

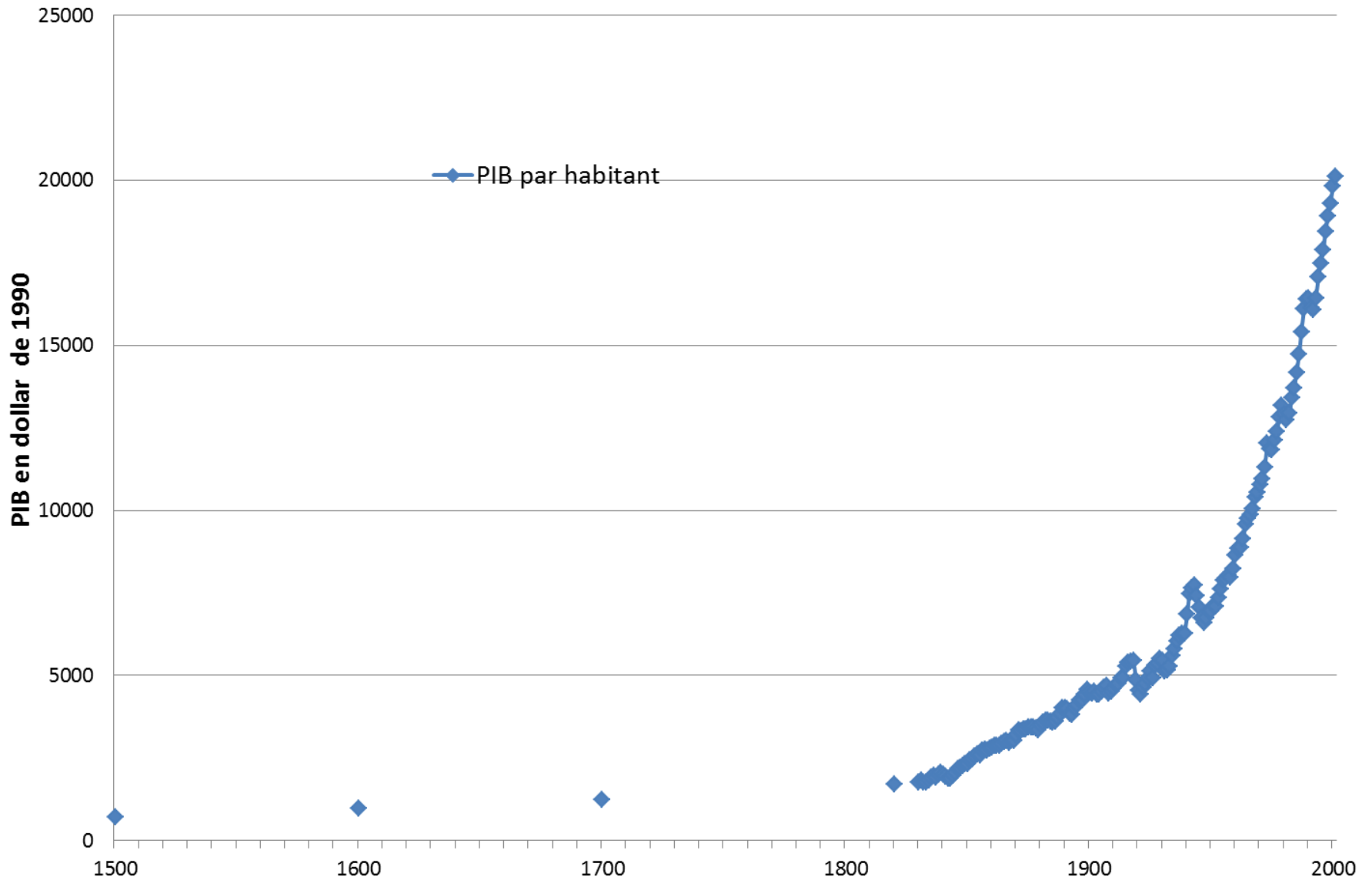


**Agriculture et métabolisme  
socio-écologique :  
du solaire au minier  
... et retour ?**

Benoit DAVIRON (CIRAD, UMR MOISA), Octobre 2018

Arles 1888

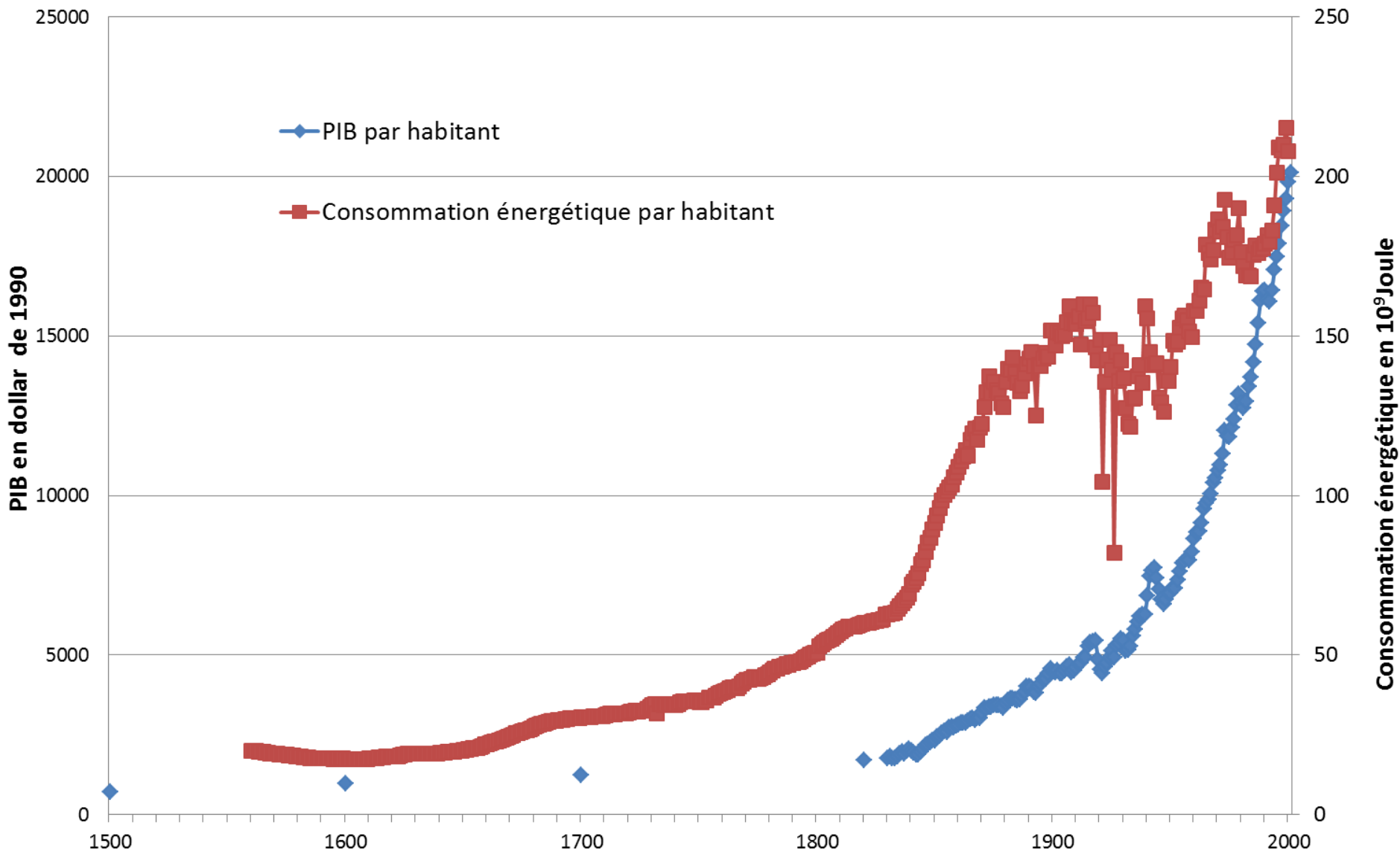
# Grande Bretagne : PIB par habitant , 1500-2000



Source : Maddison, A. (2001). The world economy : a millennial perspective. Paris, OCDE

10/10/2018

# Grande Bretagne : PIB par habitant et consommation énergétique, 1500-2000



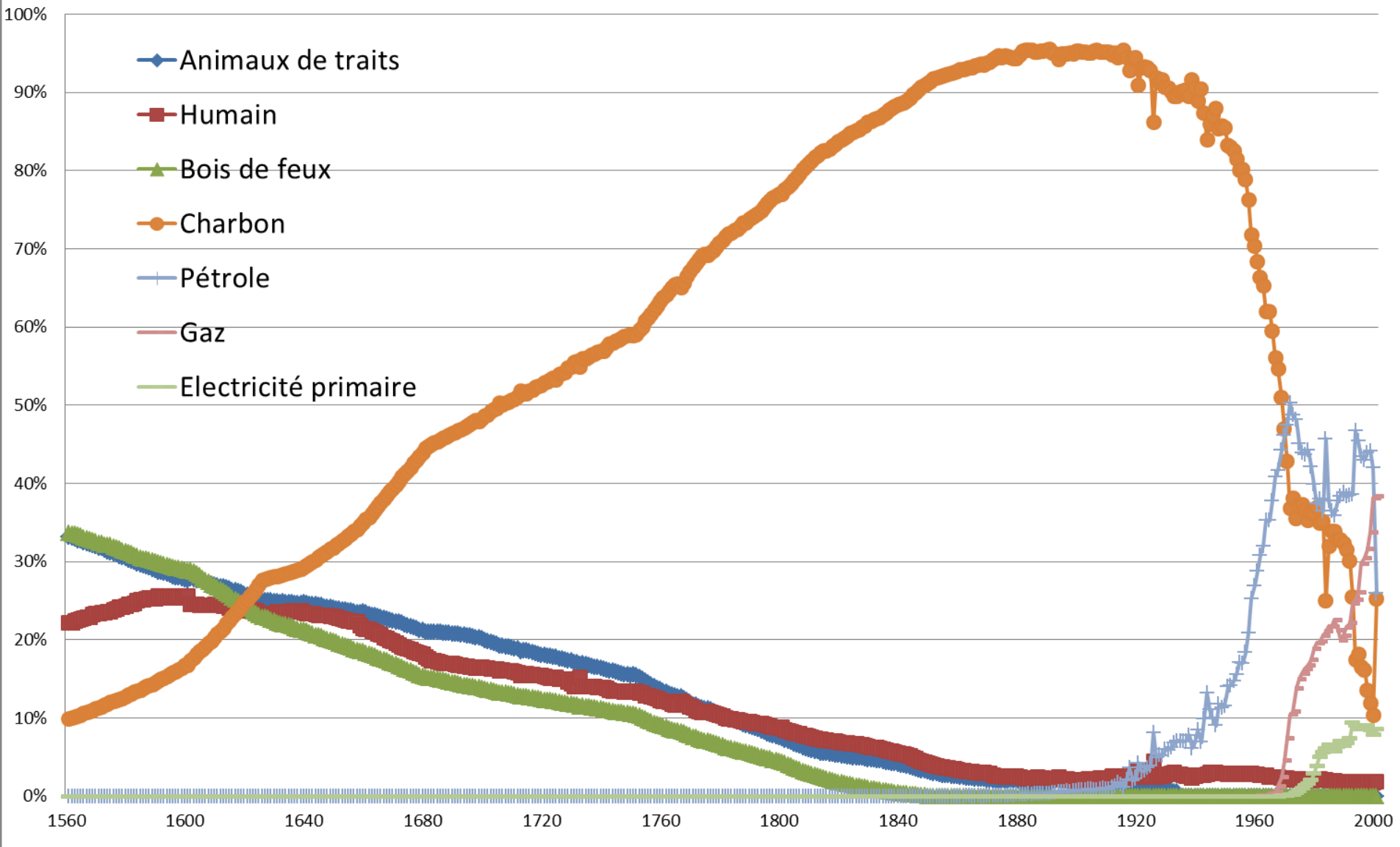
Source :

Maddison, A. (2001). The world economy : a millennial perspective. Paris, OCDE

10/10/2018

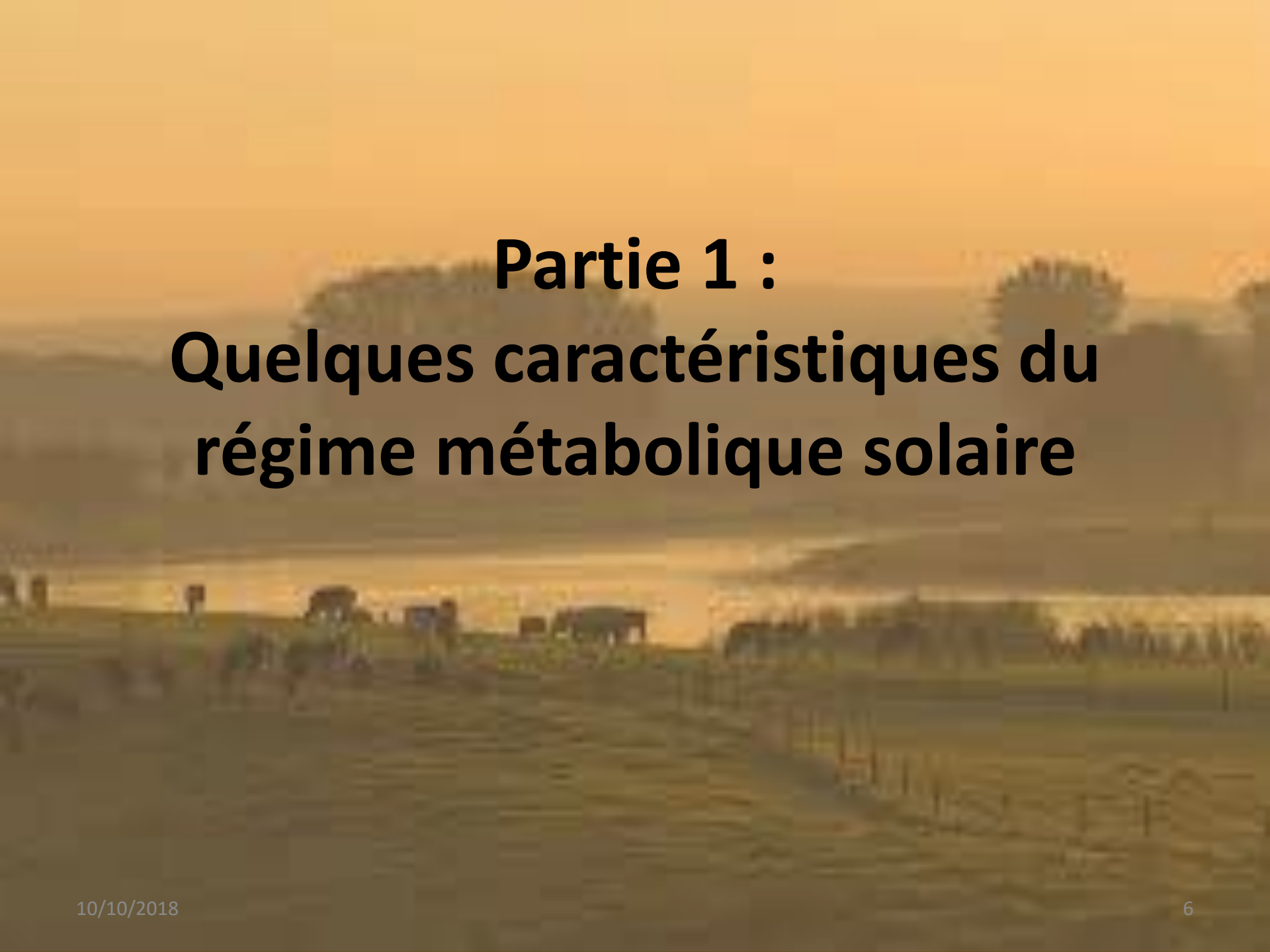
Warde, P. (2007). Energy Consumption in England & Wales, 1560-2000. Napoli, Consiglio nazionale delle ricerche. 3

# Composition de la consommation énergétique du Royaume Uni, 1560-200



# Plan

- Quelques caractéristiques du régime métabolique solaire
- L'offre agricole dans le régime métabolique minier 1: le charbon et la croissance horizontale
- La demande de biomasse dans le régime métabolique minier : la disparition des usages non alimentaires
- L'offre agricole dans le régime métabolique minier 2 : le pétrole et la croissance verticale
- Éléments de bilan



# **Partie 1 :** **Quelques caractéristiques du** **régime métabolique solaire**







# L'agriculture dans le régime métabolique solaire 1

- Agriculture = système énergétique solaire contrôlé (Rolf Peter Sieferle)
- Energie produite > énergie consommée
- Energie disponible dépend de l'espace contrôlé
- Champ, pâturage, bois = trois types d'énergie (métabolique, mécanique, thermique) = jeu à somme nulle

# L'agriculture dans le régime métabolique solaire 2 : La diversité (suite)

Culture et lieu	Rendement (jachère incluse)
Horticulture en PPNG	1 390 MJ/Ha
Blé en Inde	11 200 MJ/Ha
Mais au Mexique	29 400 MJ/Ha
Riziculture intensive en Chine	281 000 MJ/Ha

Leach, G. (1975). Energy and food production.

# L'agriculture dans le régime métabolique solaire 2 : La diversité (suite)

Société, lieu et plante	Productivité du travail
Xavante, Brésil (riz, manioc)	7100 Kcal/heure
Shipibo, Pérou (banane, maïs, haricot, manioc)	7680 Kcal/heure
Kantu, Indonésie (riz pluvial)	4500 Kcal/heure
Anglais, 1800 (blé, lait, viande)	2600 Kcal/heure

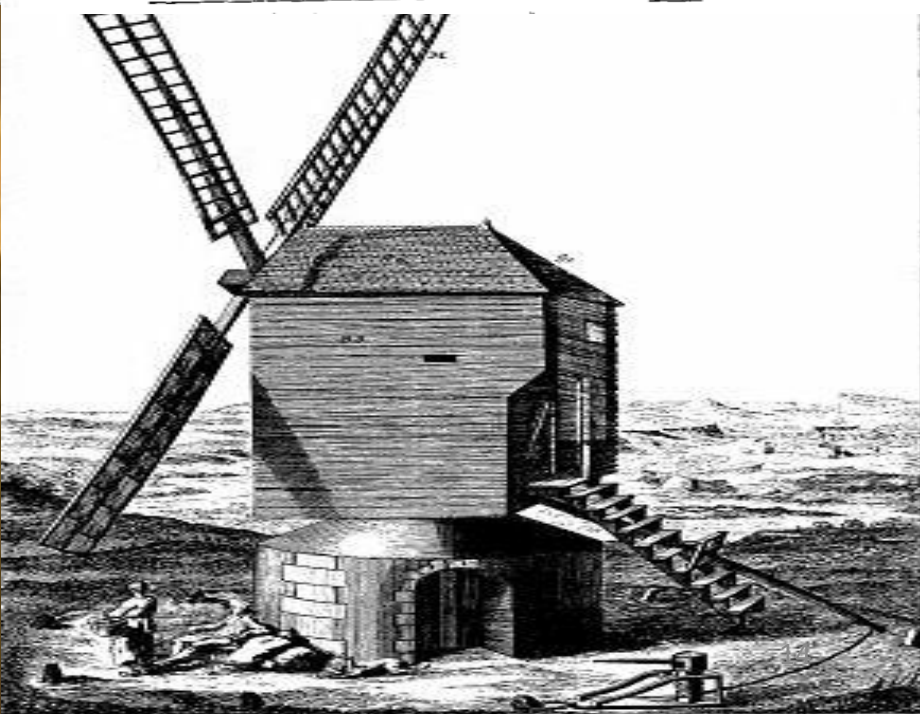
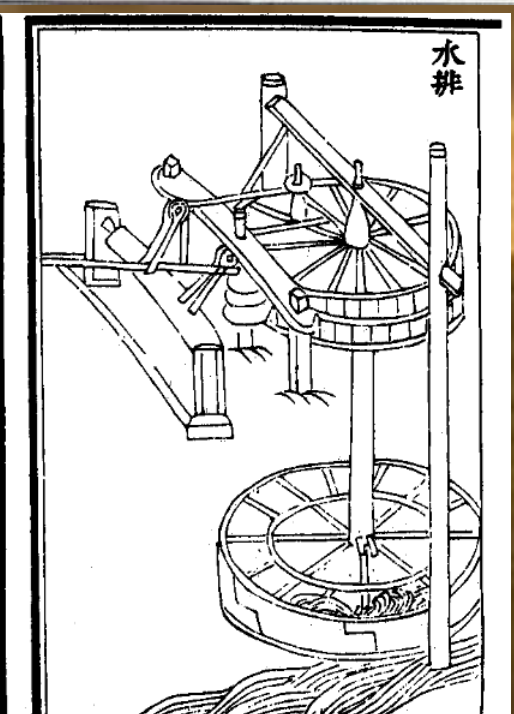
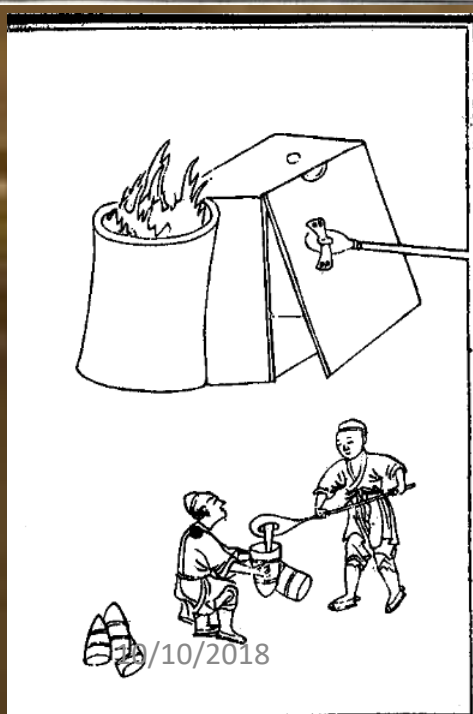
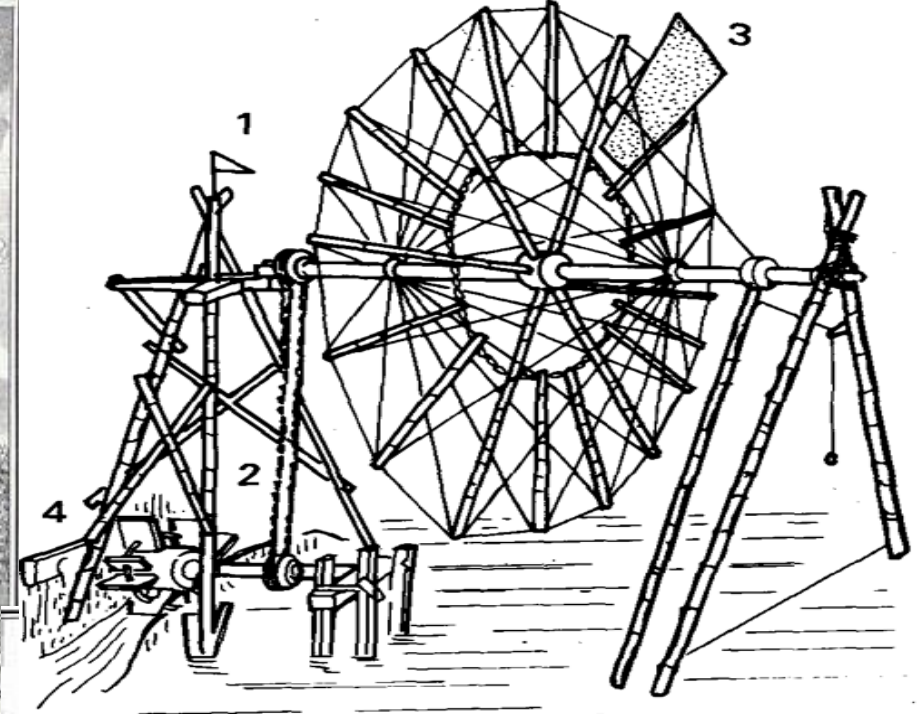
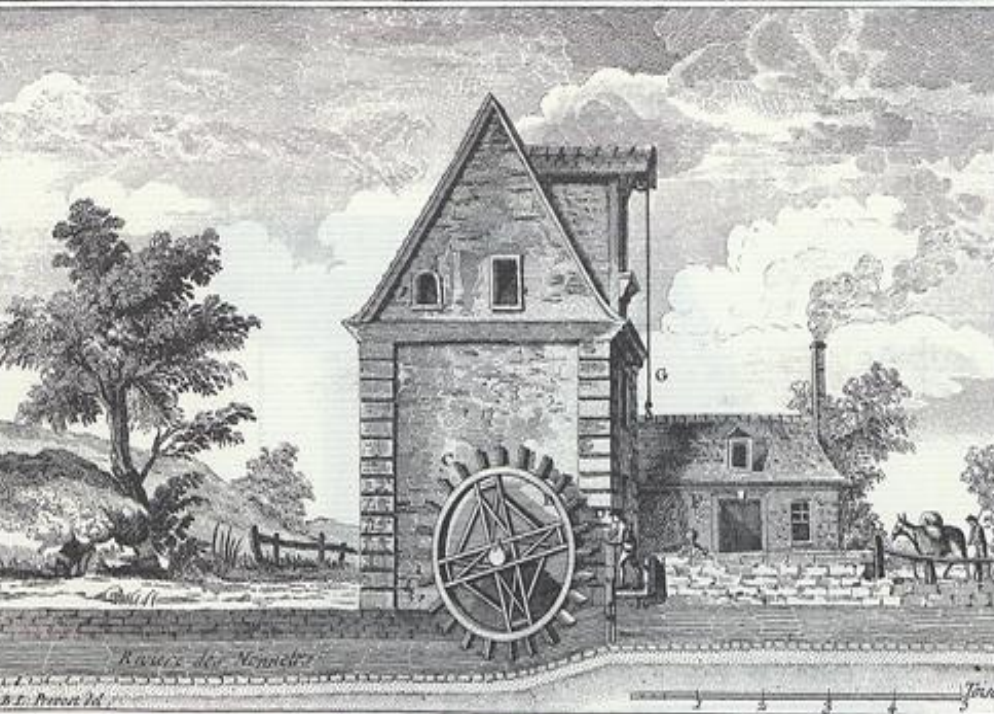
Clark G, 2007. *A farewell to alms : a brief economic history of the world*, Princeton University Press, Princeton ; Oxford, xii, 420 p.

# L'agriculture dans le régime métabolique solaire 3 : Le changement

- Le cas de la « Révolution agricole » en Angleterre
  - Rupture démographique à la fin du XVII
  - Accroissement de la production d'aliments et de matières premières
  - Explosion du nombre de chevaux et surf. avoine
  - Point de vue agronomique :
    - Culture de légumineuses et de navets pour le bétail
    - Accroissement de la taille des troupeaux
    - Accroissement de la quantité d'azote apportée au champ
  - *Mixed farming* : Une unité productive autosuffisante en intrants (Thompson)

# L'agriculture dans les économies organiques 3 : Le changement (suite)

- Livre IRD « Agricultures singulières »
- De multiples « révolutions »
- Riziculture intensive en Chine
- L'arrivée des plantes d'Amérique dans l'ensemble Afrique- Eurasie
- Notion de société Organique Avancée de Wrigley (voir aussi Goldston 1998)



# Possibilités limitées d'échanges : La tyrannie de la distance

- La très grande difficulté du transport terrestre : l'absence de source d'énergie mécanique mobile (F.Cottrell)
- La très grande importance des cours d'eau et des mers

# Jonque et caravaques



"Bateau aux Trésors" Jonque de Zheng He et Santa Maria de Colomb à l'échelle

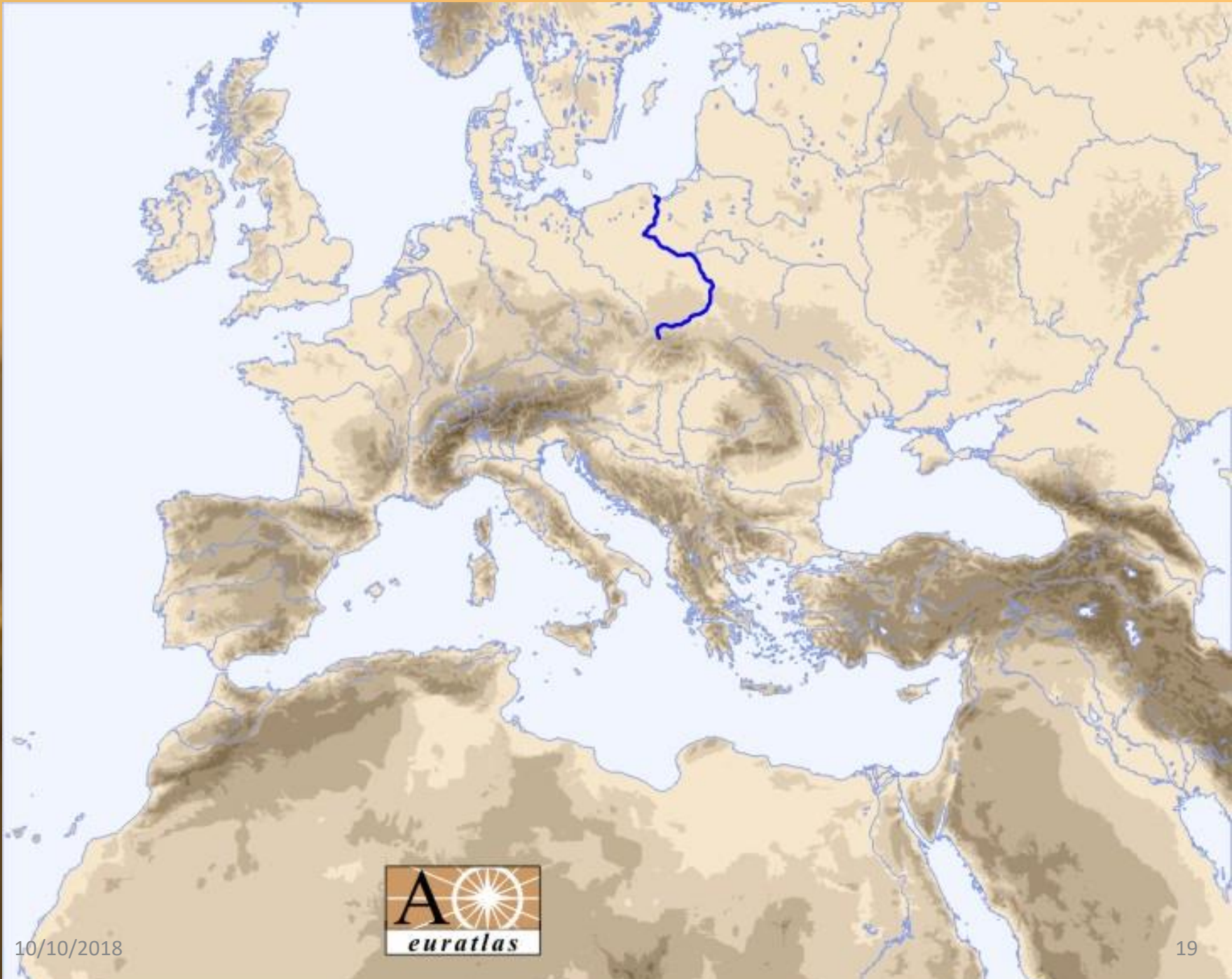




# Hollande : Importations en provenance de la Baltique au XVIème



2.1 Scandinavia and the Baltic trade area during the sixteenth century.




# *Allegory of Gdańsk trade 1608. Détail*



# Importation de biomasse de l'Europe dès le XVII

- Atlantique et Arctique : poisson (morue !) et gras (baleine + poisson)
- Baltique : grain, lin, chanvre, produits forestiers, fourrures
- Îles tropicales: sucre, café, coton, indigo

A historical painting depicting a rural scene. In the foreground, a horse-drawn cart is being pulled by several horses. A person is standing near the cart, and another person is visible in the background. To the right, a large brick chimney stands tall, emitting a thick plume of dark smoke that rises into the sky. The background shows a landscape with trees and a building. The overall scene suggests a transition from traditional agriculture to industrial production.

## **Partie 2**

# **L'offre agricole dans le régime métabolique 1: le charbon et la croissance horizontale**

# Le charbon comme énergie

- Energie thermique : acier, brique...
- Energie mécanique : machine à vapeur
  - Redéfinie la contrainte du transport : bateau + chemin de fer. Le transport terrestre ne dépend plus de la biomasse
  - Elimine la dépendance vis-à-vis des cours d'eau : Naissance de la ville industrielle

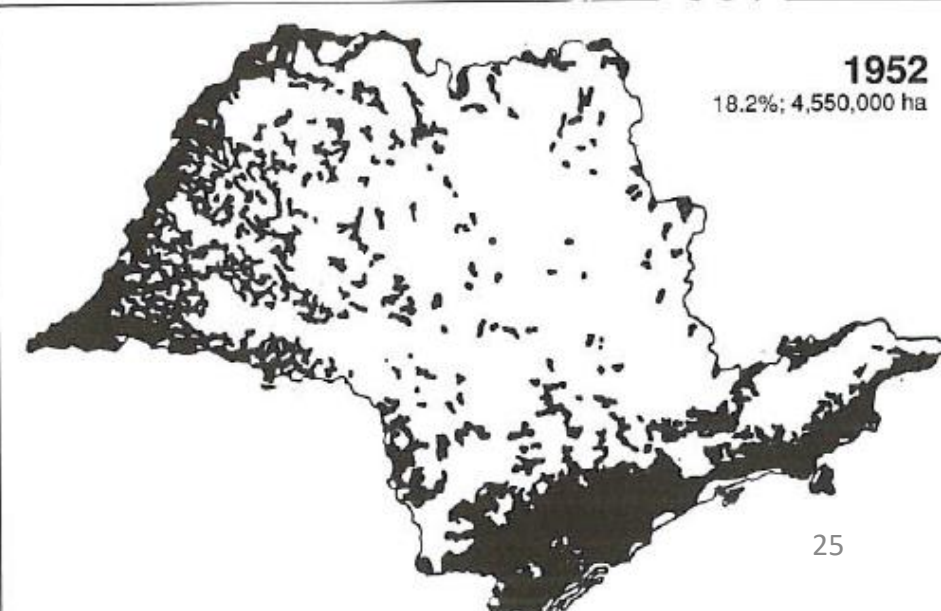
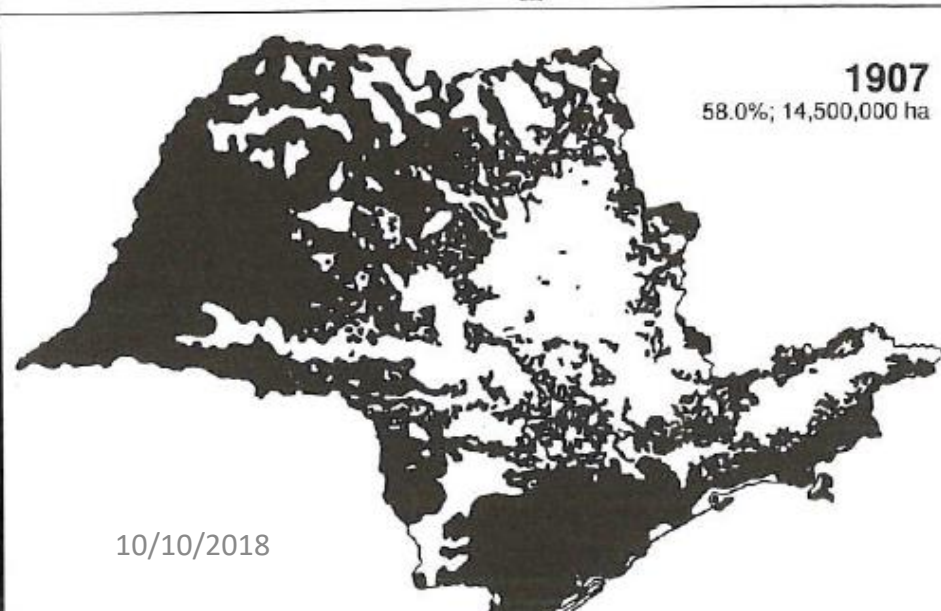
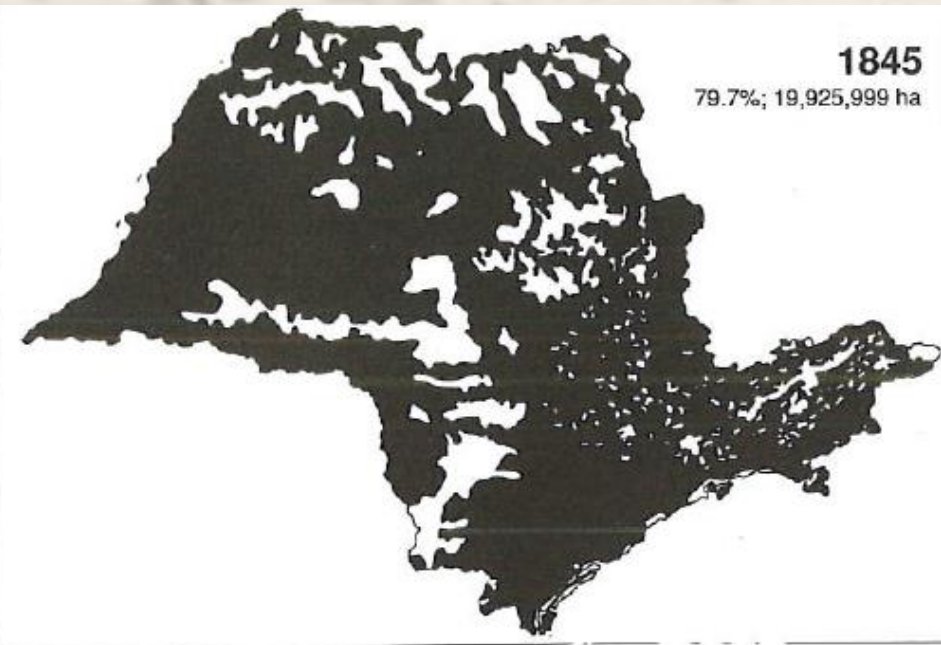
# Front pionnier 1

- Front pionnier frontière (*the frontier*) = accès à un territoire vide, ou plutôt, vidé de sa population (Turner, Webb)
- *Tableau : Surfaces cultivées en millions d'ha*

Continent/Pays	1850	1920	Evolution
Europe	132	147	1
Russie	94	178	2
Amérique du Nord	50	179	3,5
Amérique Latine	18	45	2,5
Afrique Tropicale	57	88	1,5
Asie du Sud	71	98	1,3
Asie du Sud-Est	7	21	3



# Surface en forêt de l'état de Sao Paulo

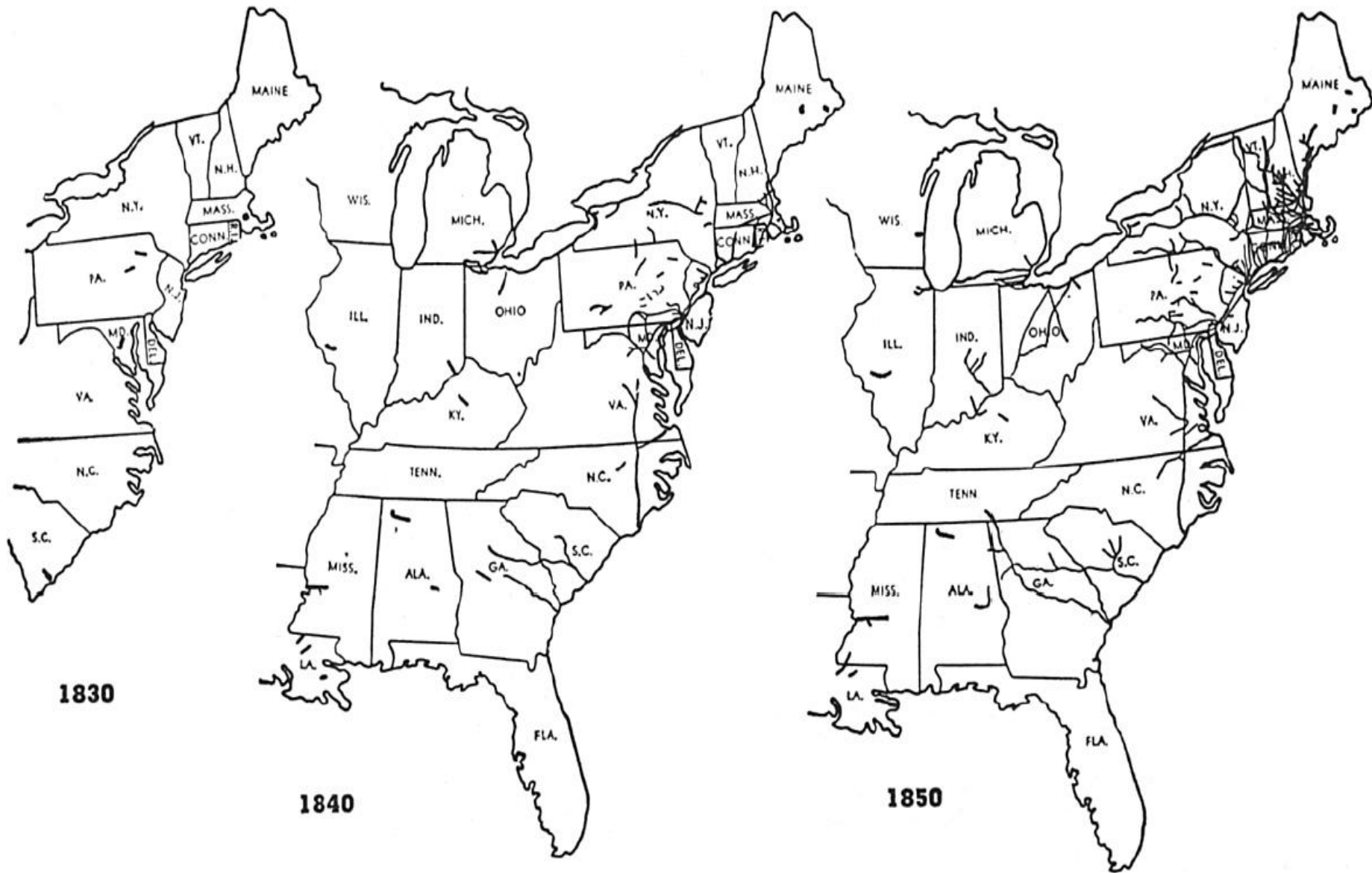


# Front pionnier 2

- Le rôle central du chemin de fer

*Tableau : Km de voie ferrée par habitant en 1913*

Pays	Km/Hab
Grande Bretagne	7,8
France	12,9
Allemagne	9,4
Etats-Unis	43,5
Canada	61,3
Australie	65,0
Argentine	41,9



1830

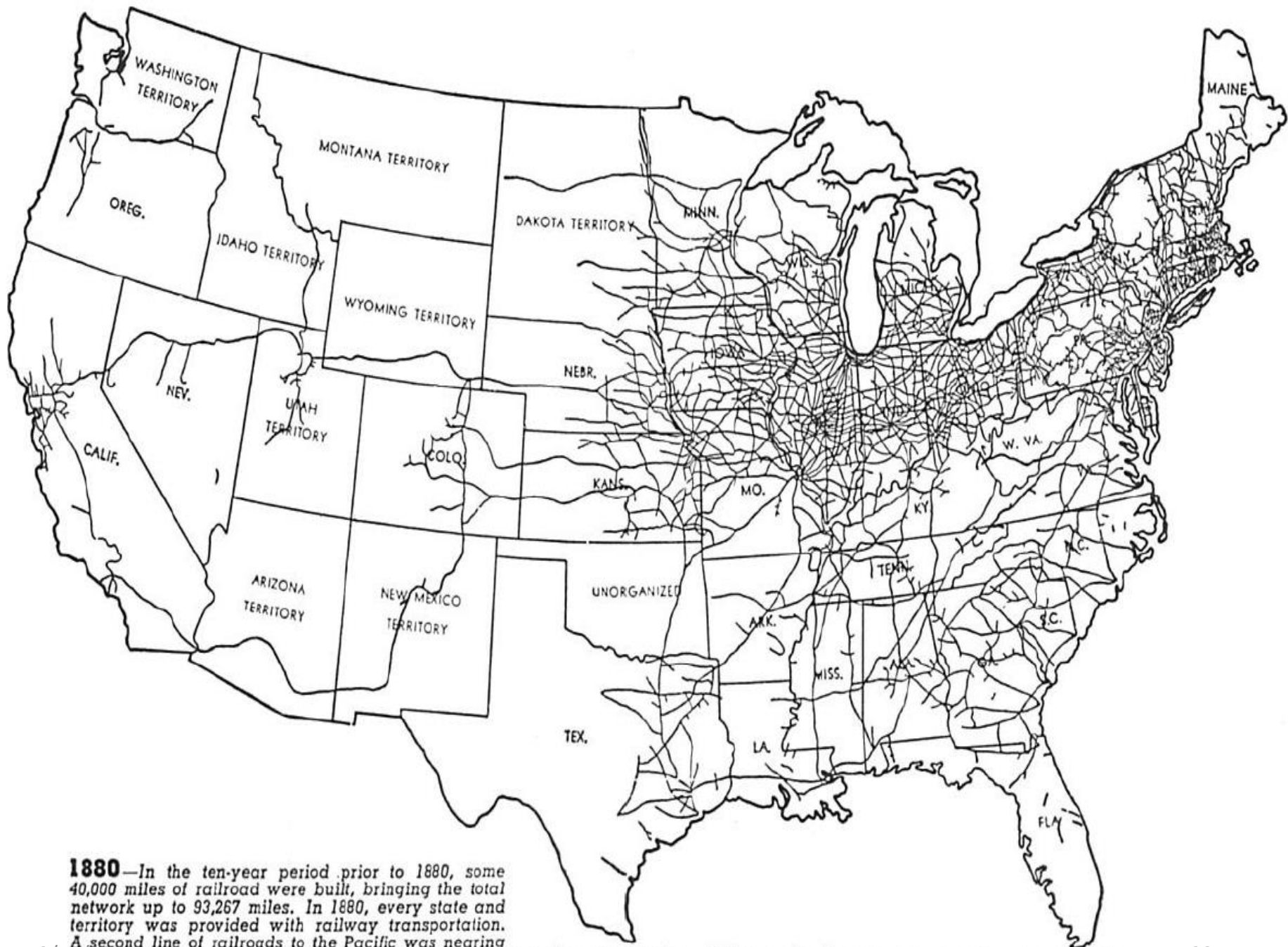
1840

1850

The early stages of railway development in America are shown by this set of maps. During the decade 1830-1840, the total length of completed railroad lines increased from 23 to 2,808 miles, and during the next ten years, more than 6,200 miles of railroad were opened, bringing the total network up to 9,021 miles in 1850. The most intensive growth during this period was in the Atlantic and Seaboard states. In 1850, a trip from Boston or New York to Chicago was made by rail and lake steamers or by stagecoaches, and required several days. One could travel all the way from Boston to Wilmington, North Carolina, by rail, with several changes of cars and a few ferry trips en route. During the first twenty years of railway development, covered by these maps, the population of the United States nearly doubled.



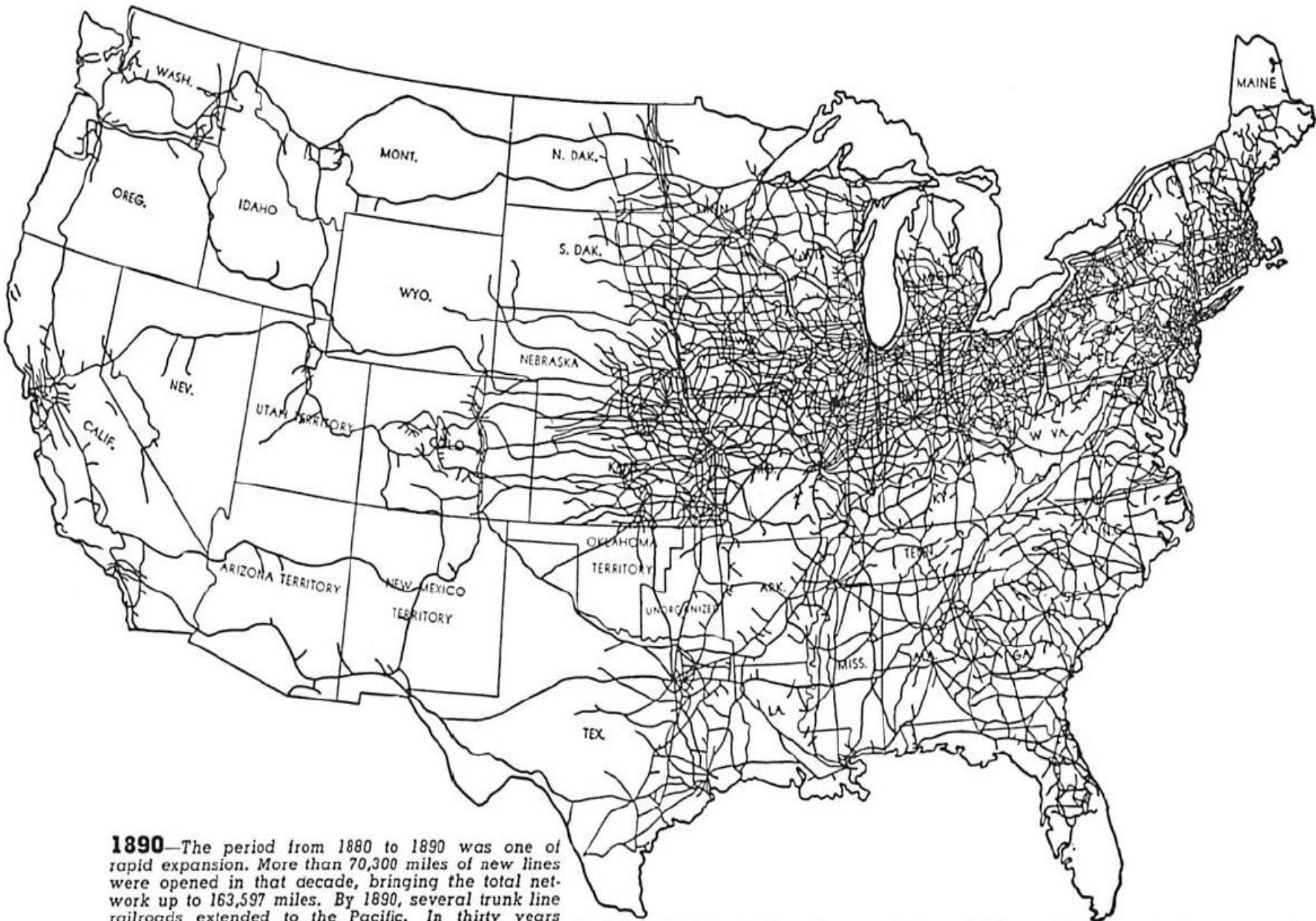
**1860**—This map shows the extent of railway development just prior to the Civil War. The decade 1850-1860 was a period of rapid railway expansion, characterized by the extension of many short, disjointed lines into important rail routes. This decade marked the beginning of railway development in the region west of the Mississippi River. By 1860, the "Iron Horse" had penetrated westward to the Missouri River and was beginning to make itself felt in Iowa, Arkansas, Texas, and California.



**1880**—In the ten-year period prior to 1880, some 40,000 miles of railroad were built, bringing the total network up to 93,267 miles. In 1880, every state and territory was provided with railway transportation.

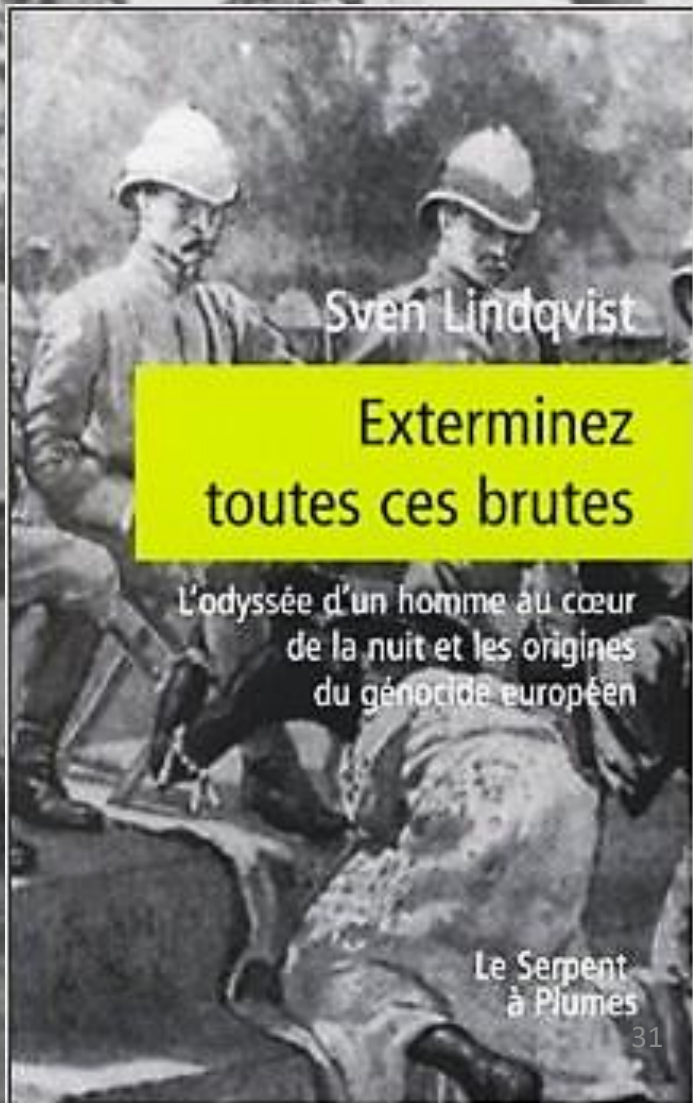
A second line of railroads to the Pacific was nearing completion, and other transcontinental railroads were under construction.

Railway development was exerting a powerful influence upon immigration and agricultural and industrial growth throughout the country.



**1890**—The period from 1880 to 1890 was one of rapid expansion. More than 70,300 miles of new lines were opened in that decade, bringing the total network up to 163,597 miles. By 1890, several trunk line railroads extended to the Pacific. In thirty years from 1860 to 1890, the total mileage of the region west of the Mississippi River increased from 2,175 to 72,389, and the population of that area increased fourfold.

# Front pionnier 3 : Industrialisation de la violence



Sven Lindqvist

**Exterminez  
toutes ces brutes**

L'odyssée d'un homme au cœur  
de la nuit et les origines  
du génocide européen

Le Serpent  
à Plumes

# Front pionnier 4 : Migrations

Destinations	Origines	Nombre
Amériques	Europe	55–58 million
Asie du Sud Est, Côtes de l'Océan Indien, Pacifique Sud	Inde, Chine Sud China	48–52 million
Manchourie, Sibérie, Asie Centrale, Japon	Asie du Nord Est, Russie	46–51 million



# Front pionnier 5: Une exploitation minière de la fertilité des sols

- Exemple de Finley dans l'Arkansas
  - 1895 = 1687 kh/ha
  - 1930 = 400 kg/ha
- Sud cotonnier, Brésil du café, Île à sucre

# Crise écologique






10/10/2018

# La formation d'un marché mondial

## Part des importations dans les disponibilités de biomasse aux Royaume Uni

	<b>1872</b>	<b>1892</b>	<b>1912</b>
<b>Blé</b>	<b>48 %</b>	<b>73 %</b>	<b>81 %</b>
<b>Viande</b>	<b>14 %</b>	<b>32 %</b>	<b>42 %</b>

- **Fibres textiles : 1913 = 97%**
- **Bois : 1913 = 87%**



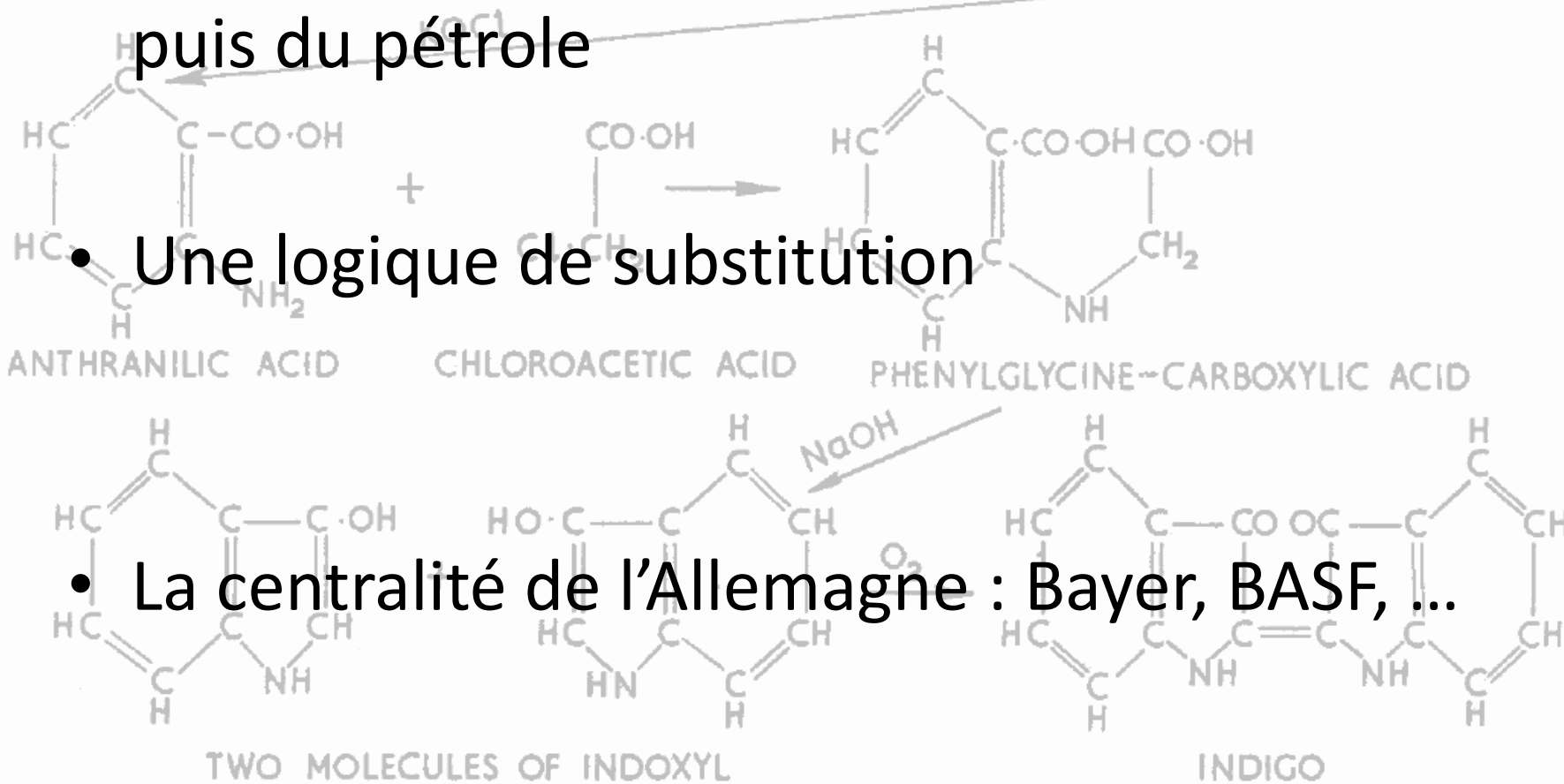
**Partie 3 :**  
**La demande de biomasse dans le régime  
métabolique minier : la disparition des  
usages non alimentaires**

# La chimie organique bouleverse la demande de biomasse

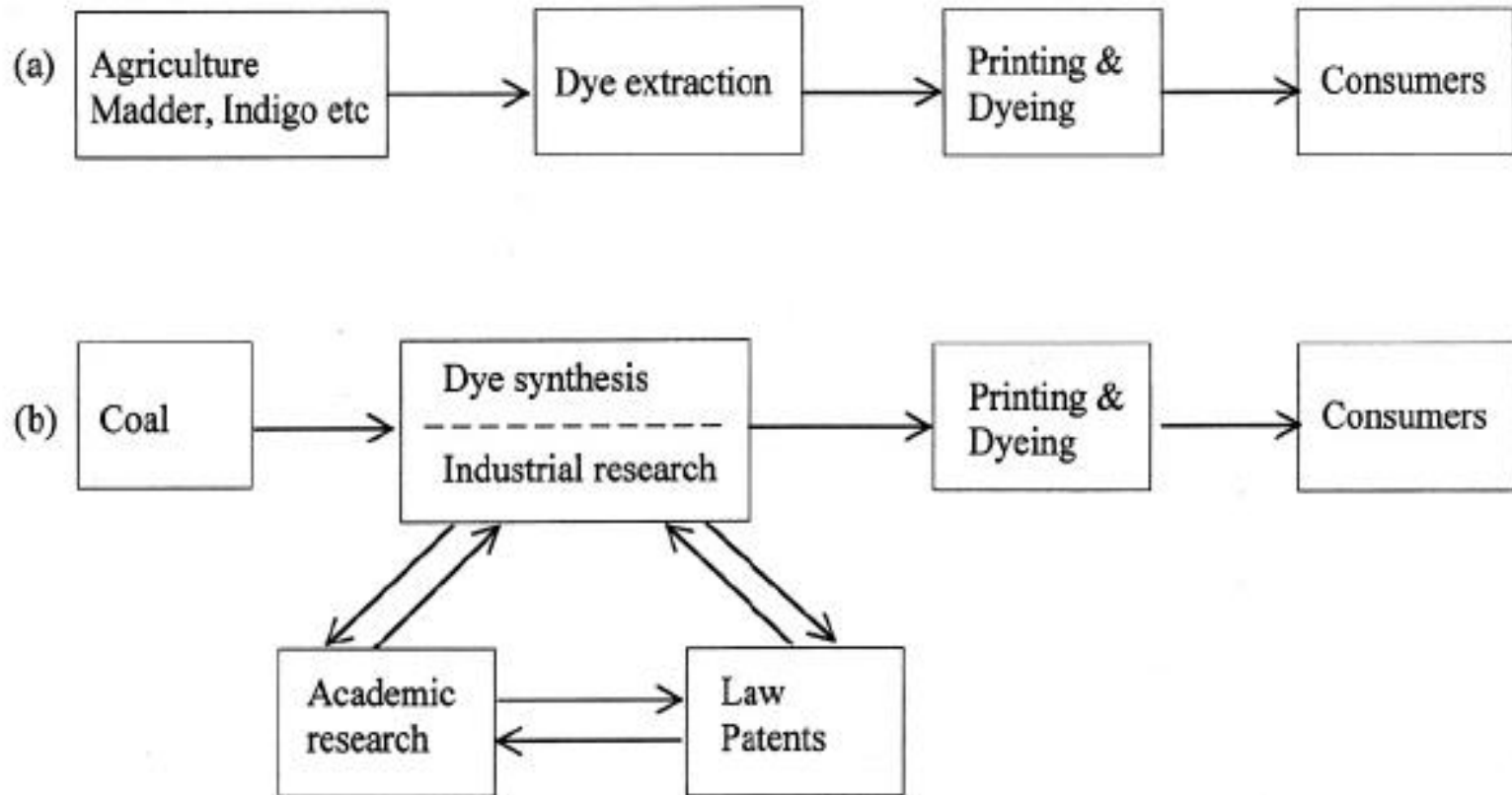
- Une logique de synthèse à partir du charbon puis du pétrole

- Une logique de substitution

- La centralité de l'Allemagne : Bayer, BASF, ...



# D'abord les teintures puis... tous types de matériaux



**Figure 1.** Material flows and social relations of dye production: (a) early nineteenth century, (b) late nineteenth century.

# La disparition des débouchés non-alimentaires

- Exemple des matières grasses en France

1817		1993	
<b>Eclairage</b>	43%	<b>Usages industriels</b>	9%
<b>Savon</b>	20%	<b>Alimentation humaine</b>	68%
<b>Alimentation</b>	35%	<b>Alimentation animale</b>	20%
<b>Autres</b>	2%	<b>Autres</b>	2%




# Place des animaux

- Comment les animaux sont devenus des usines à viande (poils, os, gras, travail, fumier)

Round of beef cut for savory,  
square-meal Swiss Steak

Swiss Steak... put it in the pan... turn on the heat  
and sniff its steaming fragrance as it simmers, bubbles and

The background of the slide is a photograph of an oil pumpjack (jack-o'-lantern) in a rural setting. The pumpjack is a large, dark metal structure with a long, angled arm that moves up and down. It is positioned in the middle ground, slightly to the left. The sky is filled with soft, orange and yellow clouds, suggesting a sunset or sunrise. In the foreground, there is a wooden fence and a gravel area. The overall scene is dimly lit, with the primary light source being the low sun on the horizon.

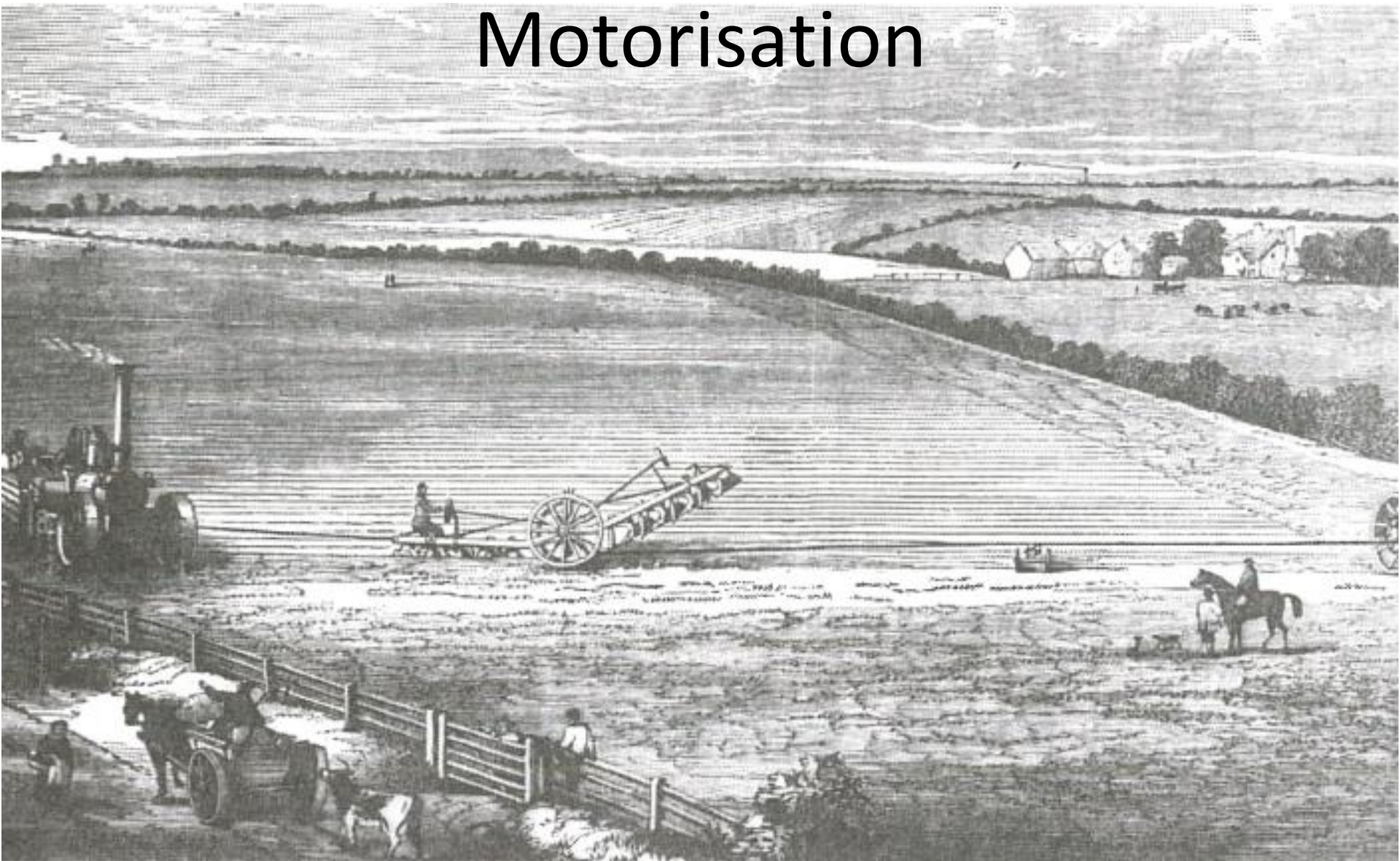
# **Partie 4**

## **L'offre agricole dans le régime métabolique minier 2: le pétrole et la croissance verticale**

# Trois Innovations pour l'agriculture

- Liées aux énergies fossiles
- ...et au militarisme

# Motorisation







gettyimages<sup>®</sup>  
SuperStock



# Synthèse de l'ammoniac

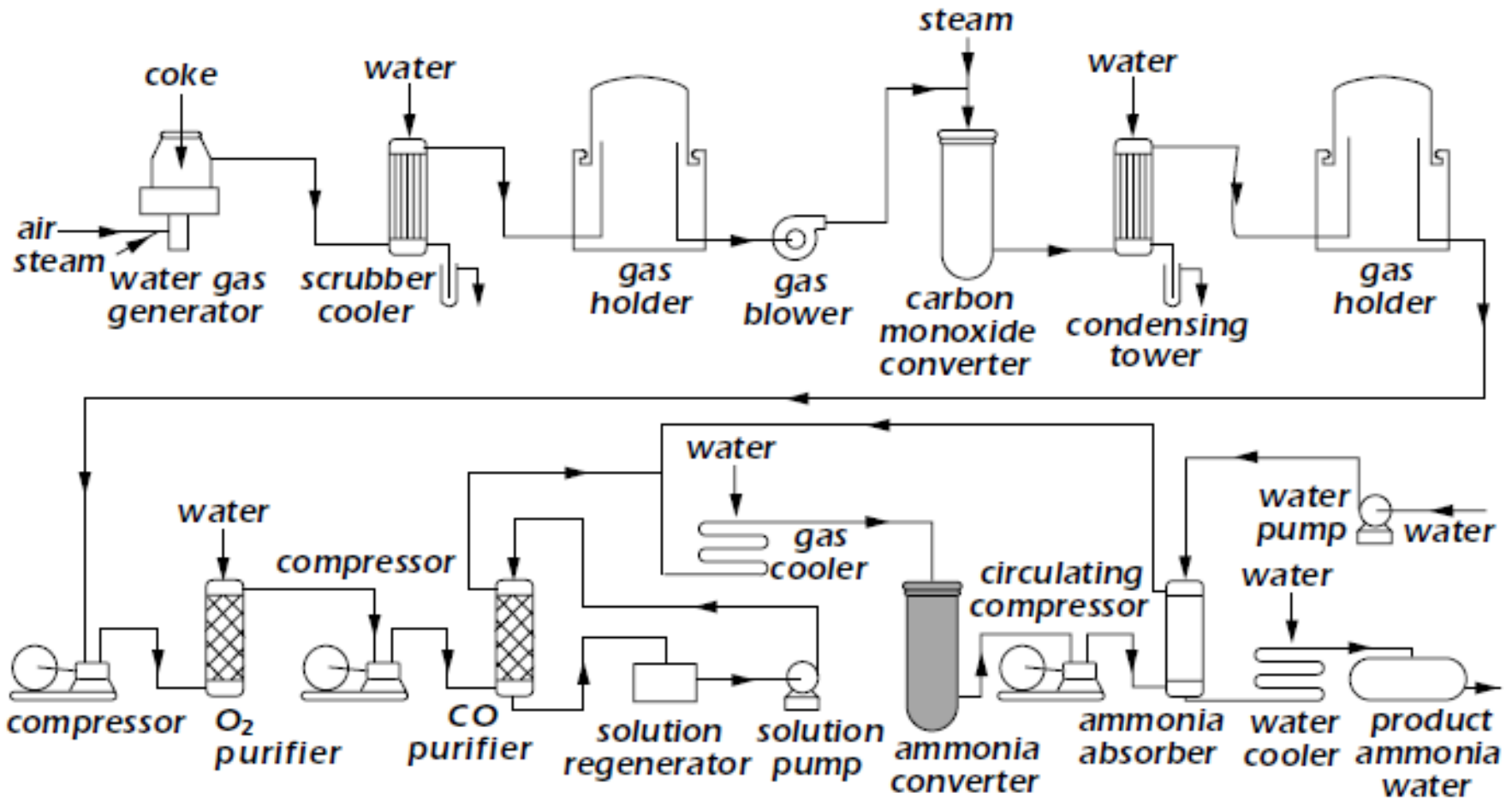
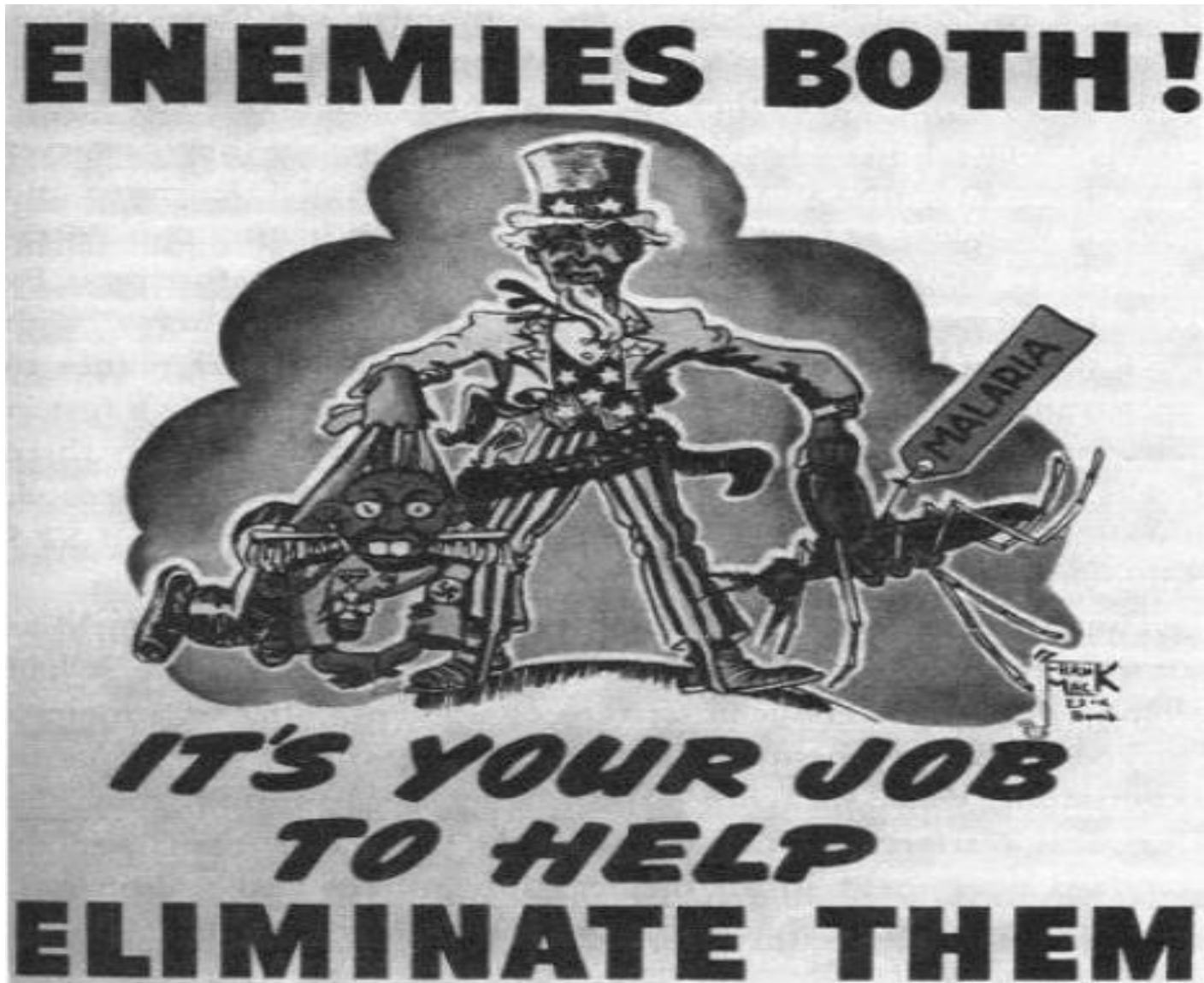


Figure 6.1  
Classical Haber-Bosch process of ammonia synthesis.

Smil, V. (2001). Enriching the earth : Fritz Haber, Carl Bosch, and the transformation of world food production. Cambridge, Mass. ; London, MIT Press.



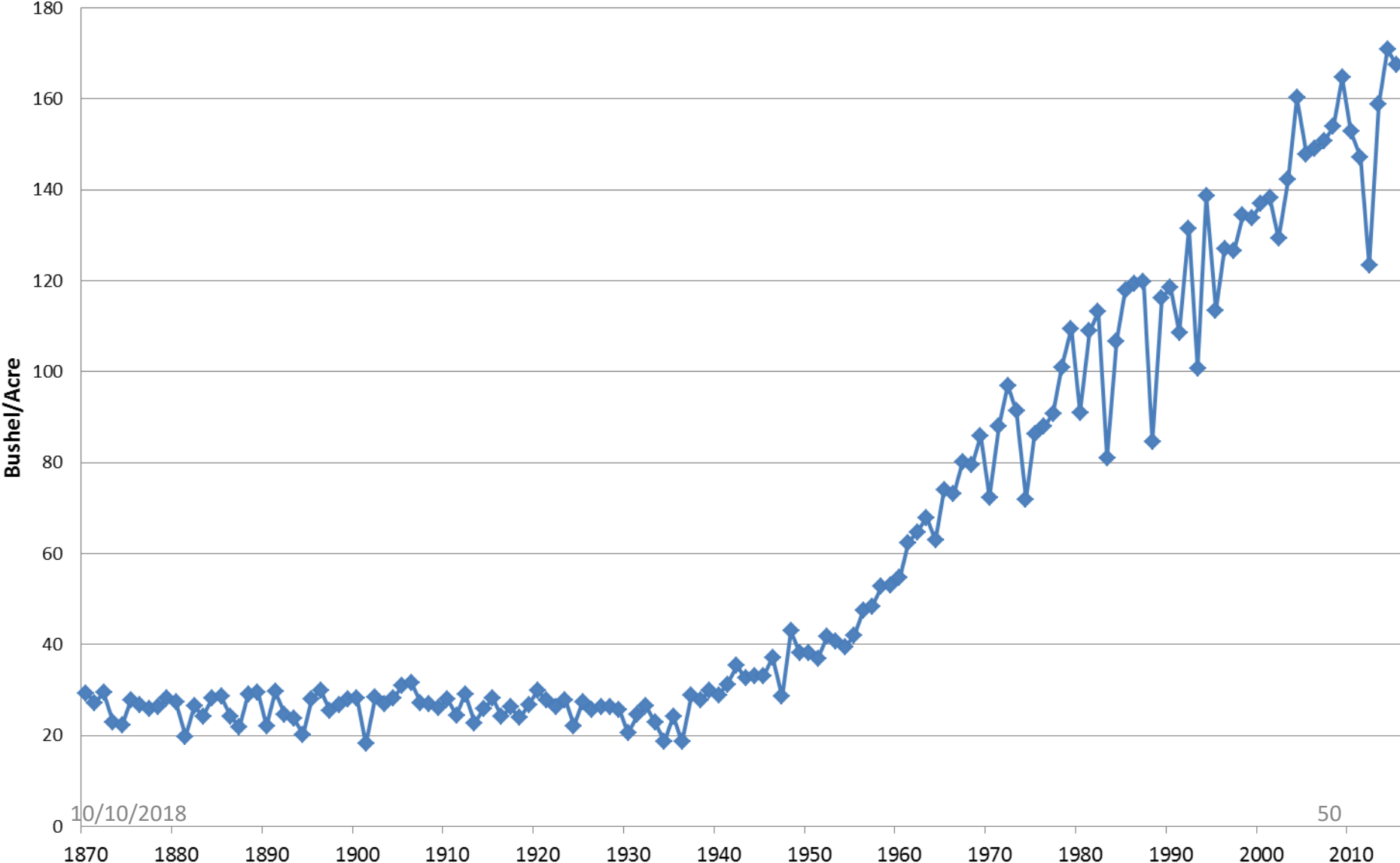
# Pesticides



Russell, E. (2001). War and nature : fighting humans and insects with chemicals from World War I to Silent spring. Cambridge, Cambridge University Press.

# Rendement du maïs aux Etats-Unis, 1870-2015

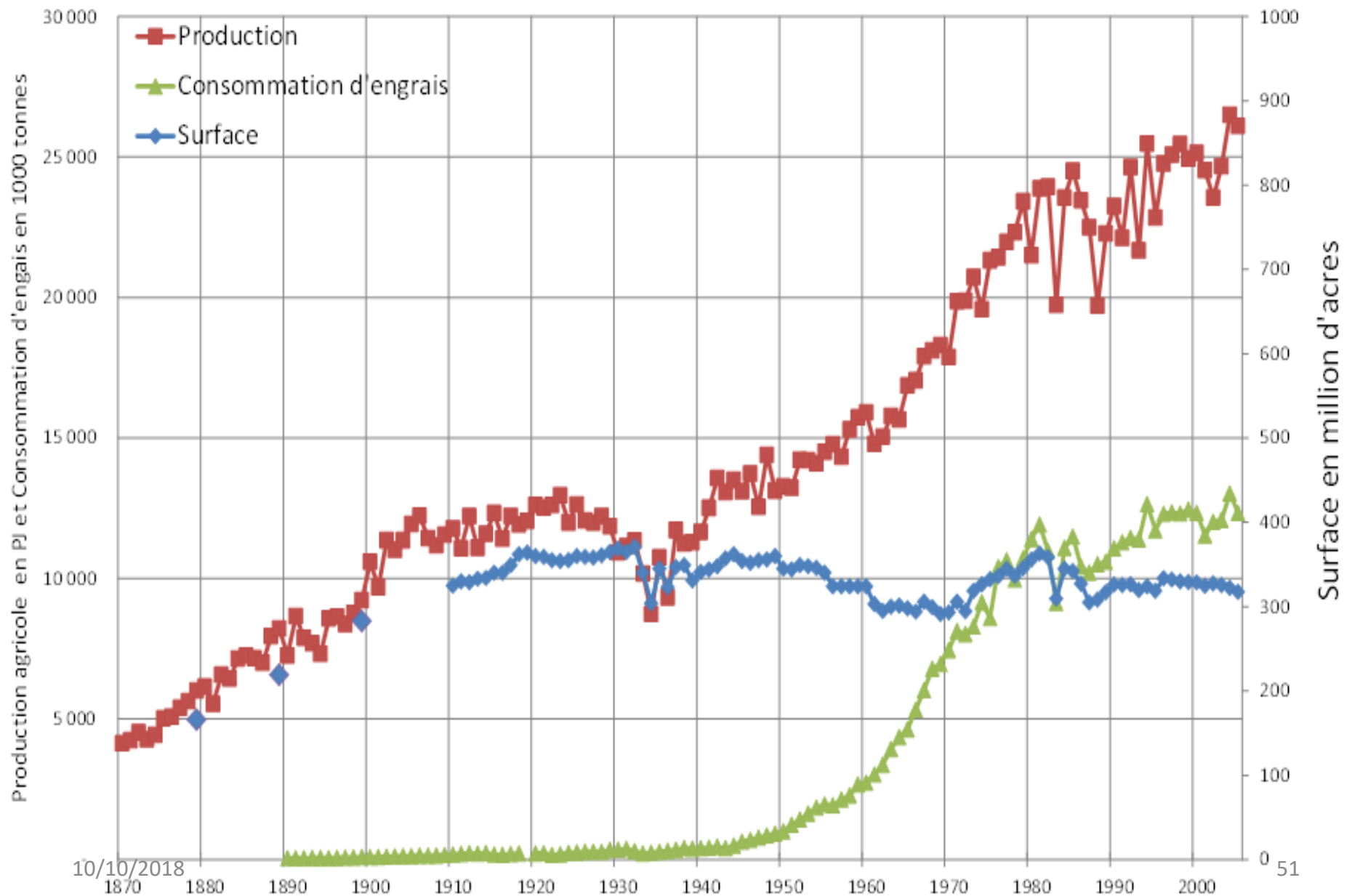
Rendement du maïs aux Etats-Unis, 1870-2015



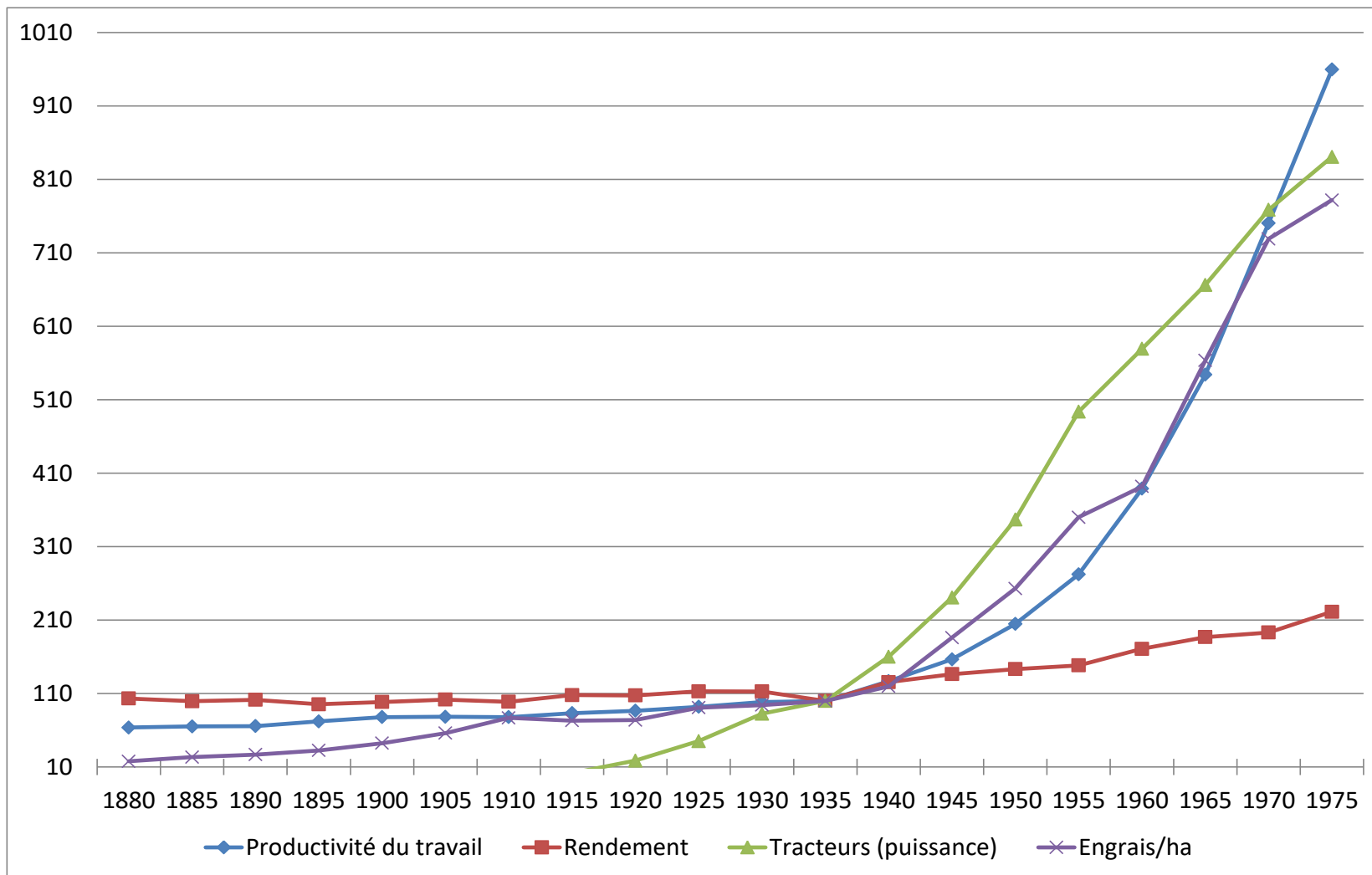
10/10/2018

50

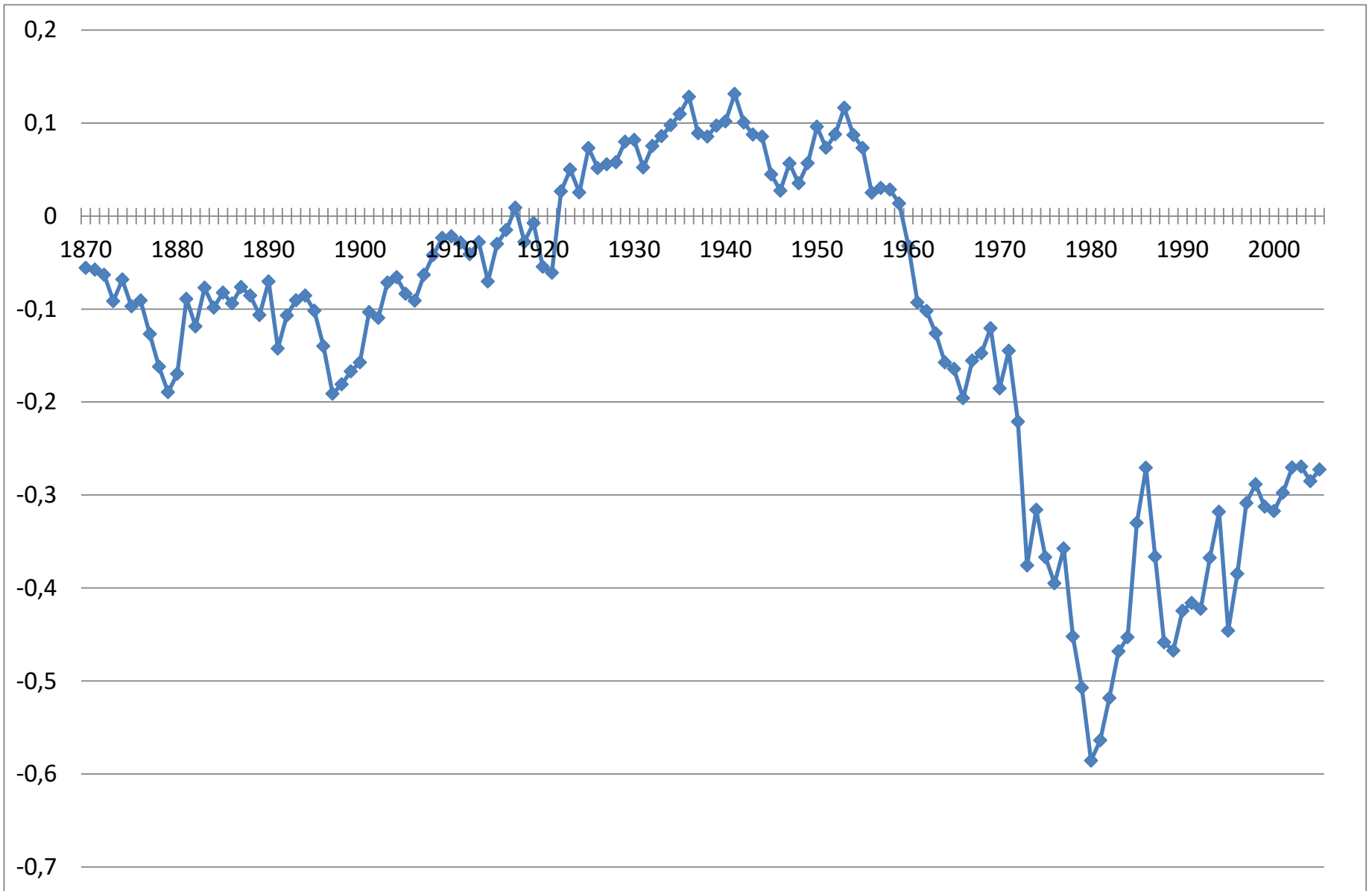
# Etats-Unis : Production agricole, surface cultivée et consommation d'engrais azoté, 1870-2005

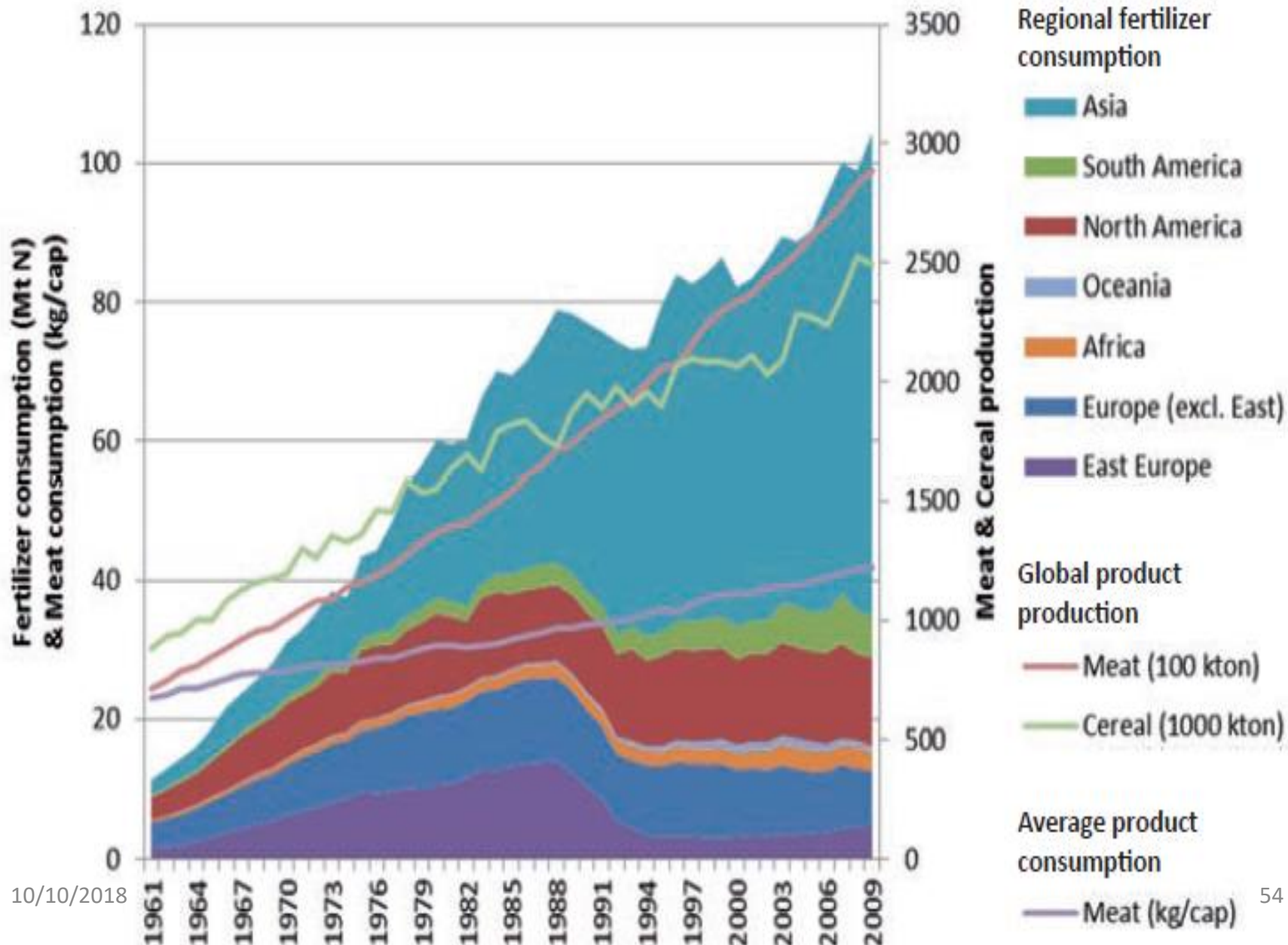


# *Indice de la productivité du travail, du rendement, de la consommation d'engrais par ha et de la puissance cumulée des tracteurs, 1935=100*



# Etats-Unis : Bilan des échanges de biomasse, 1870-2005





# Les devises Shadok

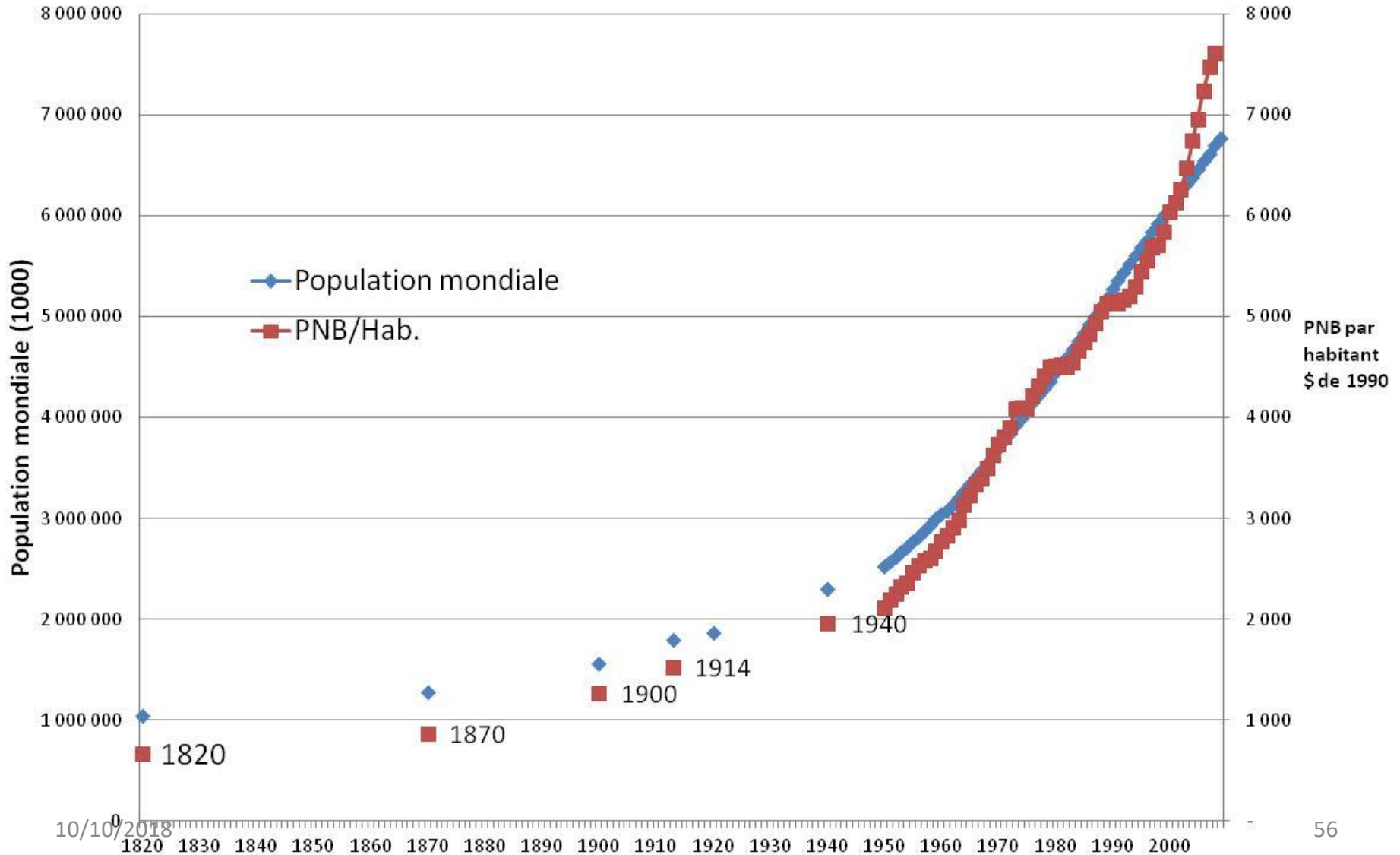
## Partie V : Éléments de bilan



IL VAUT MIEUX POMPER MÊME S'IL NE SE PASSE  
RIEN QUE RISQUER QU'IL SE PASSE QUELQUE CHOSE  
DE PIRE EN NE POMPANT PAS.

# Malthus a eu tort...

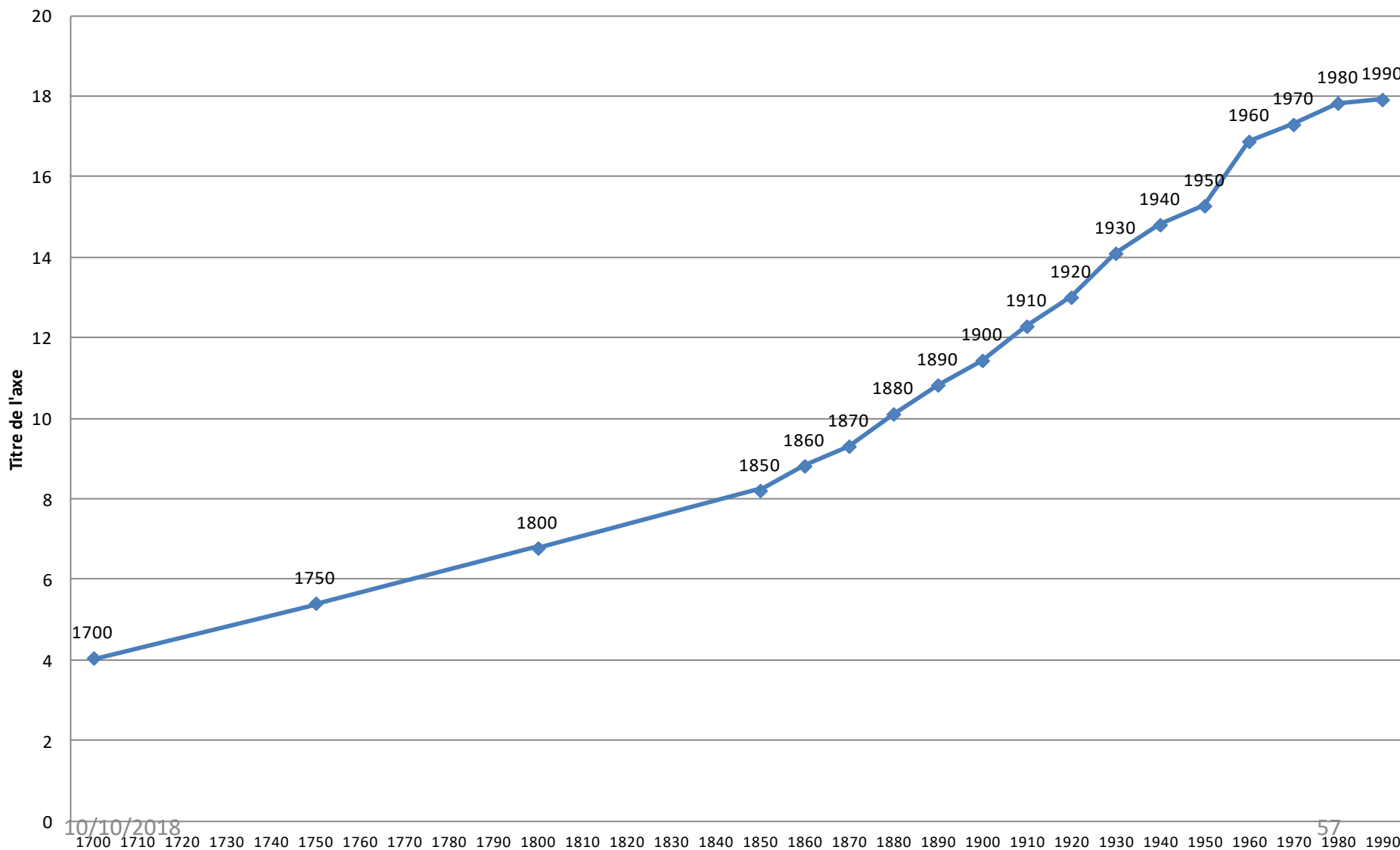
Population mondiale et PNB/hab.





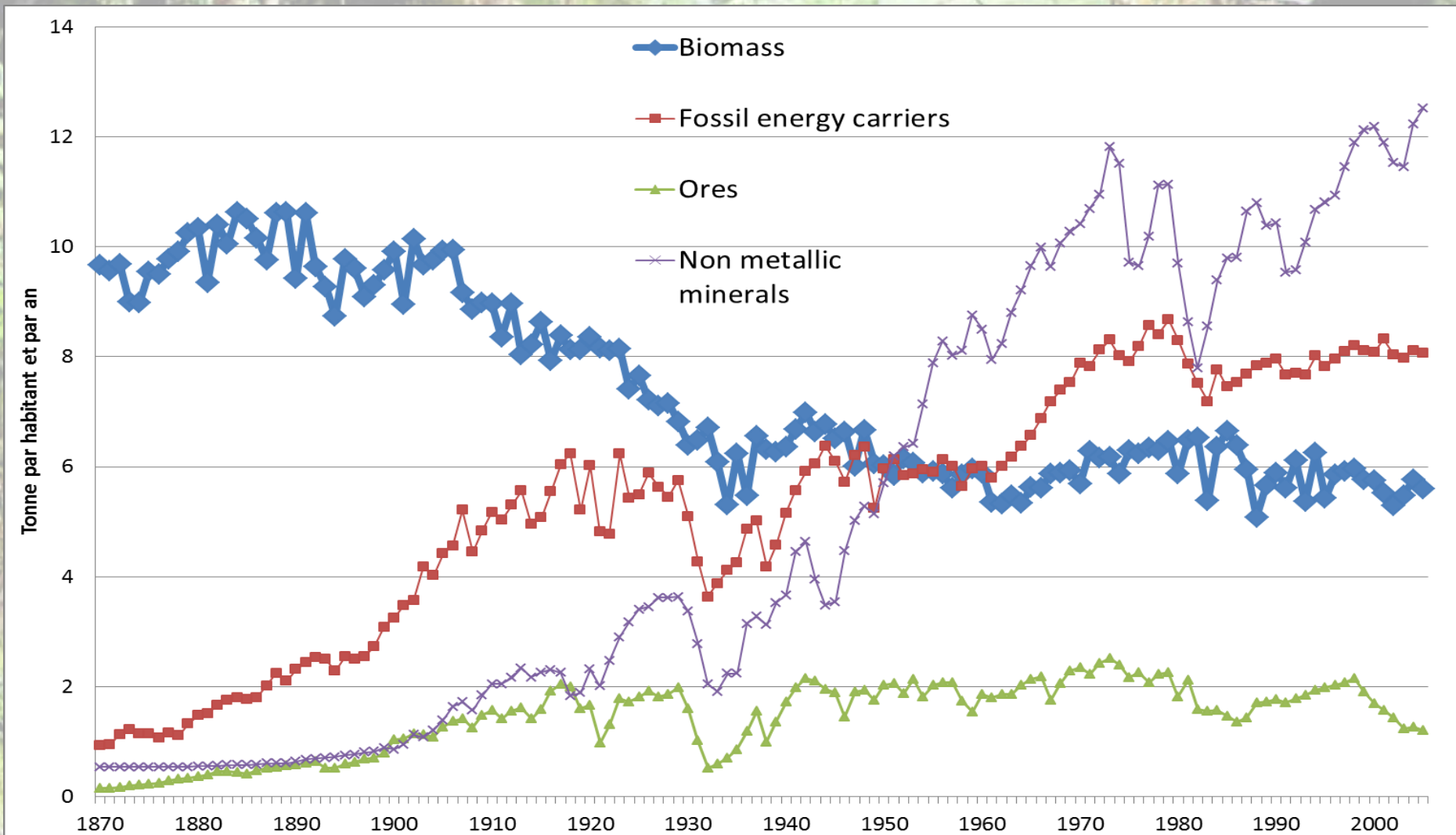
# Une relative stabilisation des surfaces cultivées dans le monde (1700-1990)

Surfaces cultivées : Monde



# Une pression « limitée » sur la biomasse

Consommation matérielle par habitant aux Etats-Unis, 1870-2005

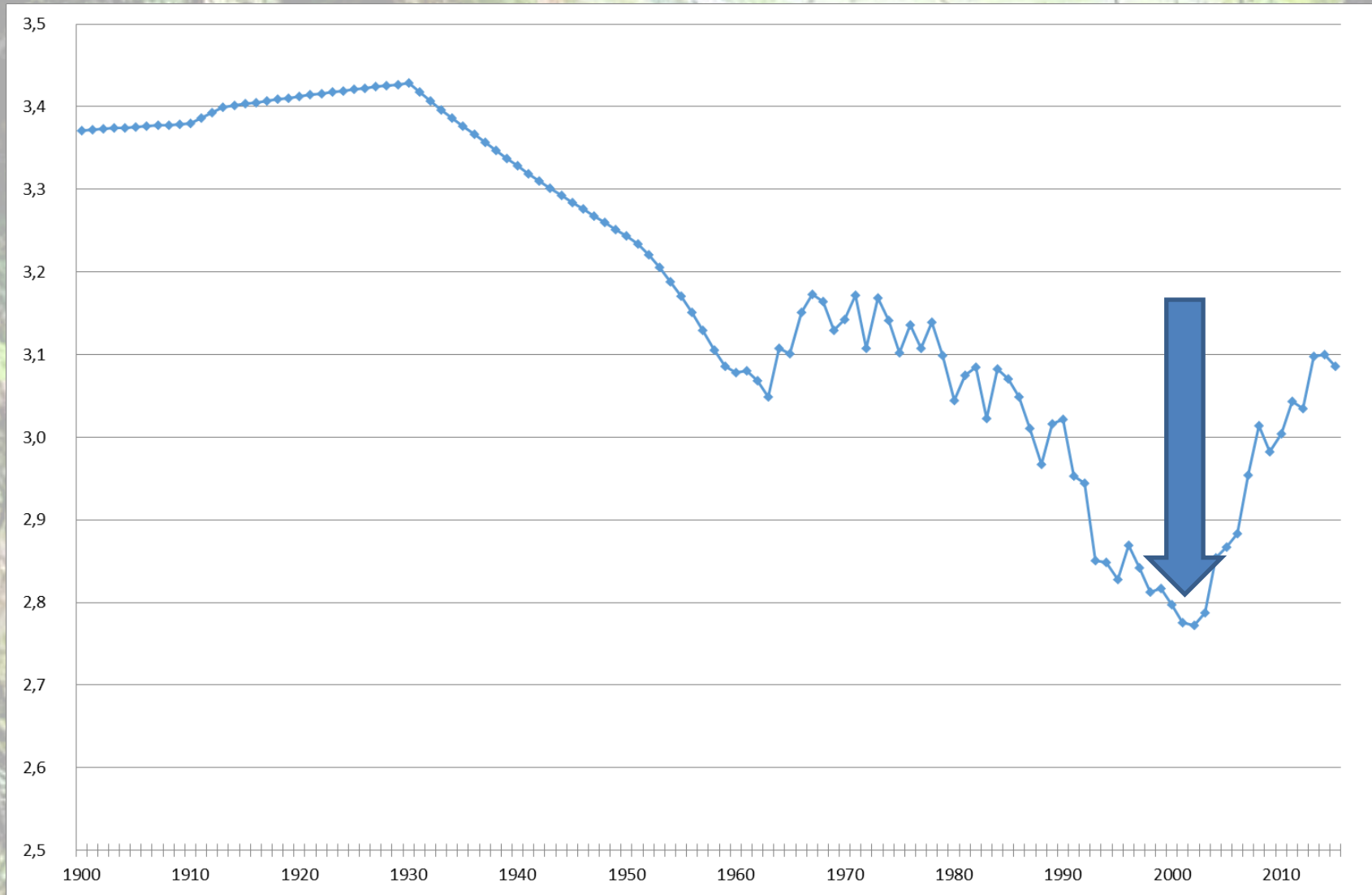


10/10/2018

58

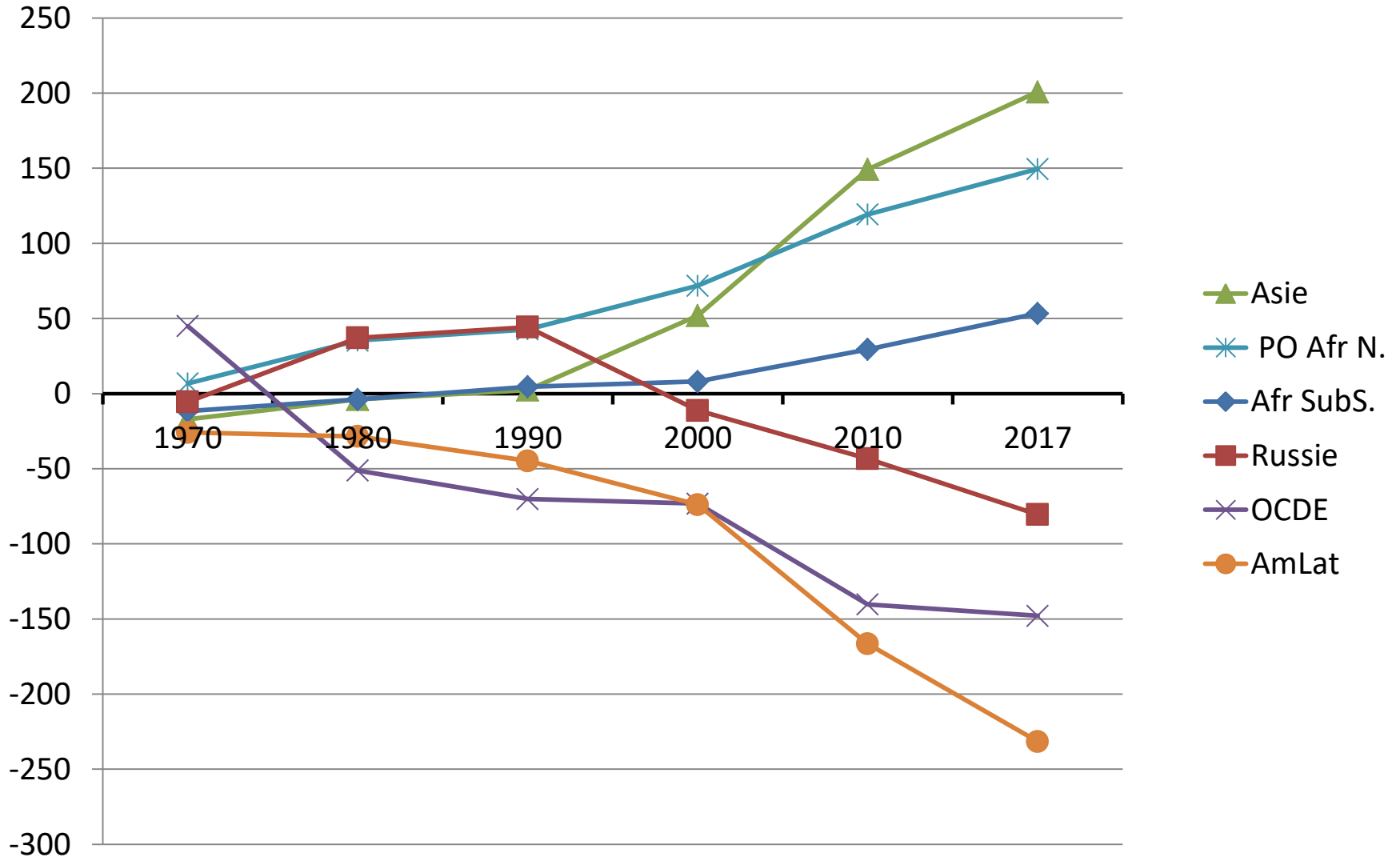
# Vraiment ?

Extraction de biomasse par humain (tonne), 1900-2015



# Vraiment ?

## Bilan des échanges de biomasse, 1970-2017



# L'effondrement du taux de retour énergétique

	1800	1970
<b>Apports d'énergie (Petajoules)</b>		
Travail humain	18.6	6.9
Travail animal	93	9
Energie fossile	0	550
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>625</b>
<b>Contenu énergétique des produits (Petajoules)</b>		
Produits végétaux	100	320
Produits animaux	14	100
<b>Total</b>	<b>114</b>	<b>420</b>
<b>Productivité énergétique du travail (GJ/T./An)</b>	<b>18.4</b>	<b>182.6</b>
<b>Taux de Retour Energétique</b>	<b>5</b>	<b>0,7</b>

# Des déchets envahissants (1)

- Le passage de l'solaire au minéral a des implications majeures sur la production de déchets et surtout dans la capacité du vivant de les mobiliser pour leur métabolisme avec deux problèmes distinctes :
  - Celui des déchets déjà produits par les sociétés solaires mais en quantité bien moindre (CO<sub>2</sub>) et qui se caractérise aujourd'hui par des phénomènes de saturations
  - Celui des déchets qui ne trouvent pas leur place – ou sur des pas de temps très long au regard de l'existence humaine – dans des processus du vivant (molécule de synthèse)

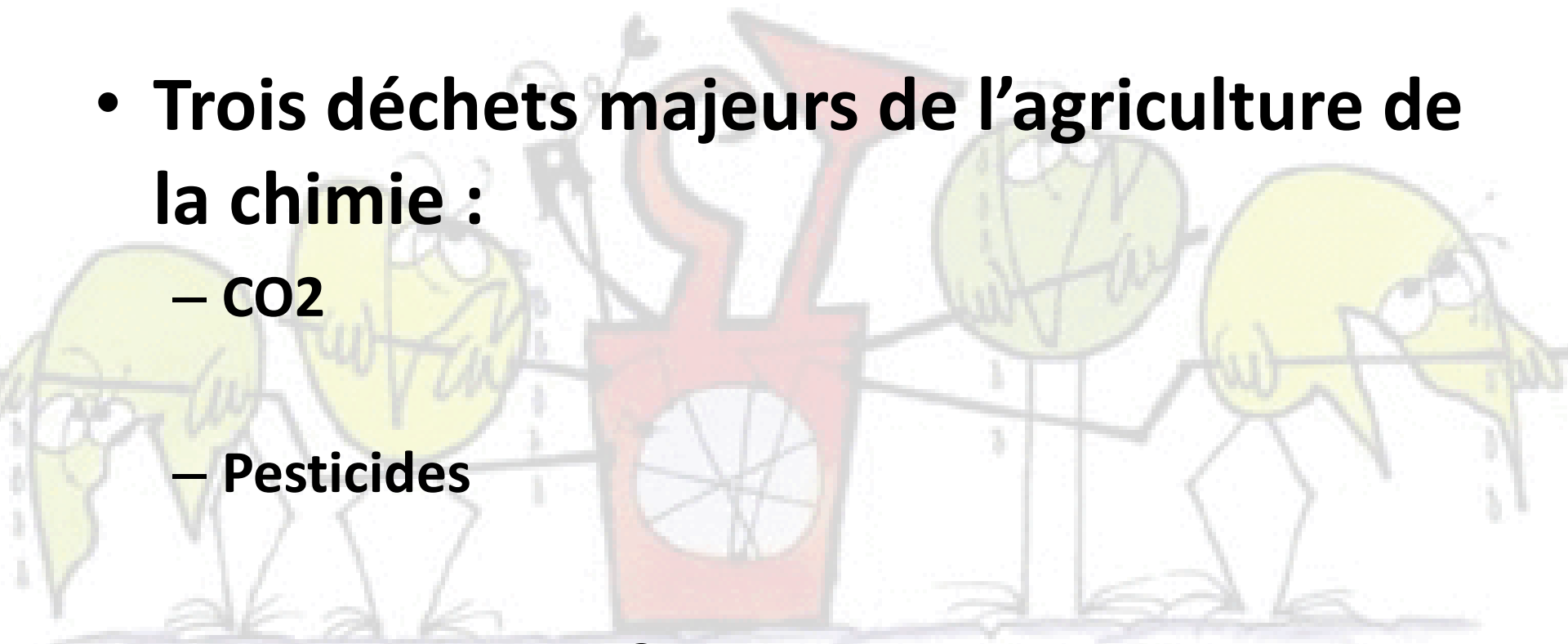
## Des déchets envahissants (2)

- Trois déchets majeurs de l'agriculture de la chimie :

- CO<sub>2</sub>

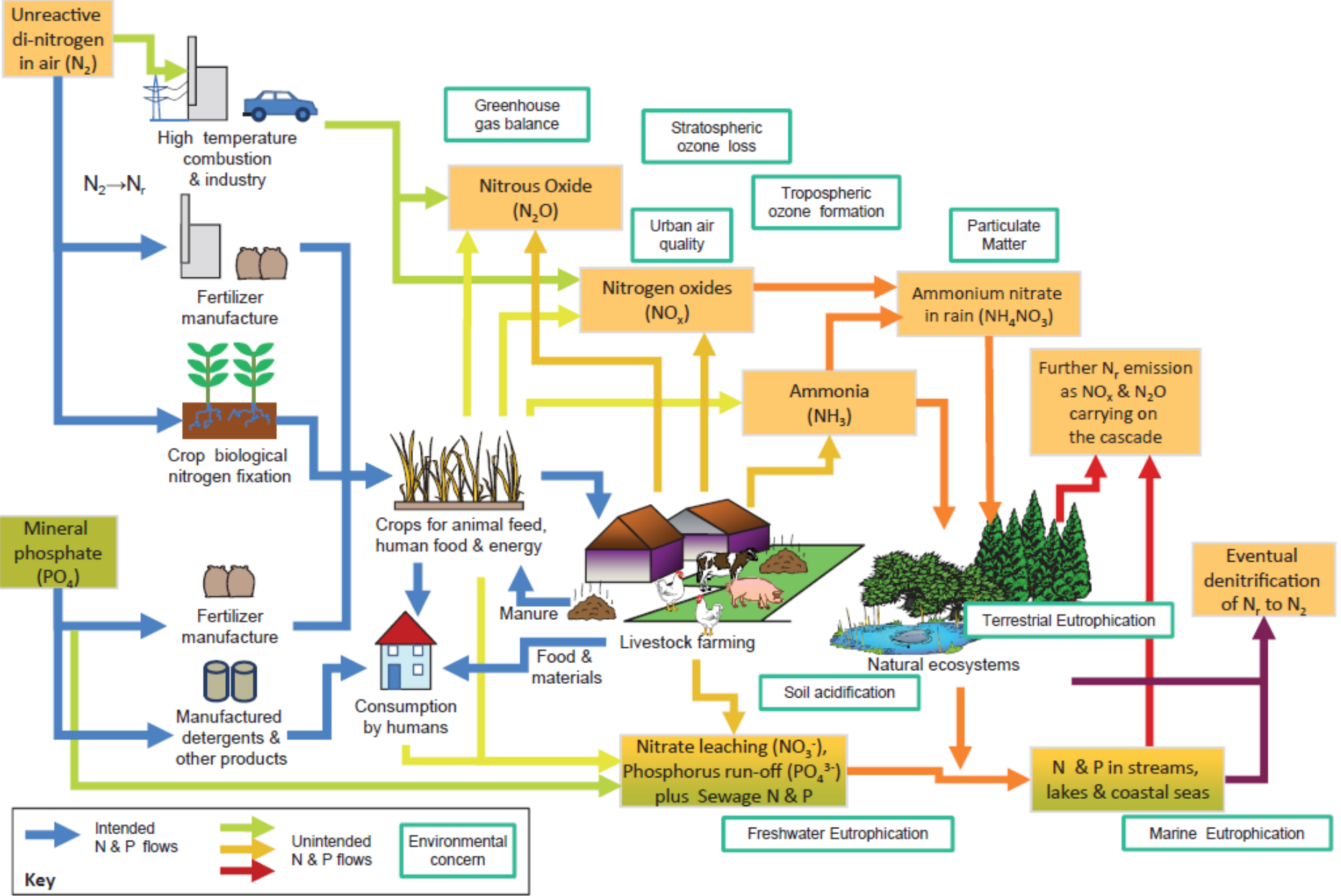
- Pesticides

- Azote actif



Fourel

IL VAUT MIEUX POMPER MEME S'IL NE SE PASSE RIEN QUE RISQUER QU'IL SE PASSE QUELQUE CHOSE DE PIRE EN NE POMPANT PAS.

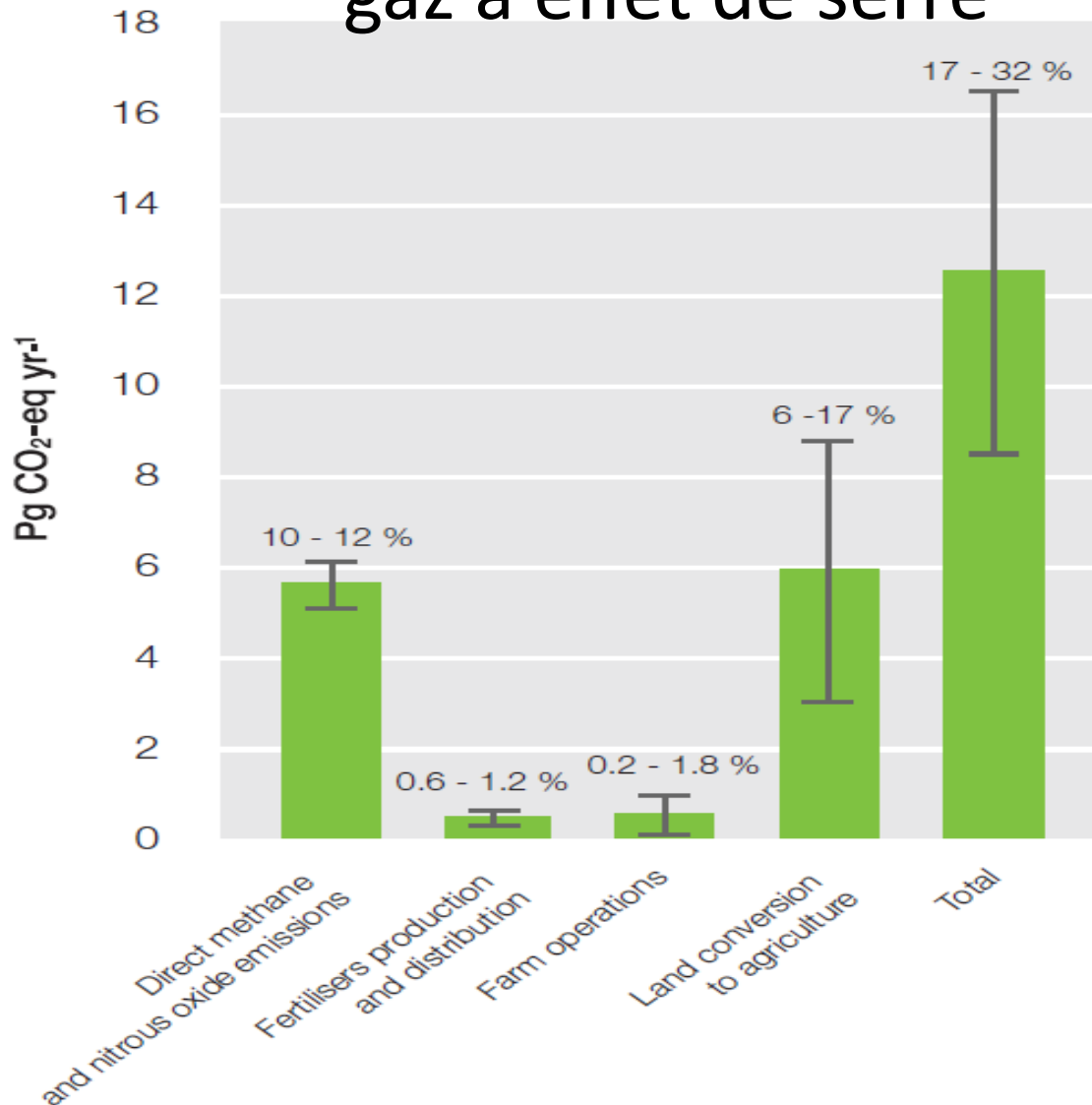




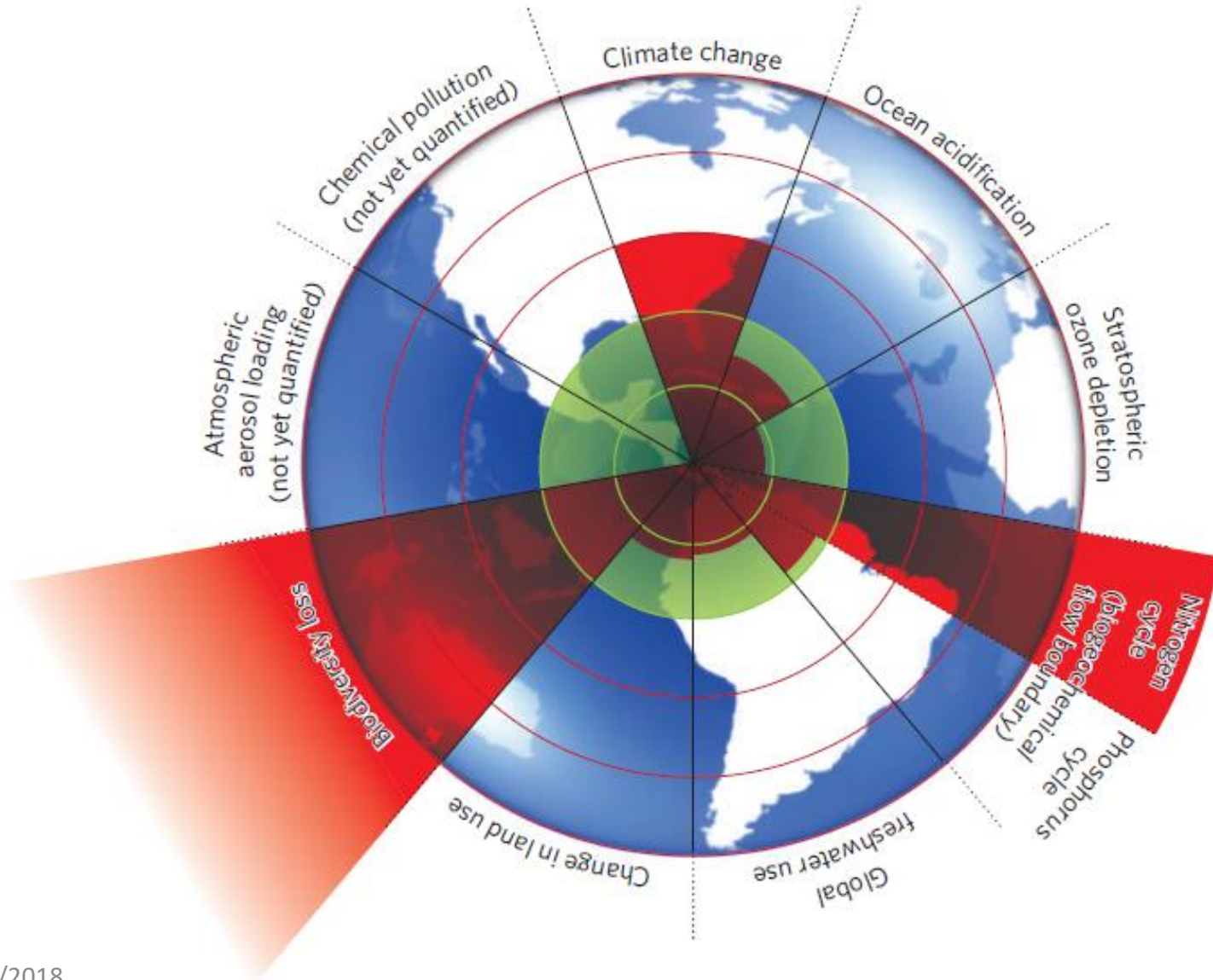
# Pollution locale (suite)



# Pollution globale : contribution de l'agriculture à la production de gaz à effet de serre



# Les *planet boundaries* du Stockholm Resilience Centre



# Conclusion

- Un nécessaire retour à une économie solaire
- Une inévitable réduction de la consommation
- La hiérarchisation des « besoins »

A painting of a landscape with a large yellow sun, a town, and a field of wheat. The scene is rendered in a style reminiscent of J.M.W. Turner's 'Rain, Steam, and Great Central Railway' or similar 19th-century landscape art. The foreground is dominated by a vast field of golden-yellow wheat, with individual stalks and heads rendered with visible, energetic brushstrokes. In the middle ground, a small figure is visible, possibly a farmer or a worker, standing in the field. The background features a town with various buildings, including a prominent church with a tall spire. A large, bright yellow sun is positioned in the sky, casting a warm glow over the scene. The sky is filled with soft, hazy clouds, and the overall atmosphere is one of a bright, sunny day. The text 'Merci pour votre attention' is overlaid in the center of the image in a bold, black, sans-serif font.

**Merci pour votre attention**