

# Comment penser l'énergie en agriculture ?

Petros Chatzimpiros<sup>1</sup>, Souhil Harchaoui<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain, Université Paris Cité

<sup>2</sup>UMR SAS, Institut Agro, INRAE

# Plan

- Contexte
- Pourquoi l'agriculture consomme-t-elle de l'énergie?
- Que devient la production primaire de biomasse ?
- D'où provient cette énergie investie ?
- Quel est le bilan énergétique ?
- Perspectives



# Contexte

- Grande dépendance de l'agriculture aux énergies fossiles
- Impératifs de transition et sobriété énergétique pour toutes les activités humaines



# Pourquoi l'agriculture consomme-t-elle de l'énergie ?

- Agriculture: système piloté par les agriculteurs qui mettent en œuvre des pratiques agricoles pour optimiser la **photosynthèse** (cultures, efficacité ~0,1-1%) et sa **conversion en produits animaux** (agriculture animale, efficacité ~10-30%).
- Conditions de croissance des cultures : travail des sols, fertilisation, irrigation, pesticides.
- Conditions de production animale : plein air/pâturage, bâtiment conditionné, type de fourrage.
- La réalisation des conditions de production implique la consommation d'énergie au sein des fermes (**directe**) et en amont (**indirecte**) :
  - sous forme de travail (agriculteurs, traction mécanique, pompes, importations de fourrage..),
  - chaleur (chauffage des installations)
  - intrants (agrochimie).

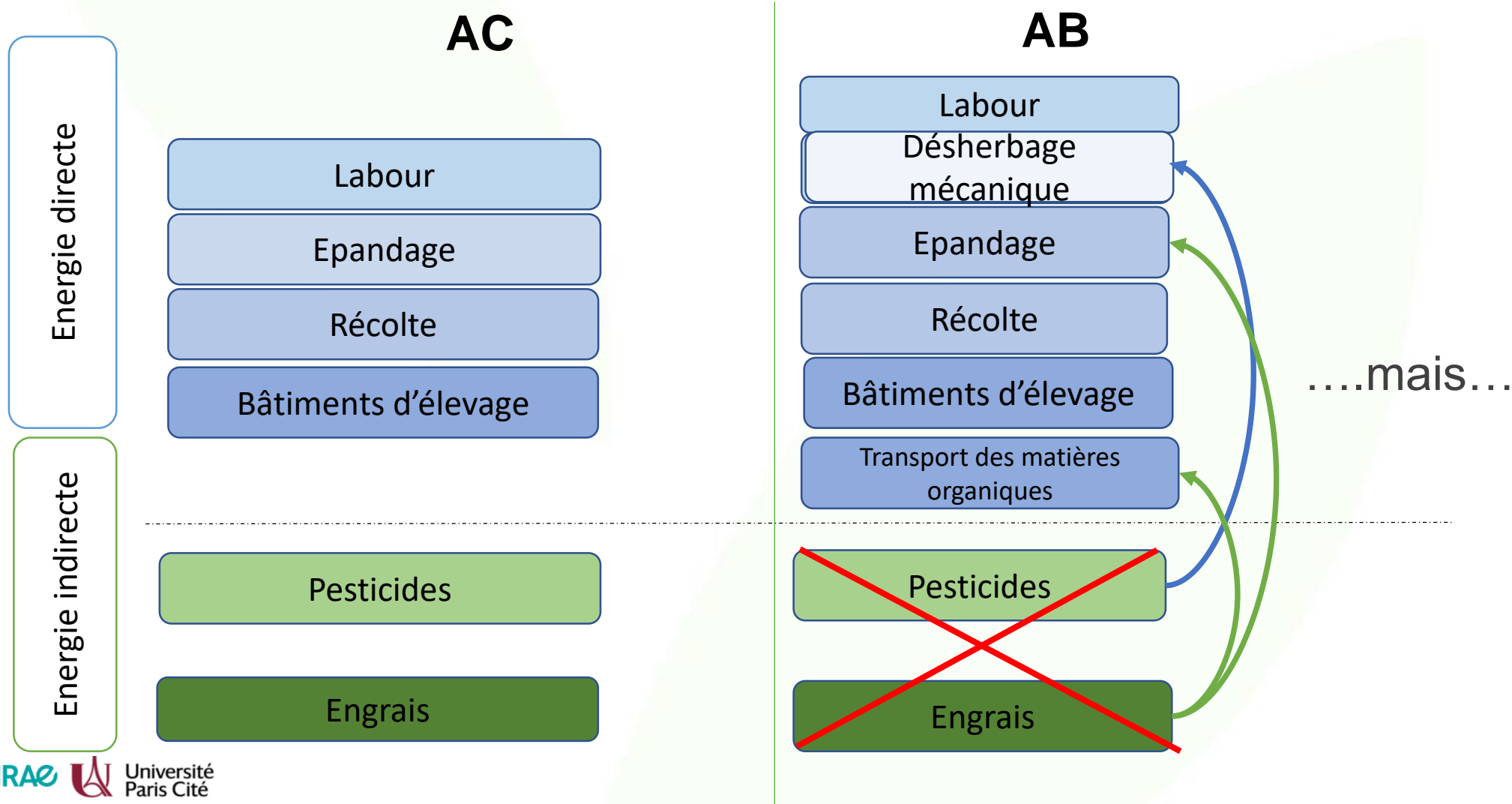
=> tout type d'agriculture consomme de l'énergie



# Tout type d'agriculture consomme de l'énergie

L'avantage de l'AB est de se passer de l'énergie liée aux engrais industriels et pesticides...

Energie investie

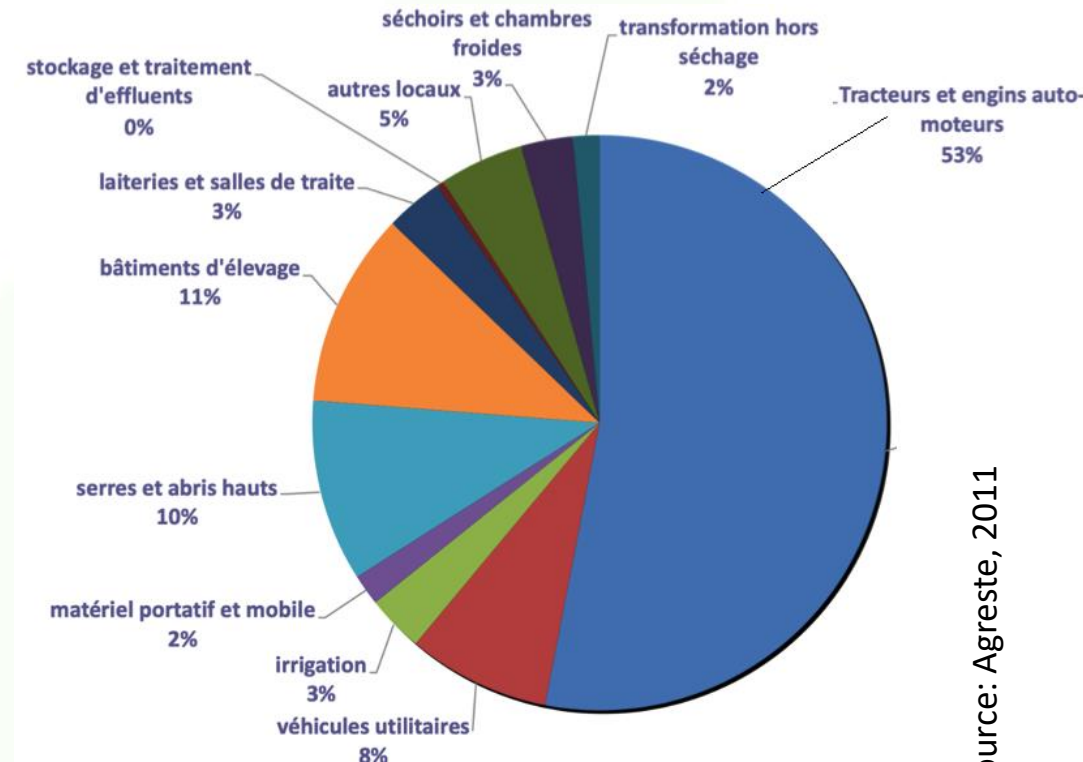


Source: Harchaoui et Chatzimpiros

# Energie directe: consommation énergétique dans l'exploitation

- Travail du sol (semis, labour, récolte) qui dépend des pratiques culturales et du type de cultures (~50%)
- Bâtiments d'élevage et serres (~25 %)
- Irrigation et matériel portatif (~5%)
- Autre (~20%)
- Logistique liée au recyclage des nutriments (variable et non-rapportée en tant que poste de consommation)

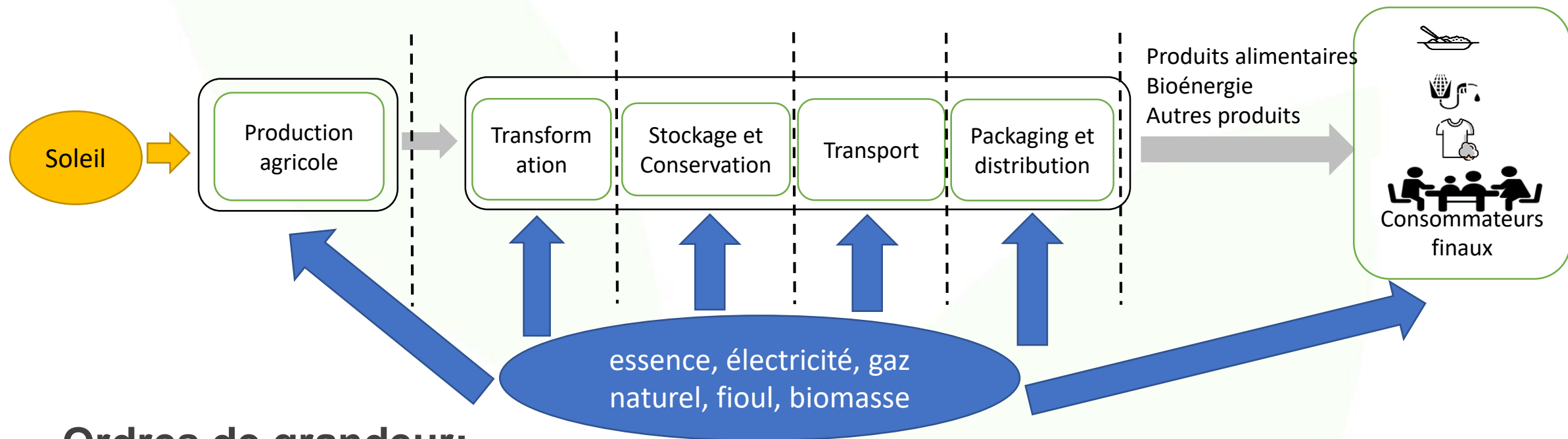
La ferme France en 2010



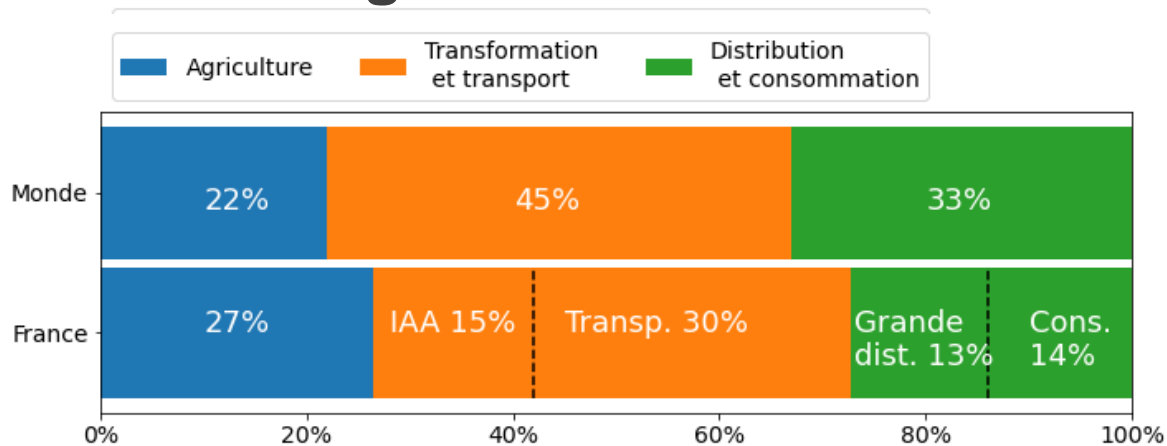
Source: Agreste, 2011



# Energie investie tout au long de la chaine agro-alimentaire



## Ordres de grandeur:



95 EJ/an ~ 30% de la consommation d'énergie totale dans le monde

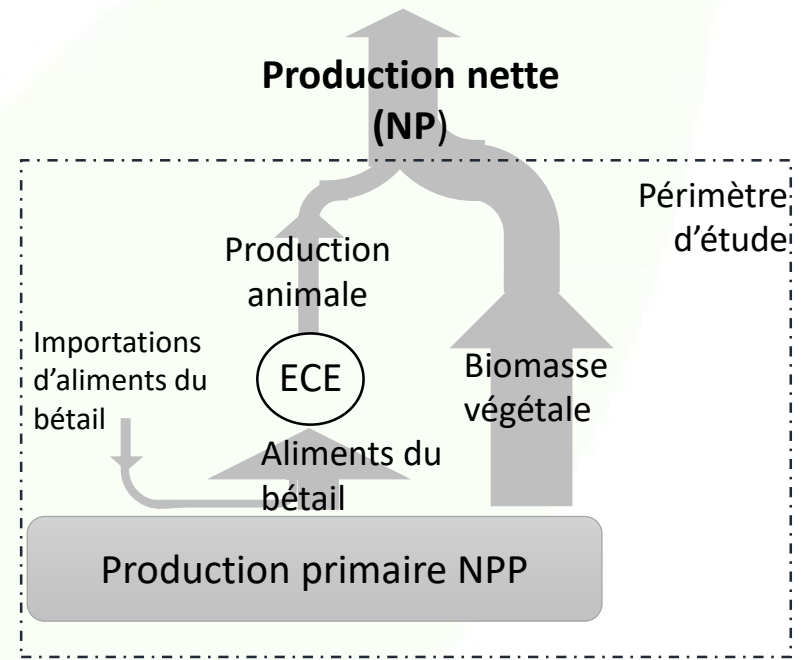
1,32 EJ/an ~ 21% de la consommation d'énergie totale en France

Source: à partir de FAO (2011) pour l'année 2010 pour le Monde; et Barbier et al. (2019) pour la France

# Que devient la production primaire?

- Aujourd'hui à l'échelle mondiale, ~60-70% de la production primaire va à l'élevage
  - Efficacité de conversion des animaux d'élevage ~ 2 à 20%, moyenne <10%
- => Grande dissipation d'énergie entre production primaire et alimentation en fonction du nombre d'animaux d'élevage

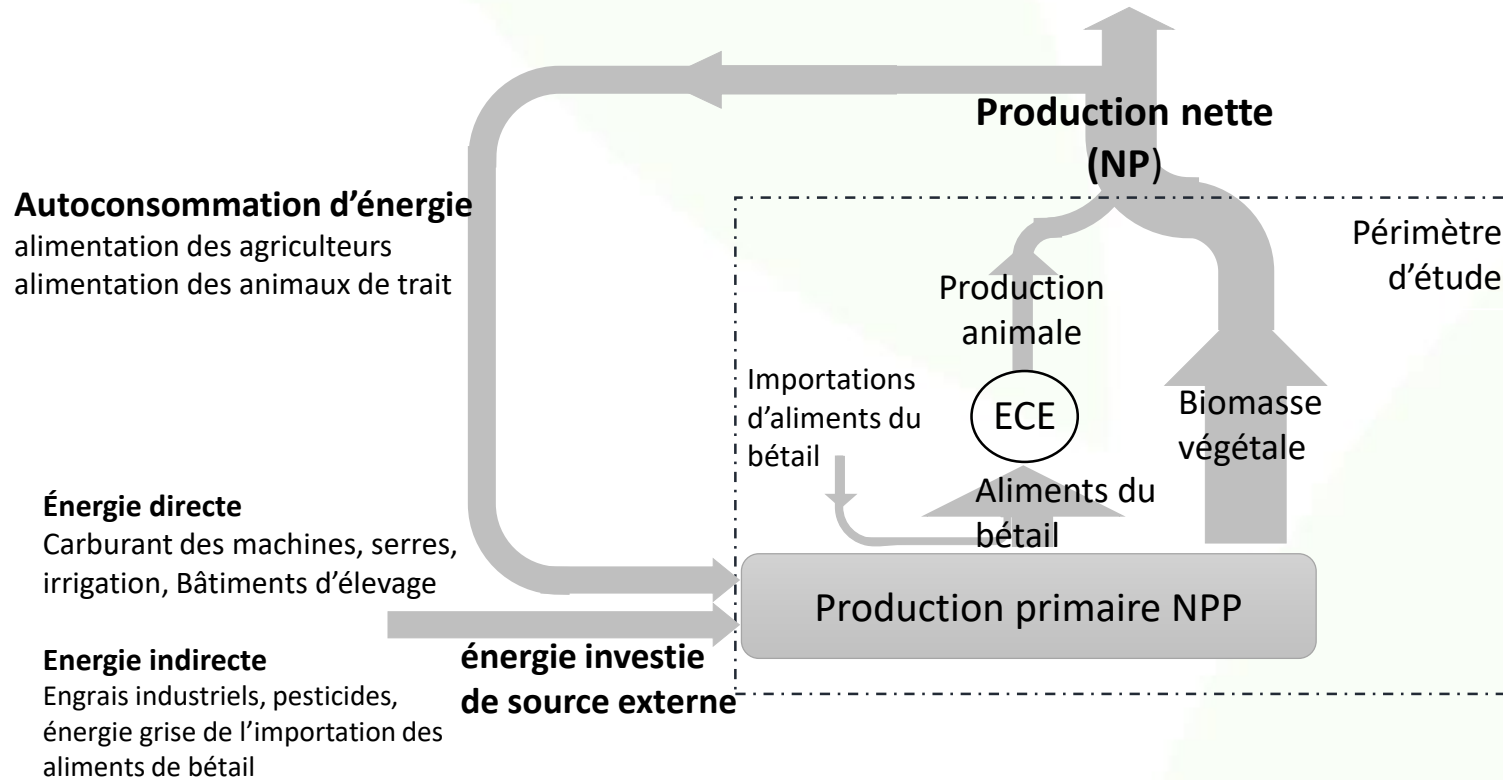
Production nette (NP) = Production primaire (NPP) +  
Production animale (PA) – Alimentation du bétail (AA)



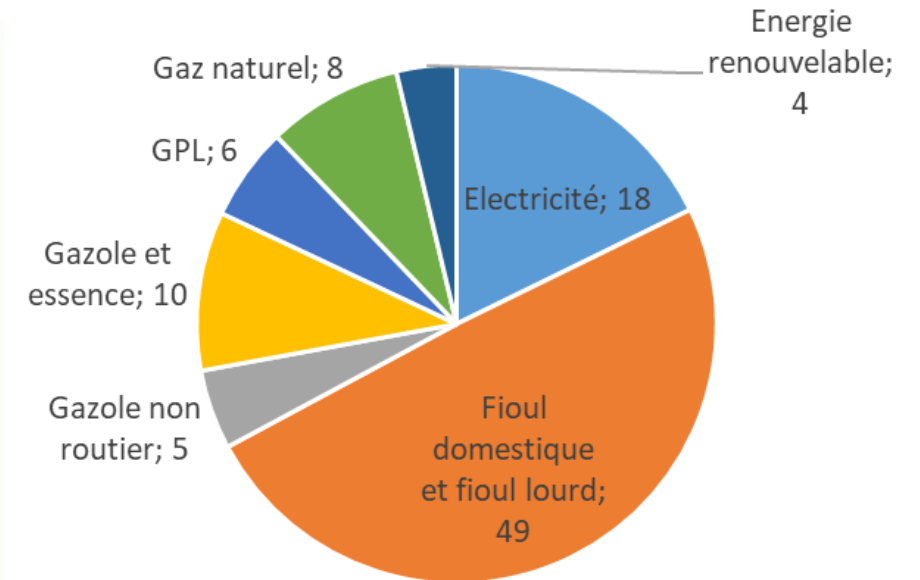


# D'où provient l'énergie investie ?

- Aujourd'hui, l'énergie investie provient d'énergies externes essentiellement fossiles et d'autoconsommation d'énergie réinvestie



## Cas de la France en 2010

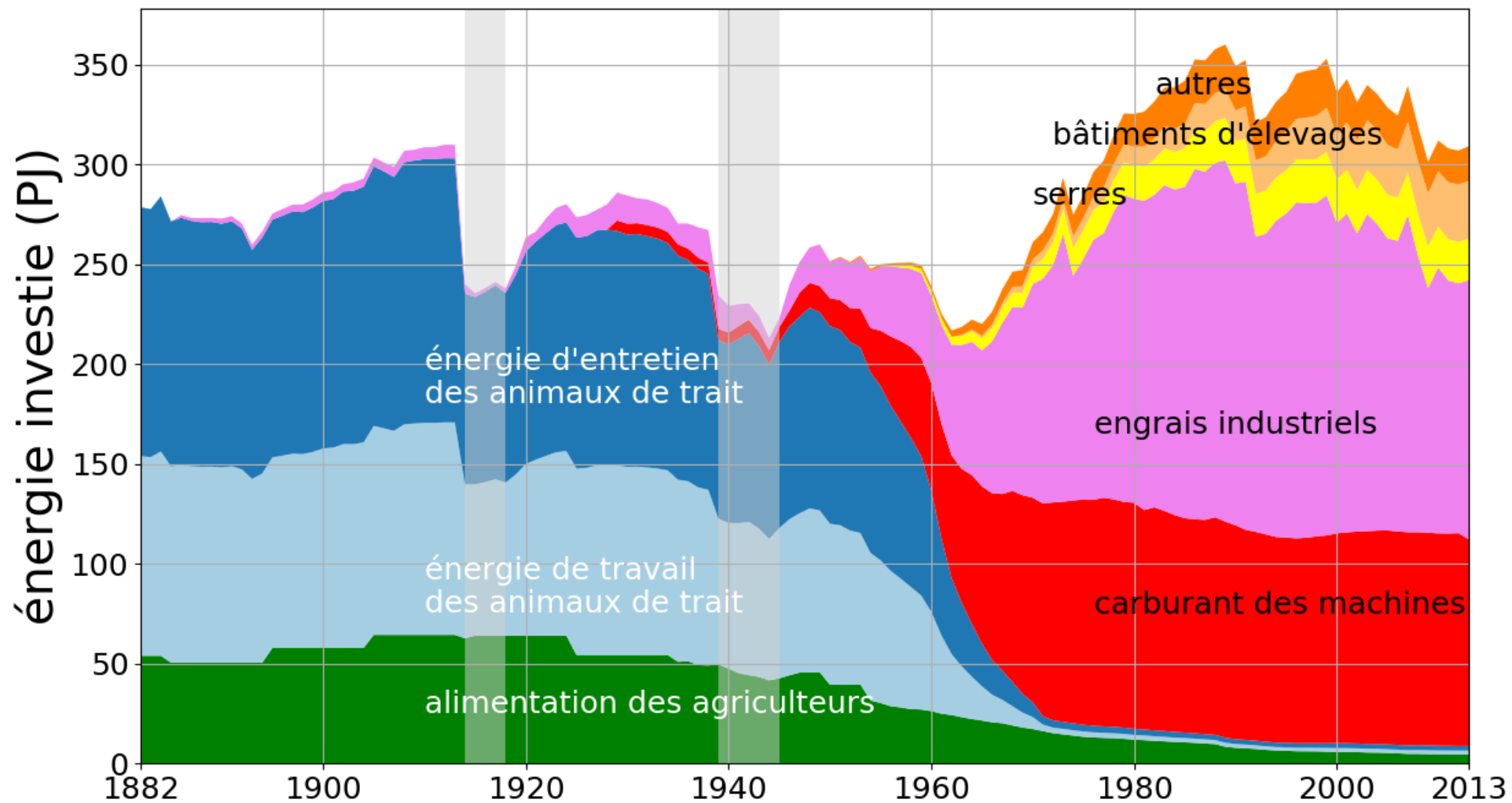


Source: Agreste, 2011

Energie investie = Energie investie de source externe + autoconsommation d'énergie



# D'où provient l'énergie investie ? Transition énergétique

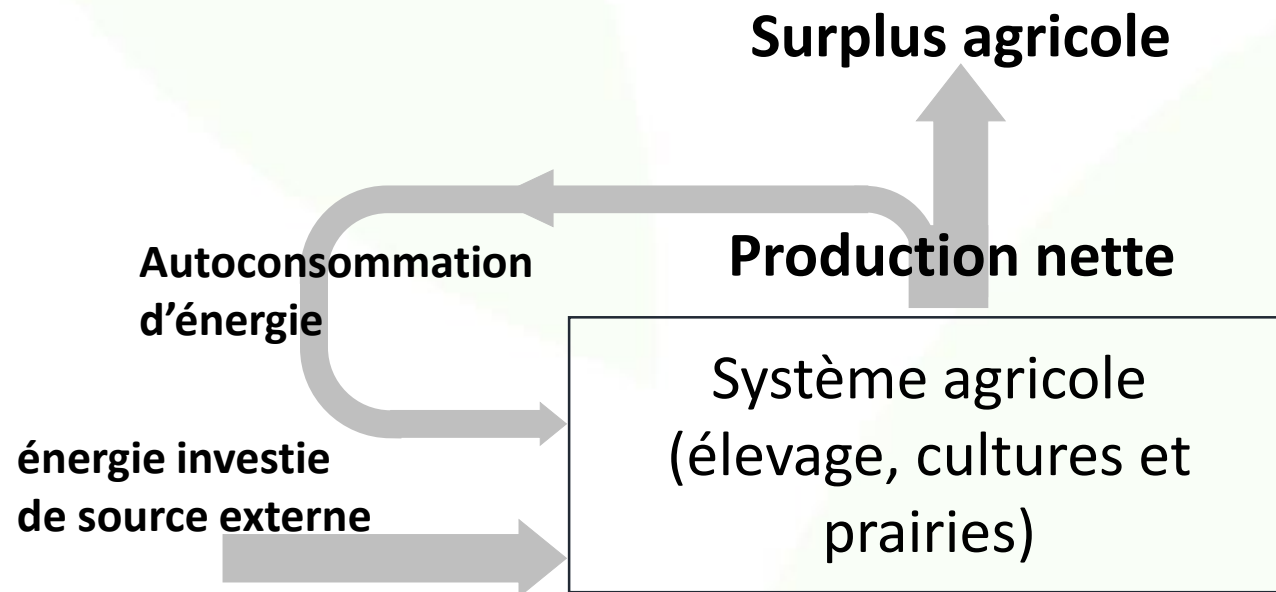


Harchaoui and Chatzimpiros, JIE, 2018



# Bilan énergétique de l'agriculture

- Bilan énergétique = Production nette - énergie investie (toute source confondue)



=> compétition entre production de surplus agricole et autosuffisance énergétique



# Perspectives associée à l'expansion de l'AB

- Contrôle des adventices
  - Travail du sol, désherbage mécanique
- Fertilisation organique
  - configuration des parcelles et mixité des exploitations à l'échelle locale
  - distance de transport entre exploitations
  - organisation de la circularité des flux de nutriments entre offre et demande

**=> Nécessaire d'engager plus de travaux sur la quantification de la consommation d'énergie pour ces 2 postes en AB**



# Conclusion

- Le surplus agricole est aujourd'hui assuré par les énergies fossiles externes au système agricole => augmenter la sobriété énergétique dans les pratiques
- La substitution de ces énergies fossiles par des énergies renouvelables impacte le surplus agricole disponible
- La perspective de longue durée montre que la société fait des choix sur les usages de la biomasse (alimentation humaine, animale, énergie)

⇒ L'approche système et le bilan énergétique de l'agriculture sont critiques dans l'exercice de prospective dans la transition énergétique (et objectifs SNBC, PPE)

⇒ Plus de recherches sur l'impact des pratiques de l'AB à grande échelle sur la consommation d'énergie



# Références principales

Harchaoui, S., Chatzimpiros, P., 2019. Energy, Nitrogen, and Farm Surplus Transitions in Agriculture from Historical Data Modeling. France, 1882-2013.: Energy, Nitrogen, and Farm Surplus Transitions. J. Ind. Ecol. <https://doi.org/10.1111/jiec.12760>

Harchaoui, S., Chatzimpiros, P., 2018. Can Agriculture Balance Its Energy Consumption and Continue to Produce Food? A Framework for Assessing Energy Neutrality Applied to French Agriculture. Sustainability,. doi: 10.3390/su10124624. URL <https://hal.inrae.fr/hal-02998648>.

Harchaoui, S. Modélisation des transitions en agriculture : énergie, azote et capacité nourricière de la France dans la longue durée (1882-2016) et prémices pour une généralisation à l'échelle mondiale, Thèse, 2019







**VIVEZ  
DE NOUVELLES  
EXPERIENCES  
AGRICOLES**

**Petros Chatzimpiros**  
**LIED, Université Cité Paris**  
**[petros.chatzimpiros@u-paris.fr](mailto:petros.chatzimpiros@u-paris.fr)**

**Souhil Harchaoui**  
**UMR SAS, INRAE**  
**[souhil.harchaoui@inrae.fr](mailto:souhil.harchaoui@inrae.fr)**



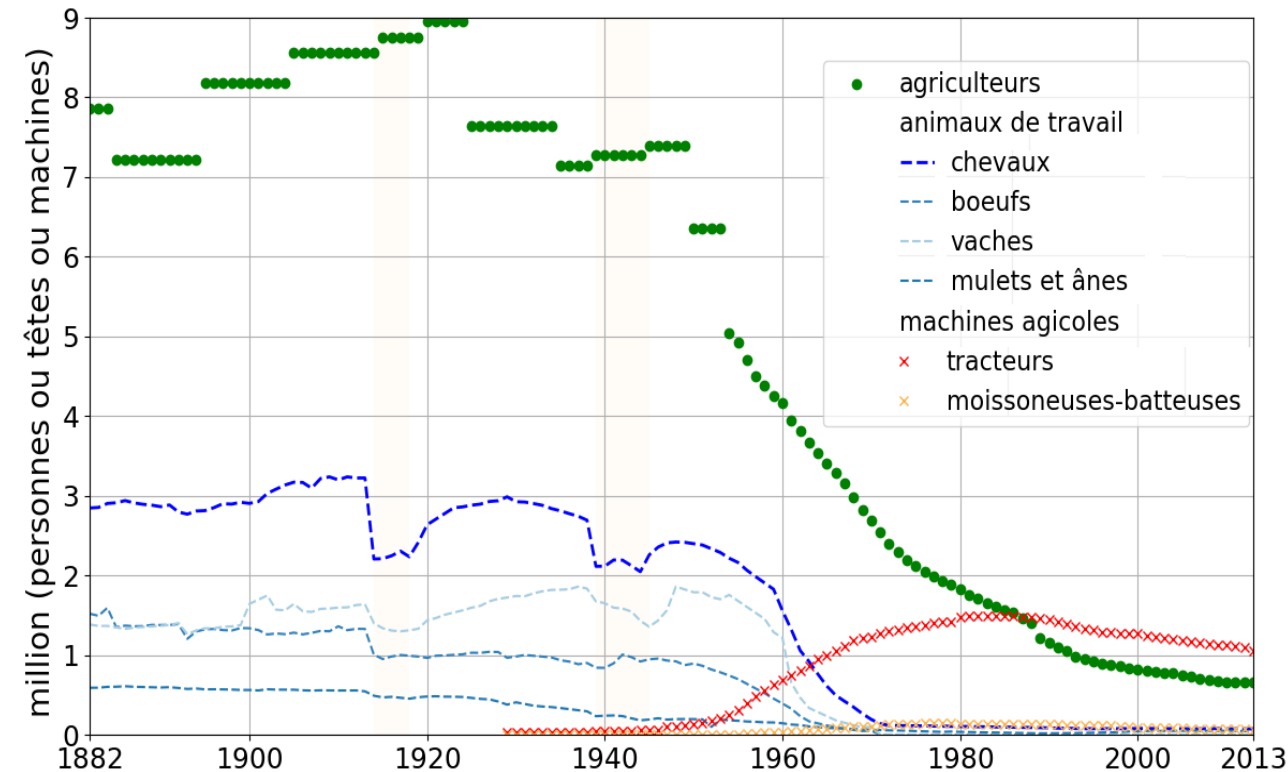
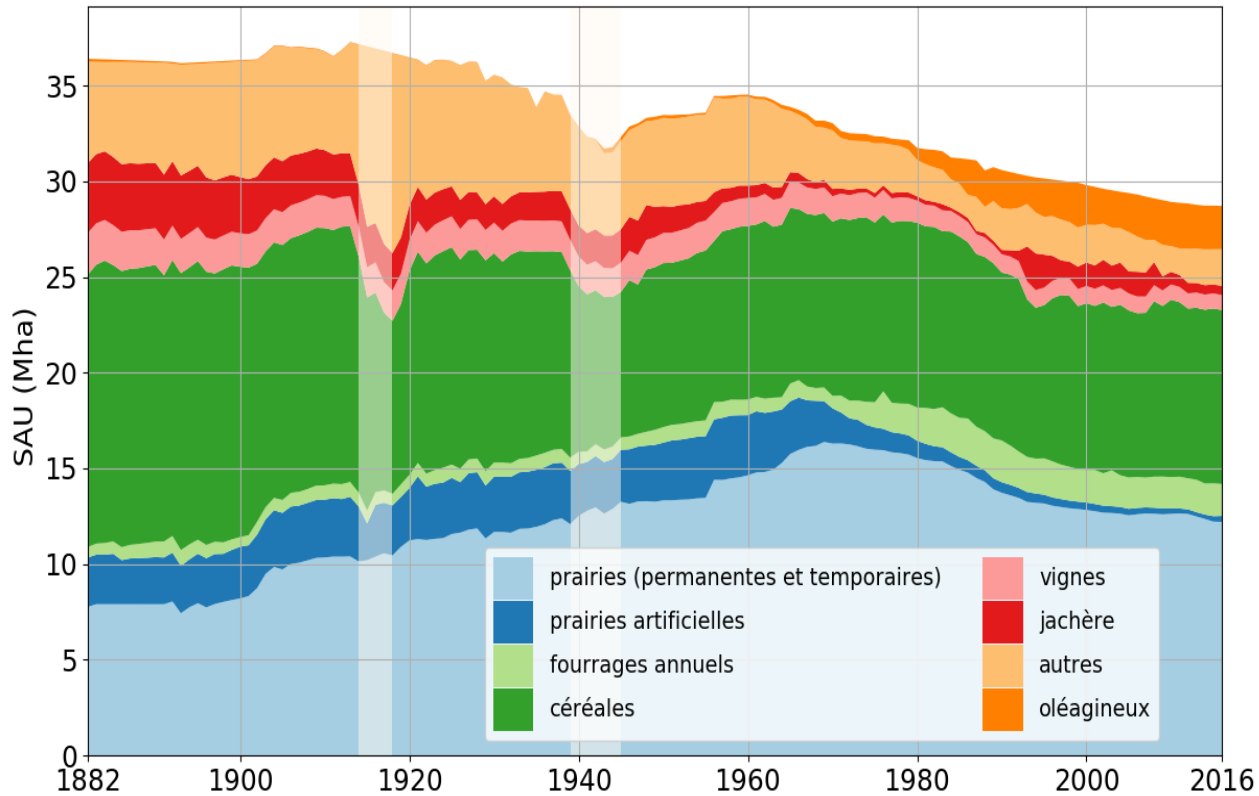


**VIVEZ  
DE NOUVELLES  
EXPERIENCES  
AGRICOLES**

# Appendix

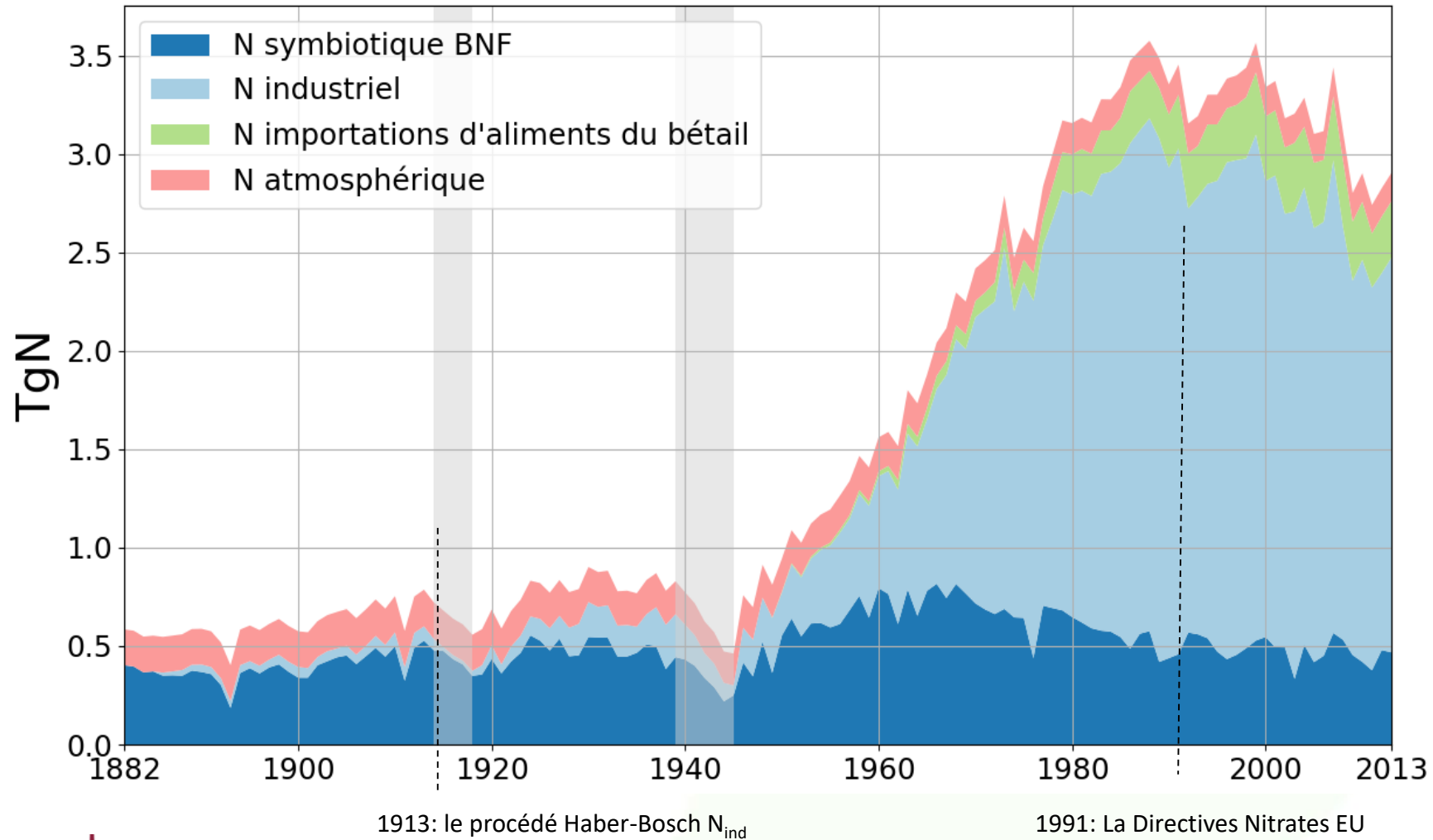
# Exemple de transition des sources d'énergie utilisée

## Surface agricole et effectifs des agriculteurs et moyens de traction : mécanisation agricole



# Entrées d'azote

$$N_{\text{tot}} = N_{\text{atm}} + \text{BNF} + N_{\text{ind}} + N_{\text{imp}}$$



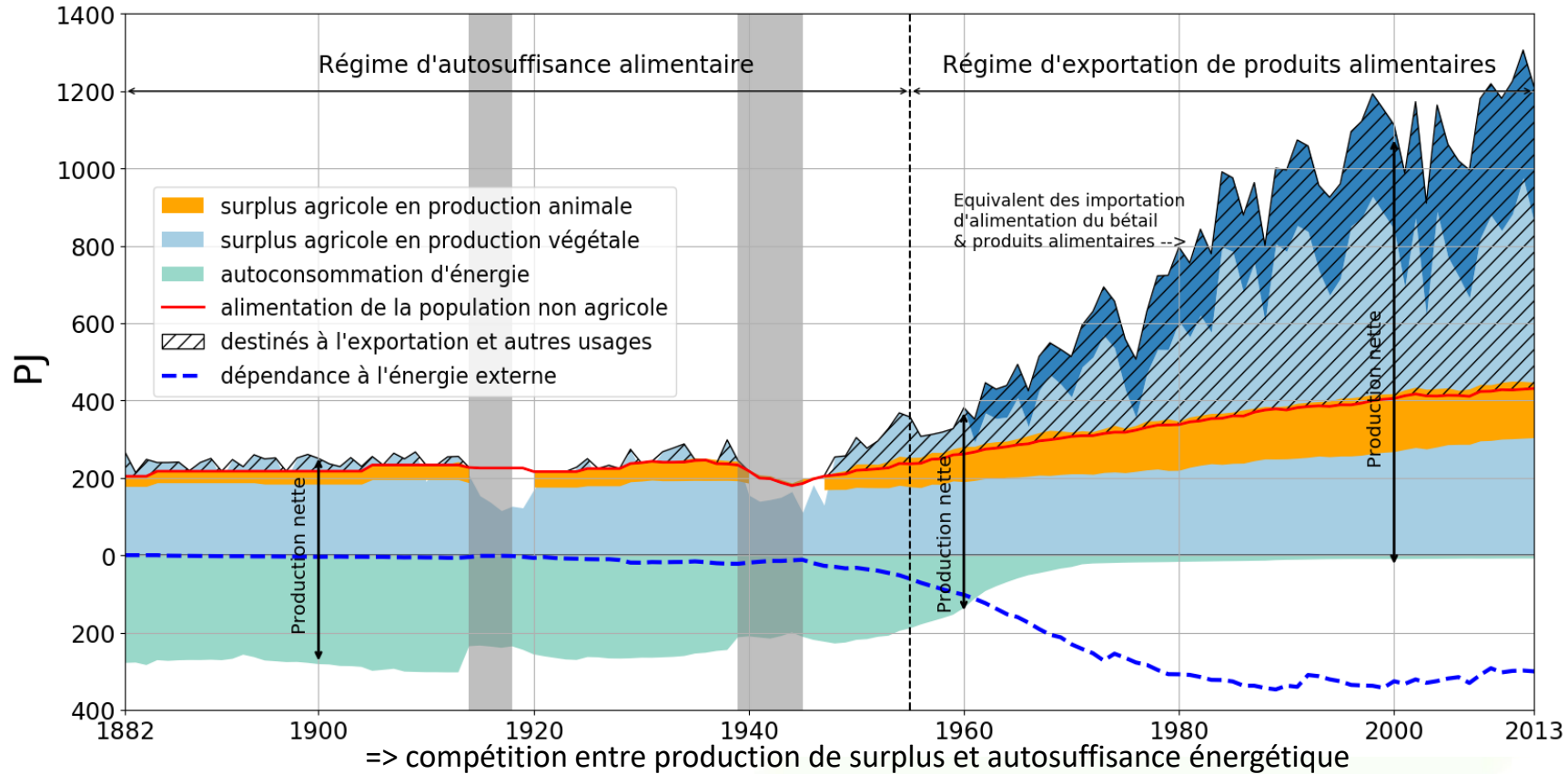
Harchaoui and Chatzimpiros, JIE, 2018

1913: le procédé Haber-Bosch  $N_{\text{ind}}$

1991: La Directives Nitrates EU



# Surplus agricole et transitions agricoles



Harchaoui and Chatzimpiros, JIE, 2018

**Surplus = production – autoconsommation**

**=> Le surplus fournit la biomasse pour l'alimentation et les biocarburants**



# Quels voies possibles pour les engins agricoles pour réduire la dépendance aux énergies fossiles ?

- **Bioénergie**

- Engins agricoles fonctionnant au biogaz
- ou à l'hydrogène vert

- **Electrification des tracteurs et moissonneuses-batteuses**

## Mais contraintes:

- Accès à un réseau électrique
- Taille des engins
- Limite des batteries
- Poids des engins
- Fenêtre des journées ergonomiquement praticables pour la récolte des céréales est de plus en plus courte

