



La grande transition fossile de l'agriculture française

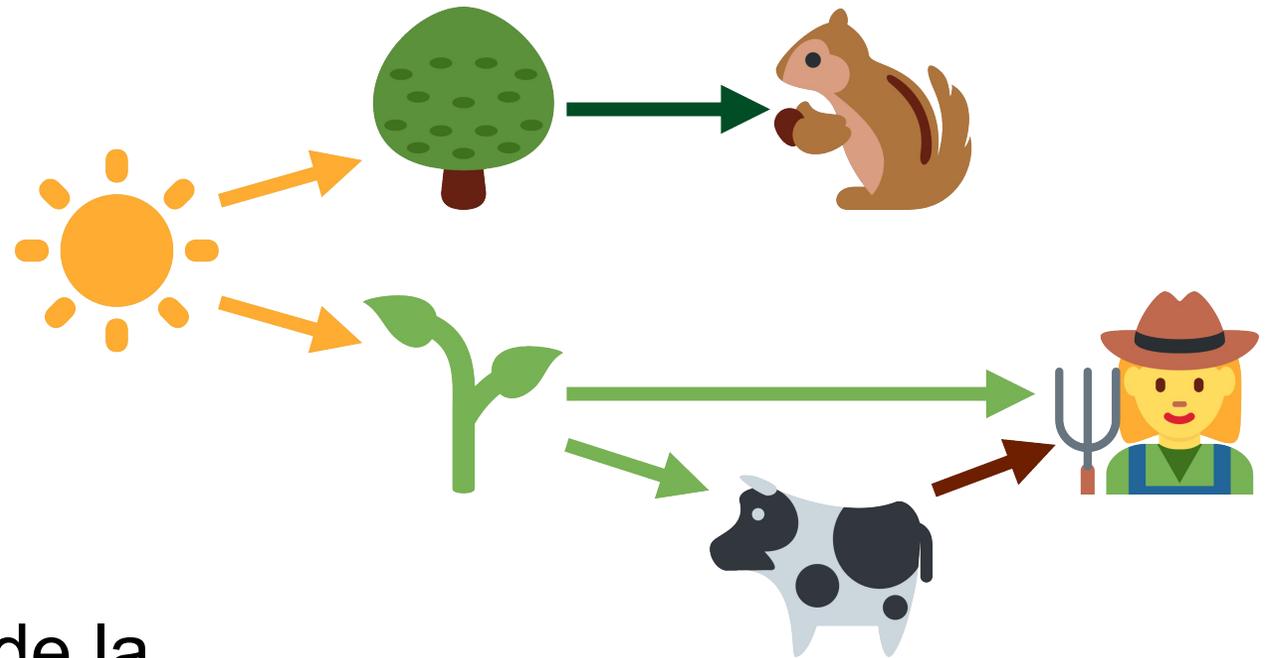
Étude des transformations métaboliques (flux de matière et d'énergie) associées à la spécialisation en Grande culture du Bassin parisien (1945-2013)

Mathieu Maguet¹ et Julia Le Noë²

(1) ENS Paris-Saclay, 91190 Gif-sur-Yvette

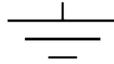
(2) IRD, iEES, 75005 Paris

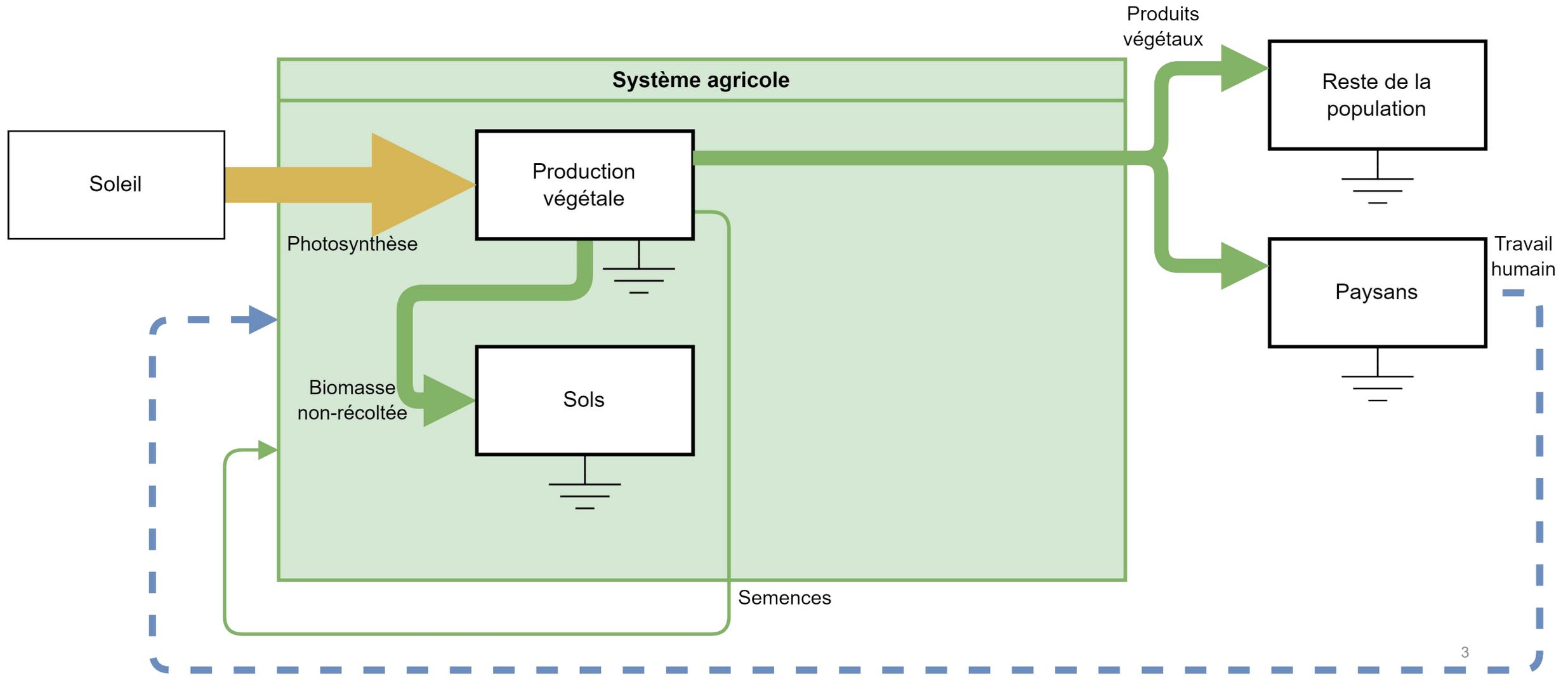
L'énergie en agriculture



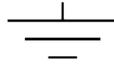
- Agriculture : optimisation de la photosynthèse par et pour les sociétés
- Approche métabolique
 - Articulation des flux médiés par les activités biologiques et socio-économiques
 - Flux biophysiques : matière et énergie

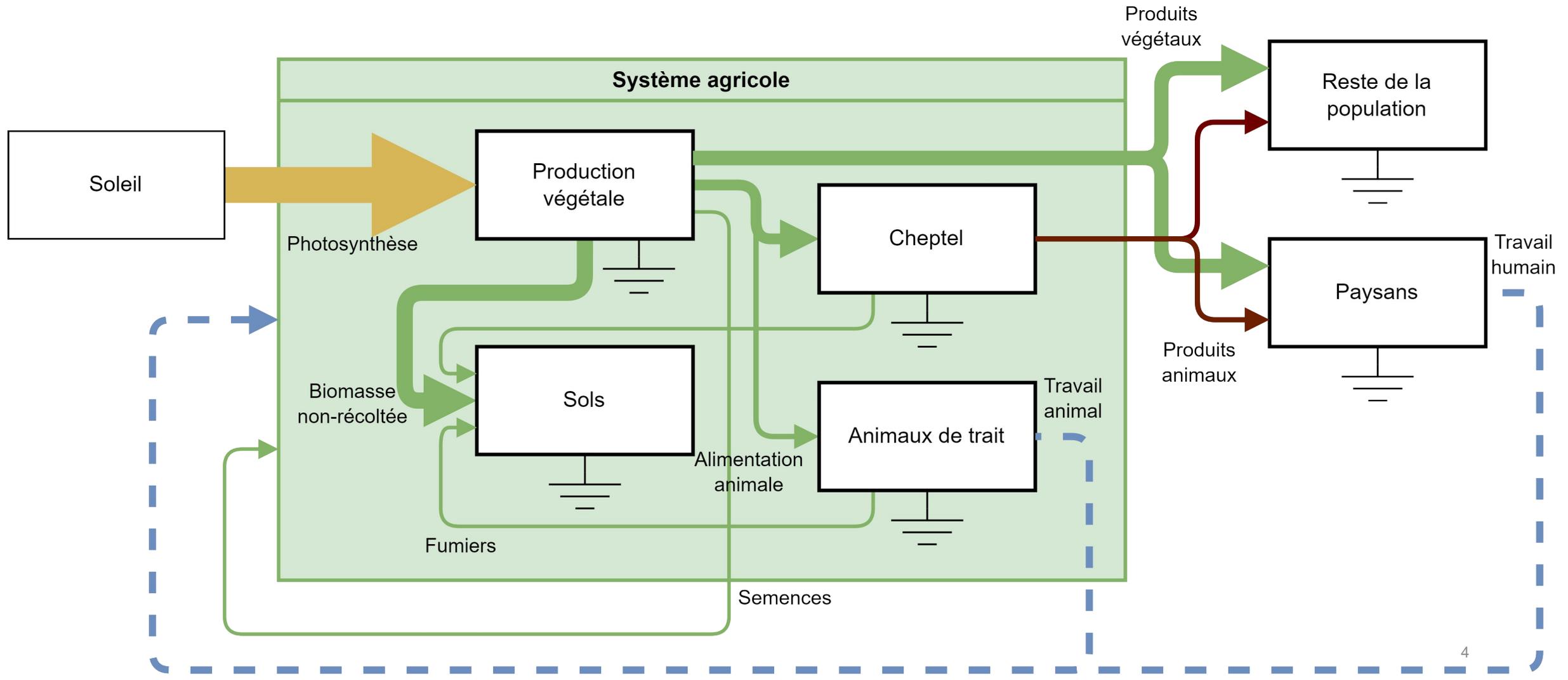
Flux d'énergie dans un système agricole « traditionnel »

-  Dissipation d'énergie
-  Dissipation d'énergie pour le travail humain et animal
-  Énergie solaire
-  Énergie contenue dans la biomasse
-  Énergie contenue dans la production animale (biomasse)

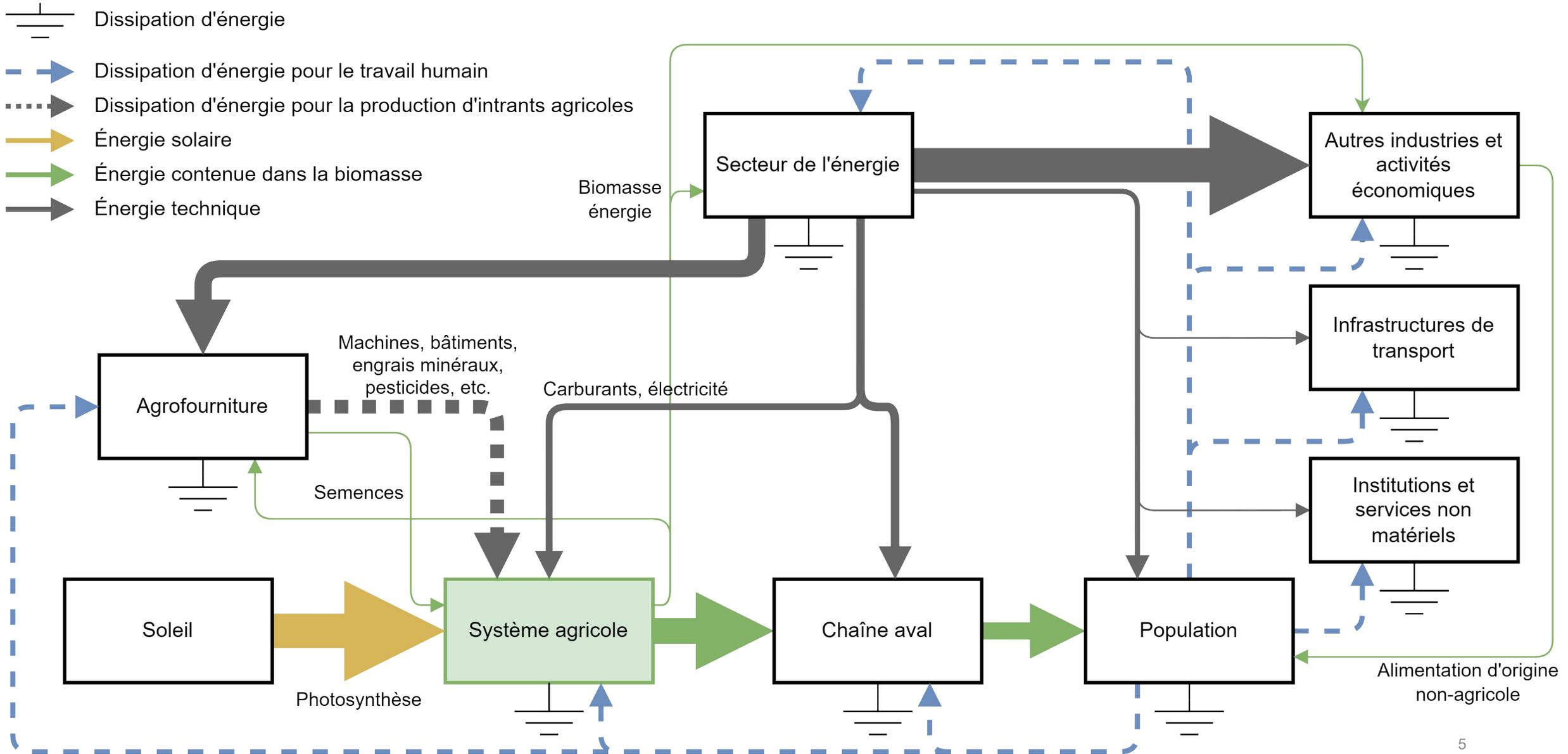


Flux d'énergie dans un système agricole « traditionnel »

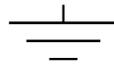
-  Dissipation d'énergie
-  Dissipation d'énergie pour le travail humain et animal
-  Énergie solaire
-  Énergie contenue dans la biomasse
-  Énergie contenue dans la production animale (biomasse)



Flux d'énergie dans un système agricole « moderne »



Flux d'énergie dans un système agricole « moderne »

 Dissipation d'énergie

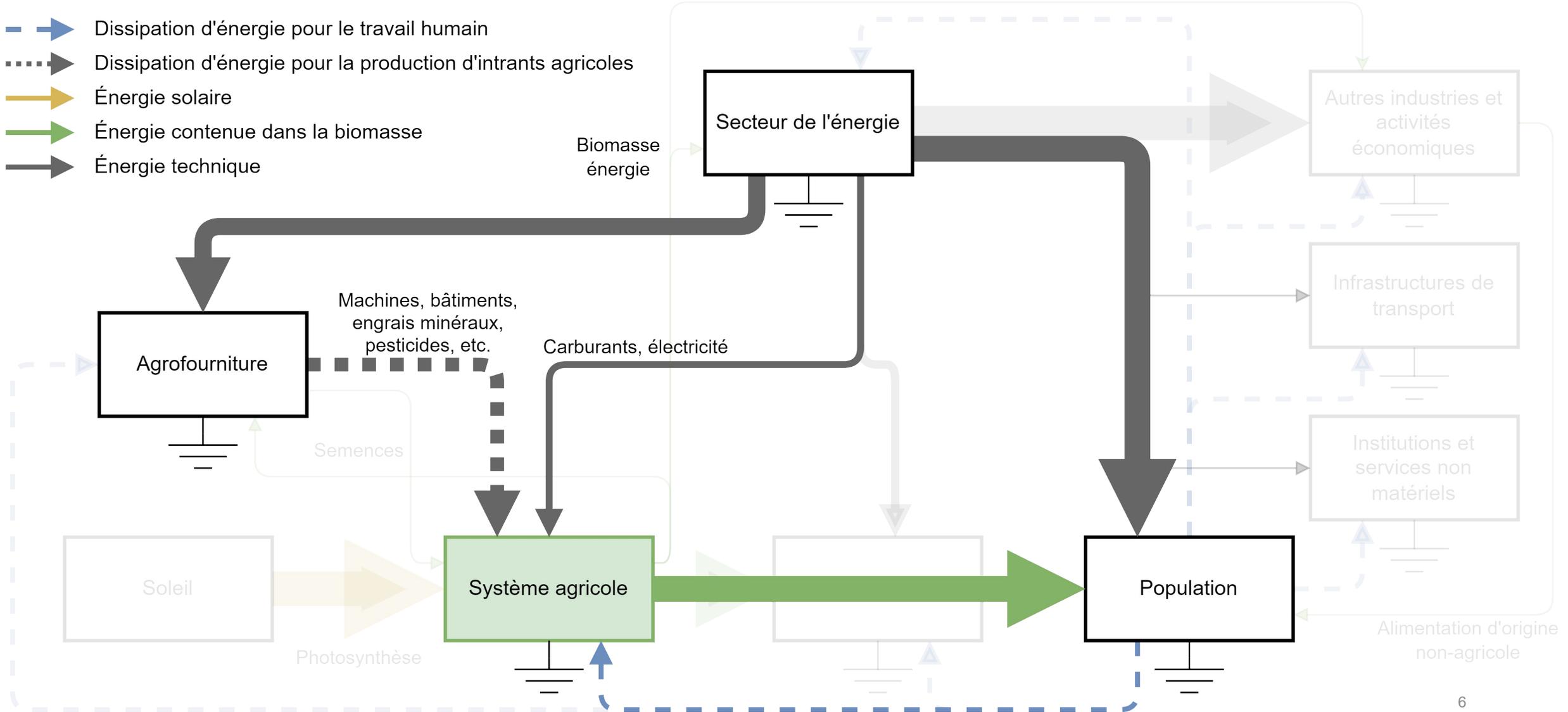
 Dissipation d'énergie pour le travail humain

 Dissipation d'énergie pour la production d'intrants agricoles

 Énergie solaire

 Énergie contenue dans la biomasse

 Énergie technique



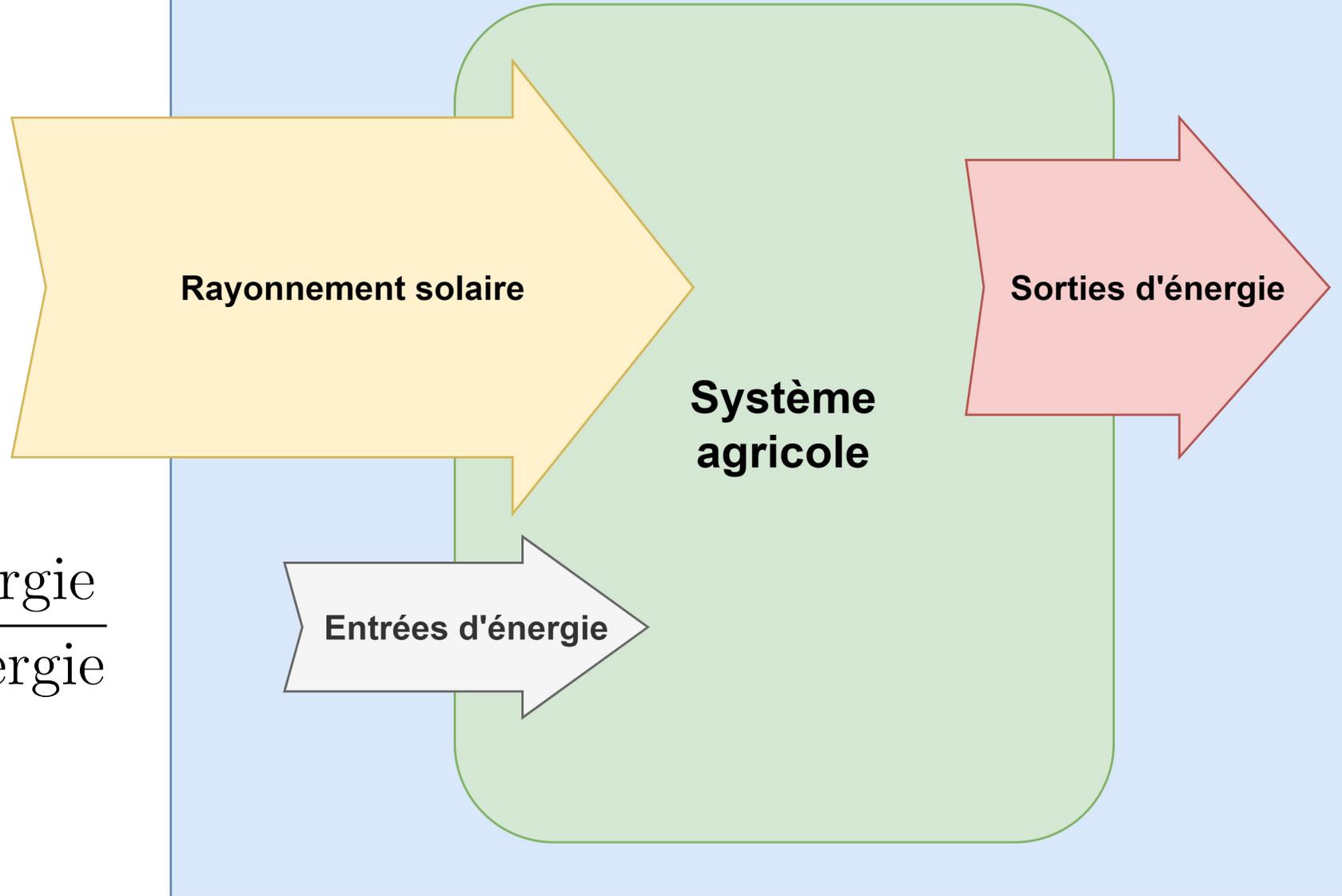
EROI : Taux de retour énergétique

(Energy Return on Investment)

$$\text{EROI} = \frac{\text{Sorties d'énergie}}{\text{Entrées d'énergie}}$$

Environnement

Économie



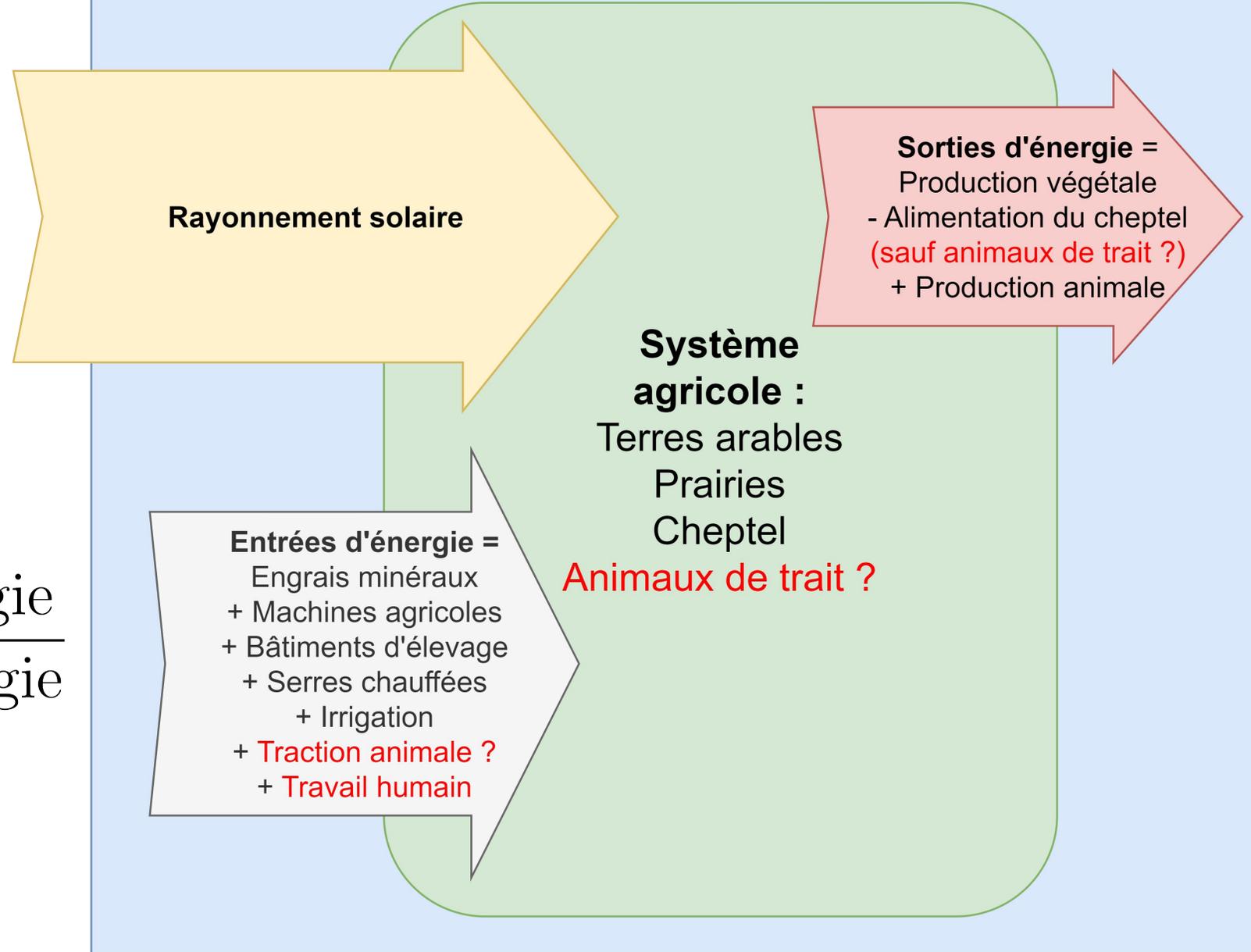
EROI : Taux de retour énergétique

(Energy Return on Investment)

$$\text{EROI} = \frac{\text{Sorties d'énergie}}{\text{Entrées d'énergie}}$$

Environnement

Economie



Deux choix conceptuels, quatre EROIs

Position des animaux de trait	Dans le système agricole (1)		
	Externes au système agricole (2)		

Deux choix conceptuels, quatre EROIs

		Énergie nécessaire au travail humain	
		Consommation d'énergie totale (T)	Consommation alimentaire (F)
Position des animaux de trait	Dans le système agricole (1)		
	Externes au système agricole (2)		

Deux choix conceptuels, quatre EROIs

		Énergie nécessaire au travail humain	
		Consommation d'énergie totale (T)	Consommation alimentaire (F)
Position des animaux de trait	Dans le système agricole (1)	$EROI_1^T$	$EROI_1^F$
	Externes au système agricole (2)	$EROI_2^T$	$EROI_2^F$

Deux choix conceptuels, quatre EROIs

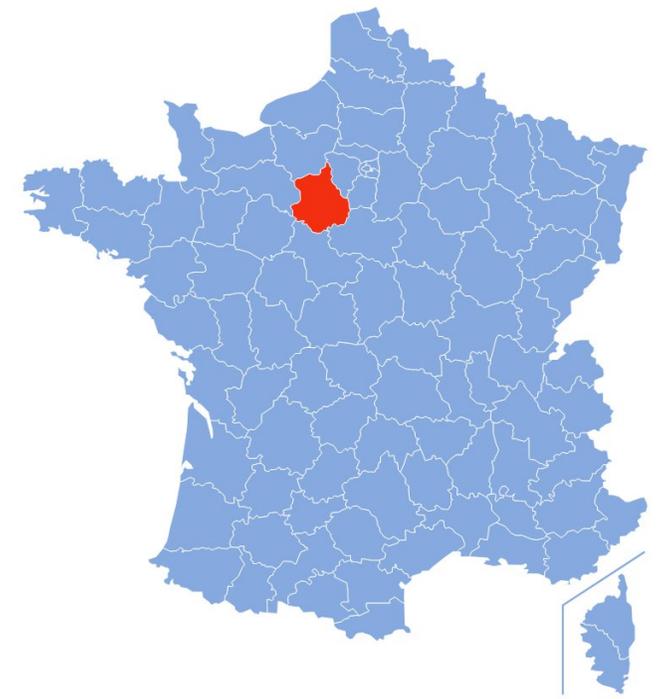
		Énergie nécessaire au travail humain	
		Consommation d'énergie totale (T)	Consommation alimentaire (F)
Position des animaux de trait	Dans le système agricole (1)	$EROI_1^T$	$EROI_1^F$
	Externes au système agricole (2)	$EROI_2^T$	$EROI_2^F$

- $EROI_1^T$: reflète le surplus énergétique apporté par l'agriculture au reste de l'économie, permettant de soutenir des activités non-agricoles
 - Approche économique
- $EROI_2^F$: efficacité avec laquelle les productions végétales et animales utilisent l'énergie
 - Approche biologique

Cas d'étude

- Système agricole de l'Eure-et-Loir
 - Spécialisation précoce en grandes cultures
 - Grandes plaines céréalières
 - 1946-2013

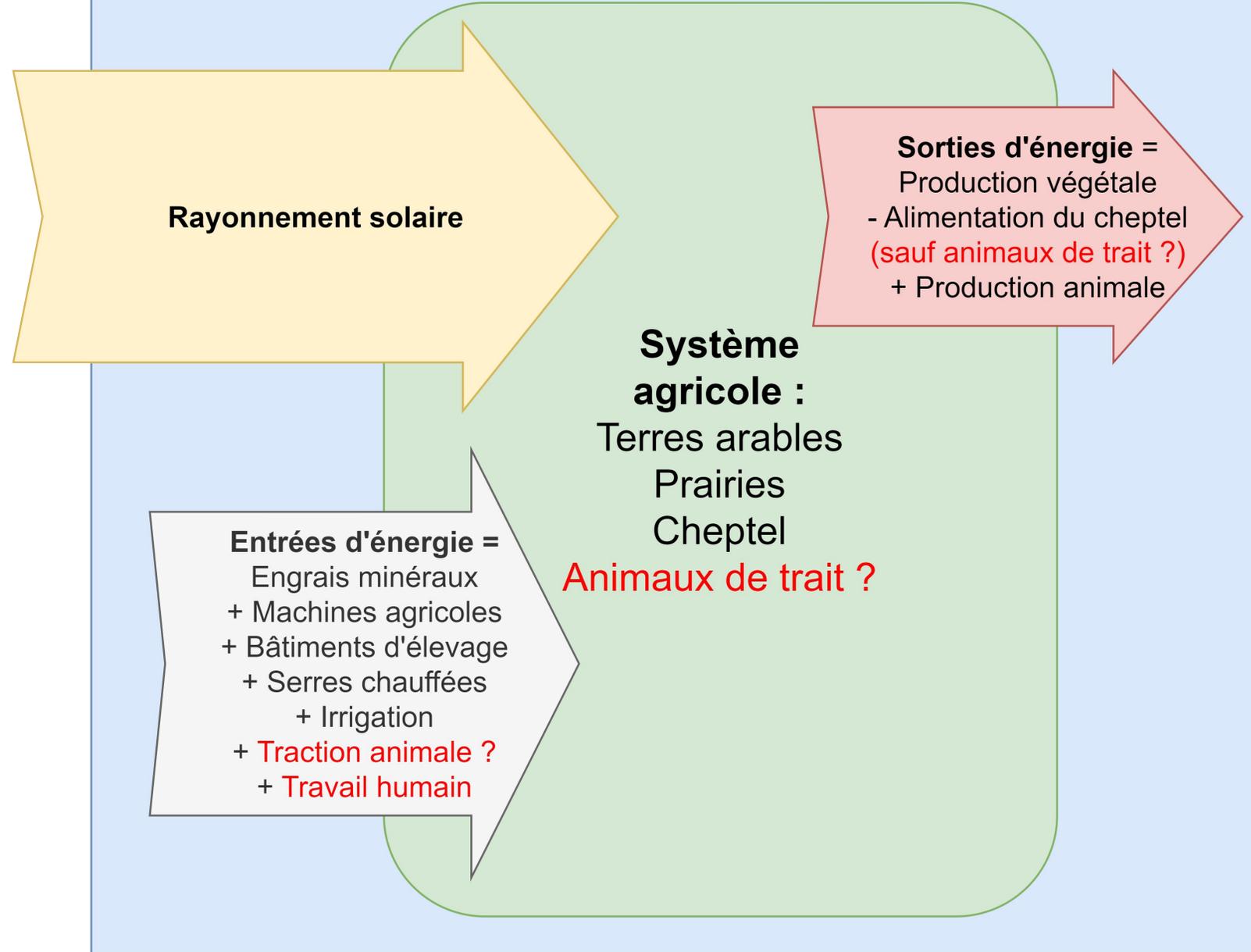
La Beauce



Environnement

Economie

Flux d'énergie à estimer



Eure-et-Loir
1946-2013

Sources et méthodes

Méthode générale :

1. Collecte de données
2. Mise en cohérence des données (dans le temps)
3. Collecte et estimation des coefficients de conversion en énergie
4. Calcul des flux d'énergie
5. Calcul de l'EROI

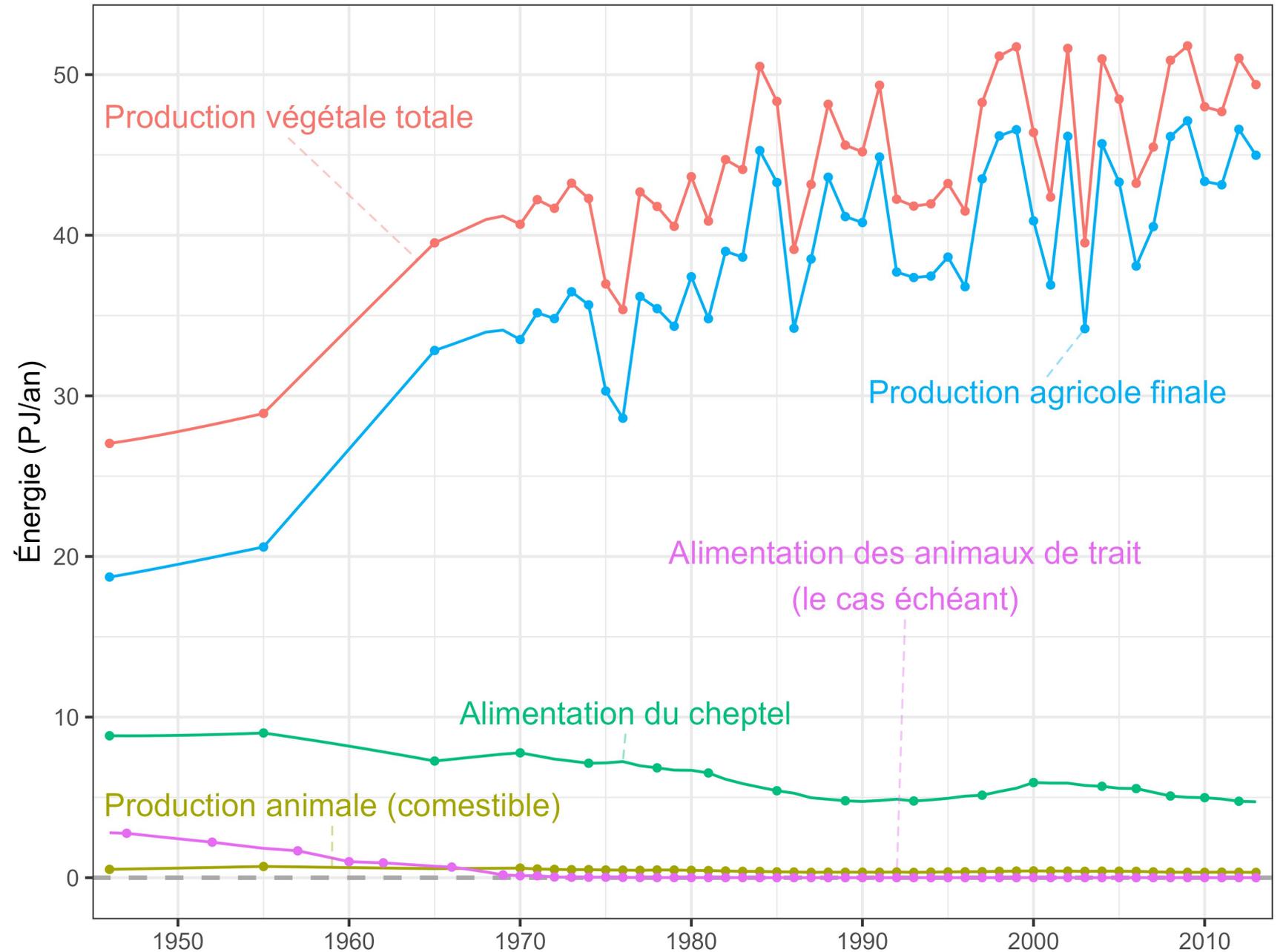
Sources :

- Statistique agricole : contemporaine et archives
- Travaux académiques
 - Le Noë (2018)
 - Harchaoui et Chatzimpiros (2019)
 - Aguilera et al. (2015)
 - Guzmán et al. (2014)

Sorties d'énergie : production agricole

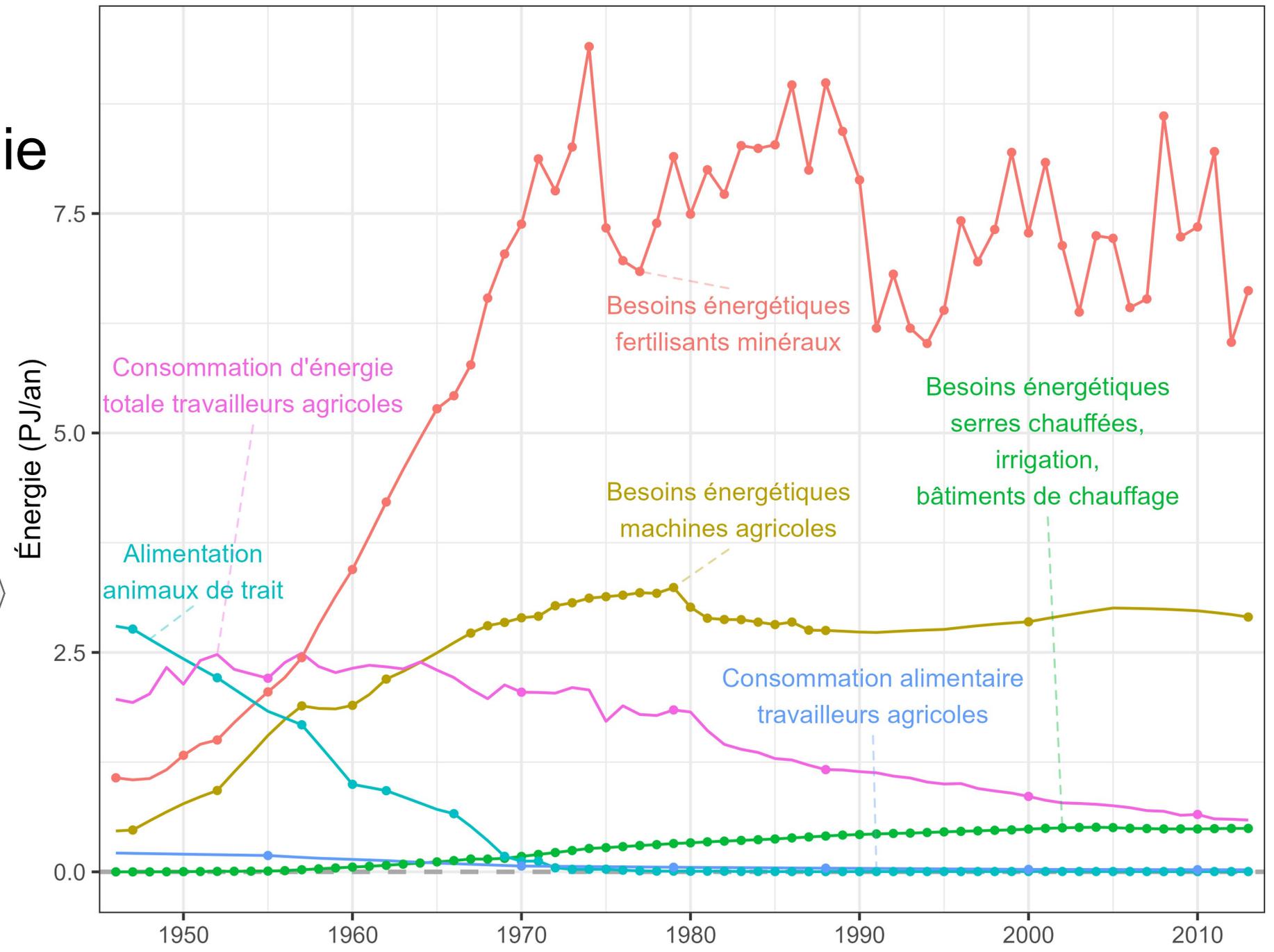
Sorties d'énergie =
Énergie contenue dans
les produits agricoles

$$\text{Prod. ag.} = \text{prod. veg. tot.} + \text{prod. anim.} - \text{alim. anim.} \quad (\text{sauf alim. trait ?})$$

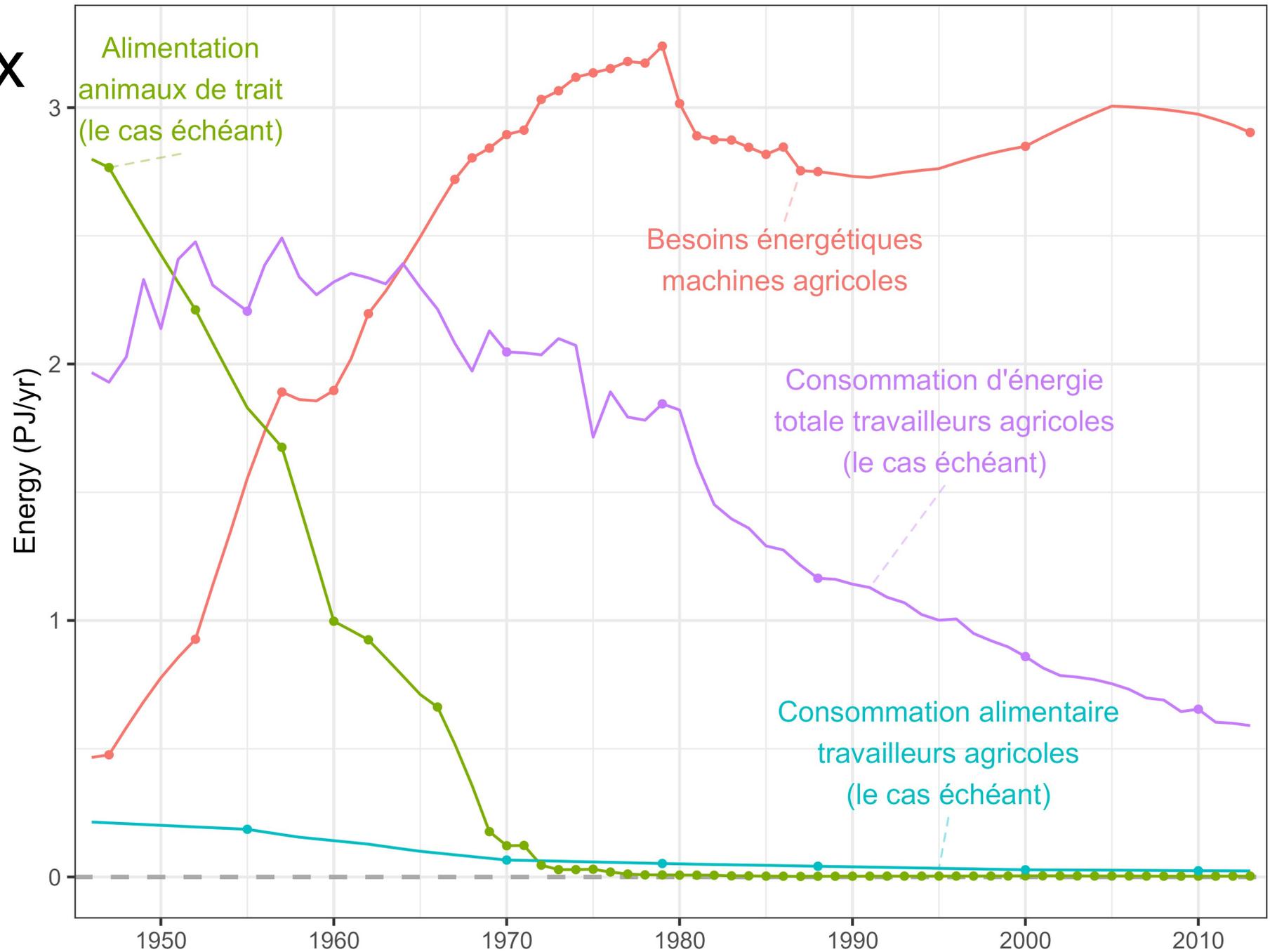
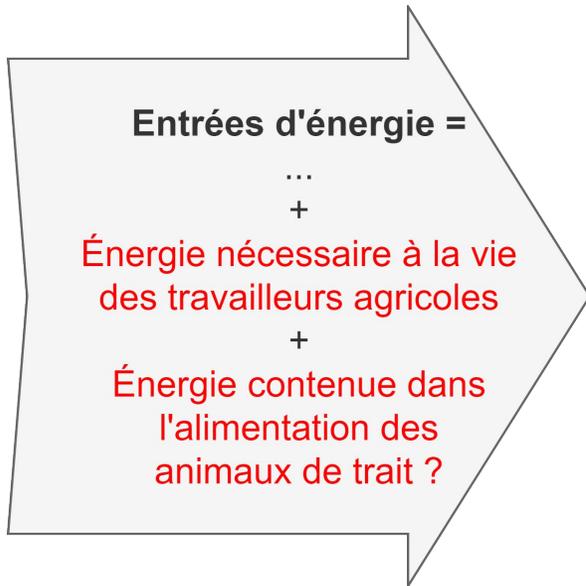


Ensemble des entrées d'énergie

Entrées d'énergie =
 Énergie contenue dans le carburant
 +
 Énergie grise nécessaire à la production des carburants, engrais minéraux et machines
 +
 Énergie alimentant les bâtiments d'élevage, les serres chauffées et l'irrigation
 +
 Énergie nécessaire à la vie des travailleurs agricoles
 +
 Énergie contenue dans l'alimentation des animaux de trait ?

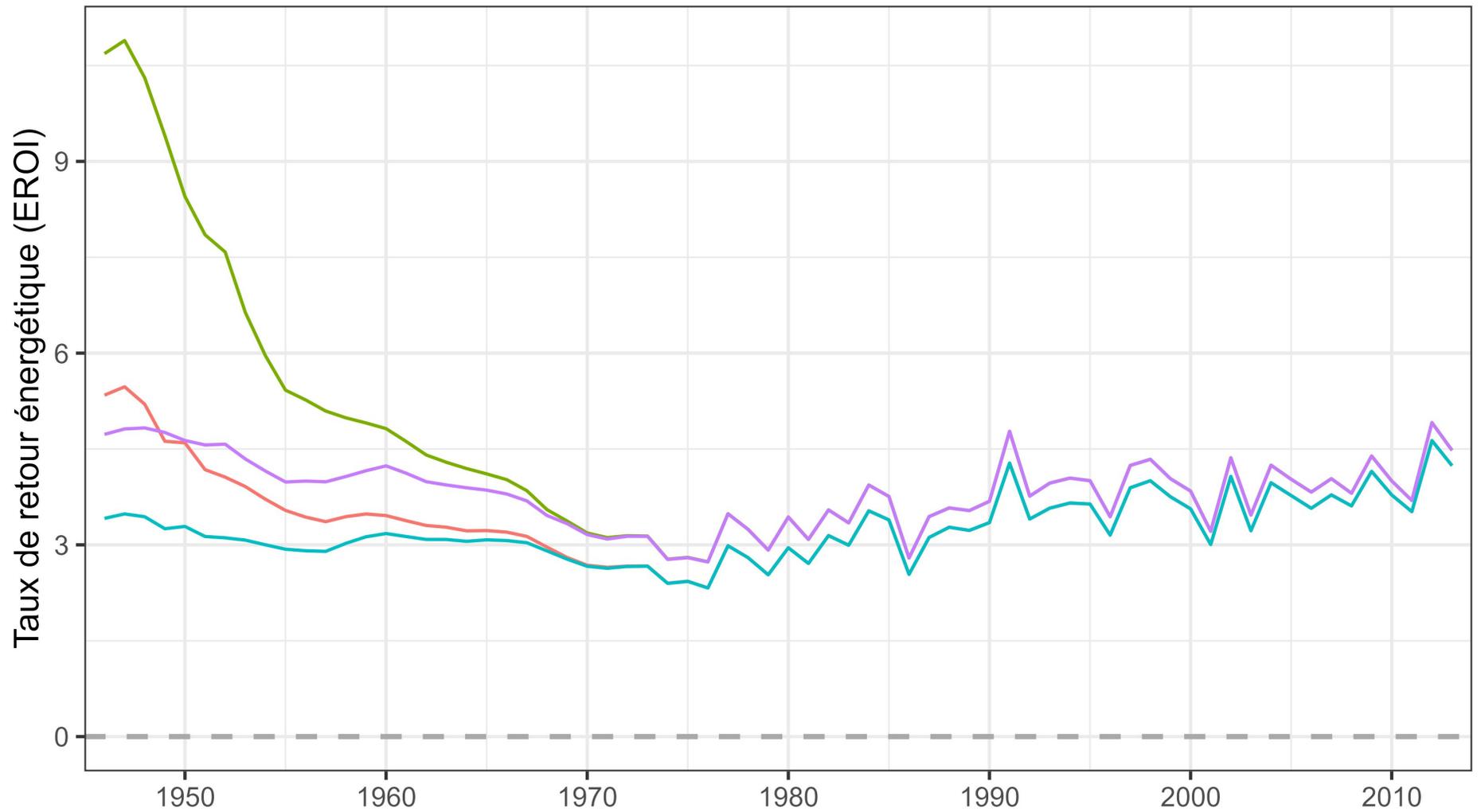


Effets des choix conceptuels



EROI (Taux de retour énergétique)

$$\text{EROI} = \frac{\text{Sorties d'énergie}}{\text{Entrées d'énergie}}$$



Énergie nécessaire au travail humain

Position des animaux de trait

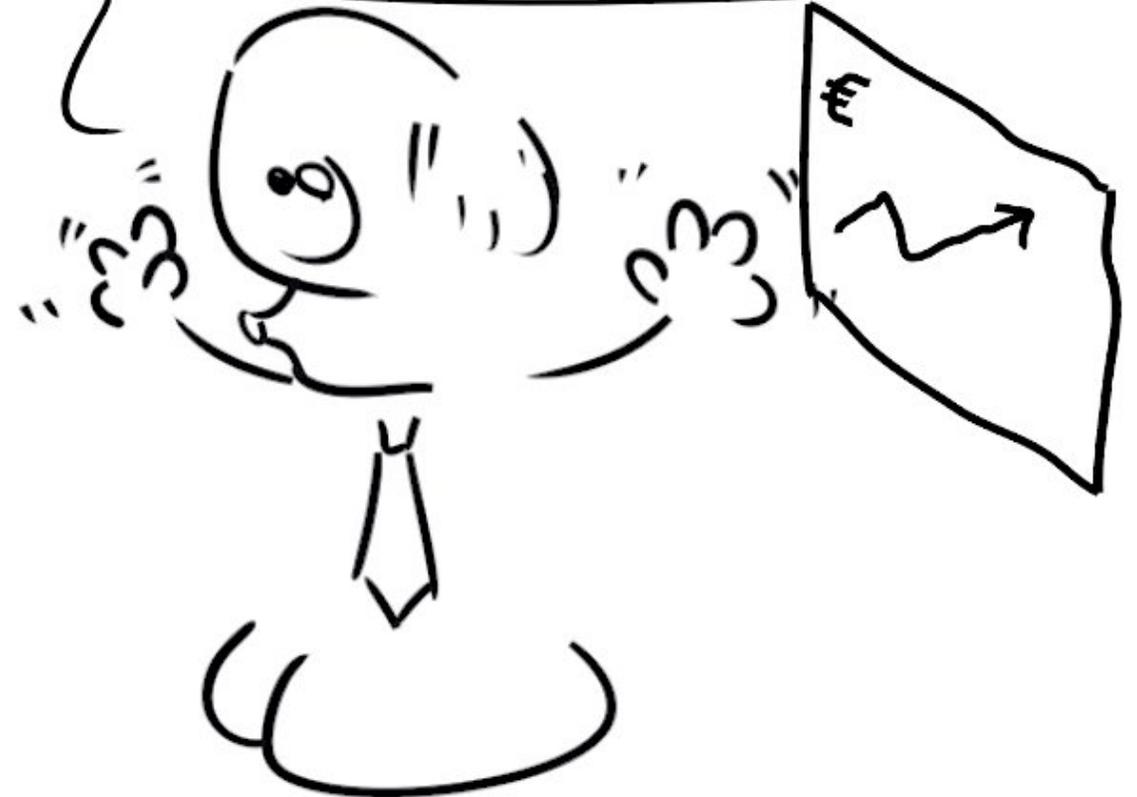
	Énergie nécessaire au travail humain	
	Consommation d'énergie totale (T)	Consommation alimentaire (F)
Dans le système agricole (1)	EROI ₁ ^T	EROI ₁ ^F
Externes au système agricole (2)	EROI ₂ ^T	EROI ₂ ^F

Interprétation des EROIs : 1946-2013

Enfin, l'efficacité énergétique de l'agriculture stagne...



Oui ! Mais elle dégage moins de surplus énergétique pour les autres acteurs de l'économie !



Merci pour votre attention !

Bibliographie I

Aguilera, Eduardo, Gloria I. Guzmán Casado, Juan Infante Amate, David Soto Fernández, Roberto García Ruiz, Antonio Herrera González de Molina, Inmaculada Villa, Eva Torremocha, Guiomar Carranza, et Manuel González de Molina. 2015. « Embodied Energy in Agricultural Inputs: Incorporating a Historical Perspective ». Sociedad Española de Historia Agraria, DT-SEHA 1507. Castelló de la Plana: Repositori Universitat Jaume I.

Cleveland, Cutler J. 1995. « The Direct and Indirect Use of Fossil Fuels and Electricity in USA Agriculture, 1910-1990 ». Agriculture, Ecosystems & Environment 55 (2): 111-21.

Guzmán, Gloria I., Eduardo Aguilera, David Soto Fernández, Antonio Cid, Juan Infante Amate, Roberto García Ruiz, Antonio Herrera González de Molina, Inmaculada Villa, et Manuel González de Molina. 2014.

« Methodology and Conversion Factors to Estimate the Net Primary Productivity of Historical and Contemporary Agroecosystems ». Sociedad Española de Historia Agraria, DT-SEHA 1407. Castelló de la Plana: Repositori Universitat Jaume I.

Bibliographie II

Harchaoui, Souhil, et Petros Chatzimpiros. (2018) 2019. « Energy, Nitrogen, and Farm Surplus Transitions in Agriculture from Historical Data Modeling: France, 1882–2013 ». *Journal of Industrial Ecology* 23 (2): 412-25.

Le Noë, Julia. 2018. « Biogeochemical functioning and trajectories of French territorial agricultural systems : carbon, nitrogen and phosphorus fluxes (1852-2014) ». Sorbonne Université.

Le Noë, Julia, Gilles Billen, Fabien Esculier, et Josette Garnier. 2018. « Long-term socioecological trajectories of agro-food systems revealed by N and P flows in French regions from 1852 to 2014 ». *Agriculture, Ecosystems & Environment* 265: 132-43.

Le Noë, Julia, Gilles Billen, et Josette Garnier. 2019. « Trajectoires des systèmes de production agricole en France depuis la fin du XIXe siècle : une approche biogéochimique ». *Innovations Agronomiques* 72: 149-61.