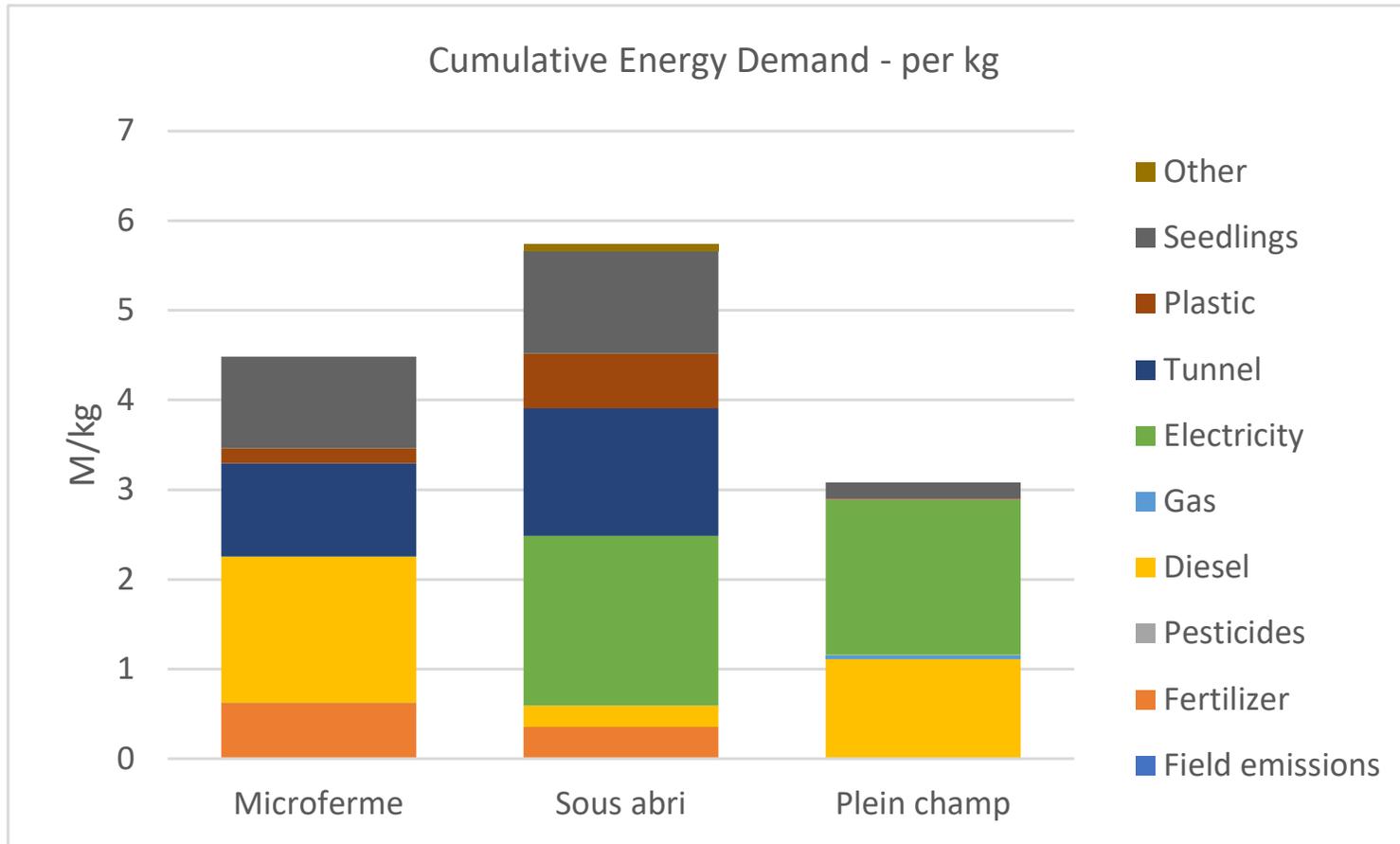


## ➤ Consommation d'énergie par ha.an de surface occupée



Microferme : 157 GJ/ha  
Sous abri : 387 GJ/ha  
Plein champ : 29 GJ/ha

## ➤ Consommation d'énergie par kg de légume



Sous abri : 387 GJ/ha  
Plein champ : 29 GJ/ha

13,3

Sous abri : 5,7 MJ/kg  
Plein champ : 3,1 MJ/kg

1,8

L'énergie augmente la production par unité de surface, énergie et surface sont substituables.

## ➤ Analyse de contribution (%)

Intrant	Microferme	Sous abri	Plein champ
Electricité	0	<b>33</b>	<b>56</b>
Diesel	<b>36</b>	4	<b>36</b>
Tunnel	<b>23</b>	<b>25</b>	0
Plants	<b>23</b>	<b>20</b>	6
Engrais	14	6	0
Plastique	4	11	0
Autres	0	1	2

### Microferme :

- diesel : irrigation
- tunnel : métal + plastique
- plants : tourbe

### Sous abri :

- électricité : irrigation
- tunnel : métal + plastique
- plants : serre chauffée

### Plein champ :

- électricité : frigo stockage
- diesel : opérations culturales

➤ Contributions importantes : irrigation, tunnel, plants et stockage

## ➤ Comparaison avec d'autres systèmes de production de légumes

Système	Rendement (t MS/ha)	E <sub>in</sub> (GJ/ha)	E <sub>in</sub> (MJ/kg MS)	EROI (E <sub>out</sub> /E <sub>in</sub> )	Référence
Plein champ	1,3	29	23	0,75	Pépin et al. (2022)
Microferme	3,2	157	50	0,35	
Sous abri	3,4	387	116	0,15	
Tomate industrie, plein champ, Grèce	7,6	103	14	1,27	Ntinis et al. (2017)
Tomate frais, plein champ, Grèce	2,4	275	115	0,15	
Salade serre, Pays-Bas	21	12 100	530	0,03	Graamans et al. (2018)
Salade usine à légumes	50	70 900	1400	0,01	

Rendement :  $50/1,3 = 40$   
 E<sub>in</sub>/ha :  $70900/29 = 2445$   
 E<sub>in</sub>/kg :  $1400/23 = 61$

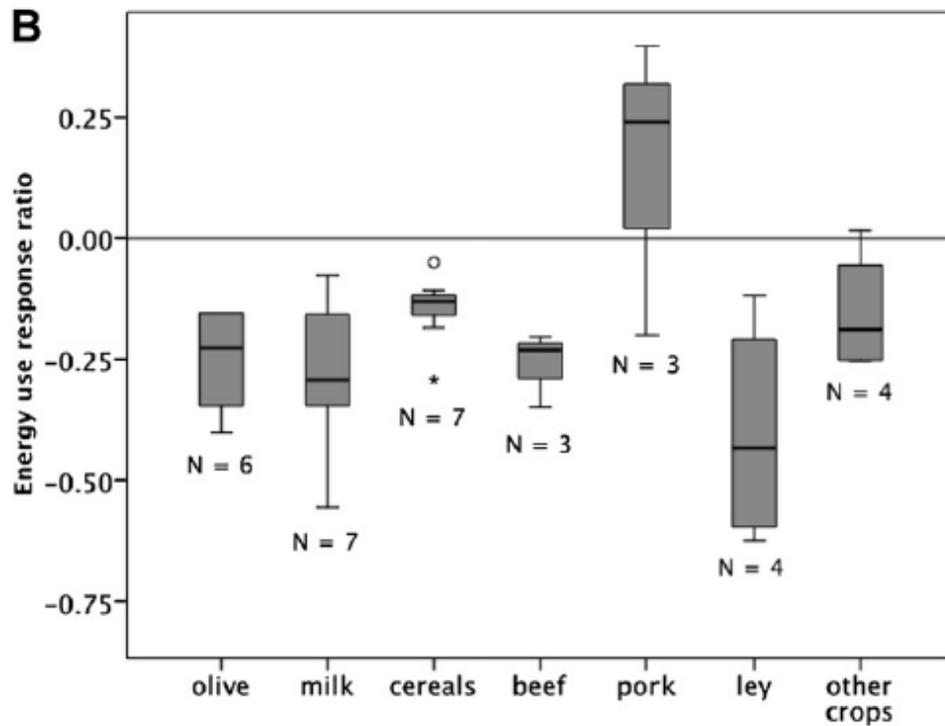
- + d'énergie : + de rendement, mais - d'efficacité énergétique
- Énergie et « terre » sont substituables

## ➤ Comparaison de systèmes lait et viande

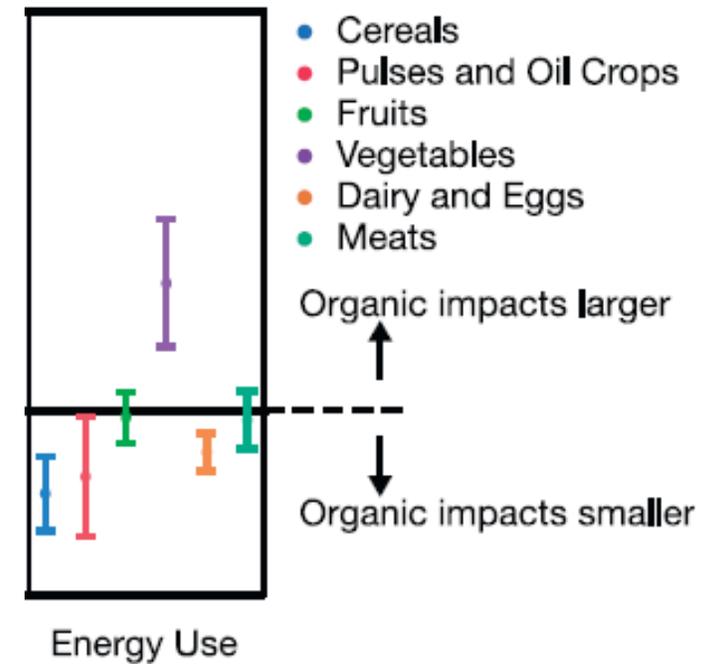
Système	Lait + viande (t MS/ha)	$E_{in}$ (GJ/ha)	$E_{in}$ (MJ/kg MS)	EROI ( $E_{out}/E_{in}$ )	Référence
Knepp, rewilding agricole	0,008	0,085	11	2,13	Mondière et al. (en cours)
Vaches allaitantes, France	0,044	13,5	307	0,07	Nguyen et al. (2012)
Lait montagne, France	0,386	14,3	37	0,68	Salou et al. (2017)
Lait Biologique, France	0,524	15,1	29	0,87	
Lait maïs intensif, France	0,754	31,4	42	0,60	
Lait maïs, France	0,980	29,6	30	0,83	
Porc Biologique, France	0,244	22,5	92	0,17	Basset-Mens & van der Werf (2005)
Porc conventionnel, France	0,444	29,3	66	0,24	
Viande in vitro	0,629 – 13,2	268 - 1720	130 - 426	0,05 – 0,18	Tuomisto (2019)

- Knepp : très efficient
- Allaitant : très peu efficient
- Lait : efficient
- Porc : peu efficient
- In vitro : (très) peu efficient

## ➤ Bio vs conventionnel : Energie / kg produit (response ratio)



Tuomisto et al., 2012



Clark & Tilman, 2017

➤ Energie / unité de produit : bio -21% (Tuomisto et al., 2012), -15% (Clark & Tilman, 2017)

## ➤ Pourquoi moins d'énergie par kg de produit en bio ?

- Pelletier et al. (2011)
  - Plus de N par légumineuses en bio
- Lynch et al. (2011)
  - Pas de N de synthèse et moins d'aliments concentrés en bio
- Tuomisto et al. (2012)
  - Pas de N de synthèse en bio
- Smith et al. (2015) :
  - Ruminants bio : plus de fourrages avec légumineuses
  - Poulets bio utilisent plus d'énergie / kg : indice de consommation et mortalité
- Clarke & Tilman (2017) :
  - Pas de N et pesticides de synthèse en bio

## ➤ Rôle important des engrais

## ➤ Intrants énergétiques en cultures conventionnelles (parts en %)

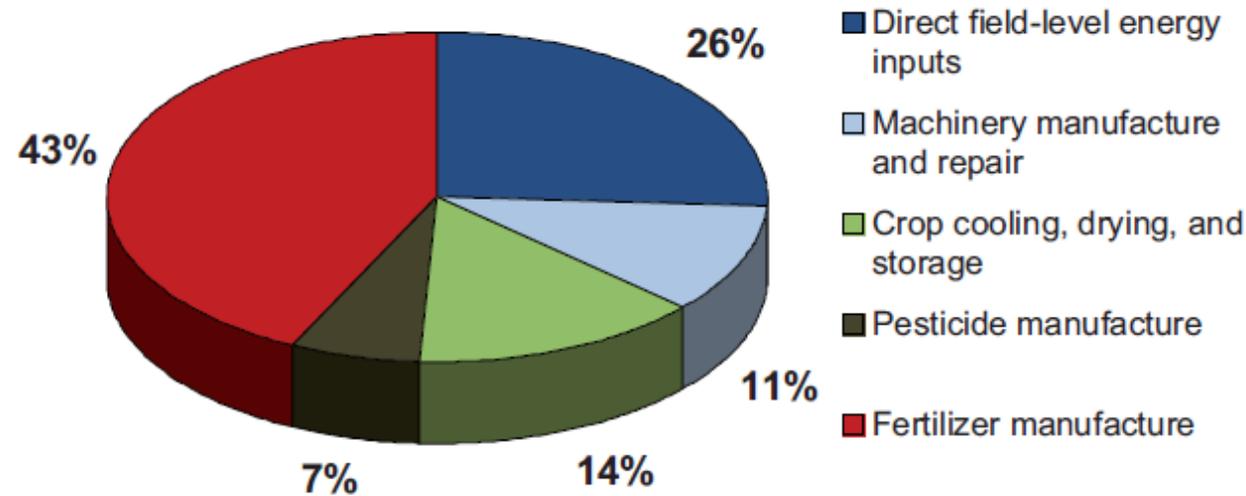


Figure 3

Production-weighted average distribution of energy inputs to the cultivation of bread and feed wheat, potatoes, barley, and oilseed rape in the United Kingdom for 2005 (<http://www.agrilca.com>).

## ➤ Production engrais et pesticides : 50% de l'énergie entrante

## ➤ Les impacts environnementaux de la fertilisation « selon l'ACV »

- Un engrais de synthèse est un intrant qui a des impacts (production, transport)
- Un effluent d'élevage :
  - est un déchet s'il faut payer pour s'en débarrasser : « sans impact »
  - est un co-produit si l'utilisateur le paye : « avec impact »
- Le plus souvent : pas d'impact de production des engrais organiques
- Cette « convention » fausse les comparaisons bio vs conventionnel
- Notamment au vue de la demande accrue pour les engrais organiques / matières organiques (fertilisation, méthanisation, ...)

- Attribution d'un impacts aux effluents d'élevage/engrais organiques
  - Il semble raisonnable d'attribuer un impact / « coût énergétique » aux engrais organiques
  - Conséquence : une réduction de l'efficacité énergétique du bio
  - Comment attribuer un impact ?
    - Par allocation économique
    - Par substitution : impact production N organique = impact production N minéral
  
- Biblio : Knudsen et al., 2010, Brockmann et al., 2018

## ➤ Pour conclure

- Systèmes légumiers bio : importance irrigation, tunnel, plants, stockage
- + d'énergie : + de rendement, mais - d'efficacité énergétique
- Énergie et « terre » sont substituables
- Efficacité végétale : plein champ > abri froid > serre chauffée > usine
- Efficacité animale : rewilding agricole > lait > porc > allaitant > in vitro
- Bio plus efficace que conventionnel
- Il faut donner un « coût énergétique » aux engrais organiques
- Ce qui réduira l'efficacité énergétique du bio

[hayo.van-der-werf@inrae.fr](mailto:hayo.van-der-werf@inrae.fr), [Antonin.pepin@ctifl.fr](mailto:Antonin.pepin@ctifl.fr)

