



MOSAIC: séminaire du 28 avril 2021

Mobilisation de ressources et flux de matières et d'énergie des espaces de production vers les villes



# L'Hinterland nourricier des villes au prisme des transitions socio-écologiques: l'exemple de l'agglomération parisienne, 1780-2050



**Gilles BILLEN**,  
UMR Metis, SU, CNRS  
gilles.billen@upmc.fr



Marie  
Silvestre



Josette Garnier



Sabine Barles



Julia Le Noë

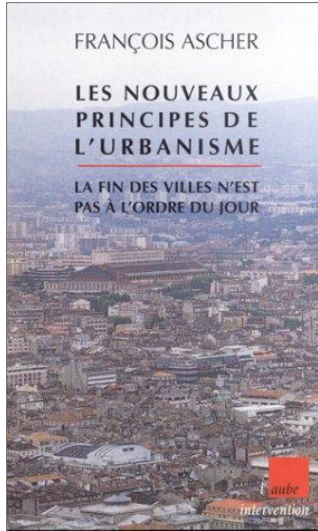


Luis Lassaletta



Sabine Bognon

# La Problématique:



## François Ascher (2001):

*Une ville est un regroupement de populations qui ne produisent pas elles-mêmes leur moyen de subsistance alimentaire.*

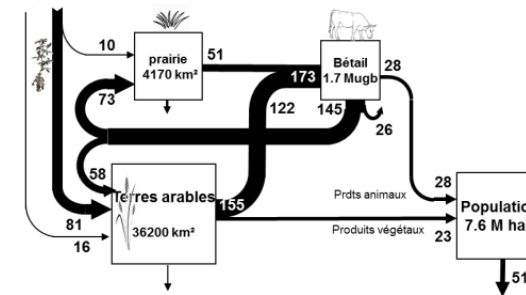
Le développement des villes est donc lié au développement de la capacité d'un territoire rural extérieur, proche ou lointain, à produire des excédents alimentaires, et à les exporter vers la ville.

## Hinterland:

territoire d'approvisionnement d'une ville, structuré par les relations qu'il entretient avec elle

**L'approche choisie:** La Biogéochimie territoriale (flux de matière)

Quantifier: Ce qu'on mange en ville ?  
Ce que peut exporter l'Hinterland ?  
Quelles relations se tisse entre les deux territoires ?



Dans une perspective historique longue traversant les grandes transitions socio-écologiques

## Plan de l'exposé:

L'Ancien Régime  
Le XIXe siècle  
La Grande accélération des 30 Glorieuses  
La situation actuelle  
Deux scénarios prospectifs

Quelles sources mobilisées?

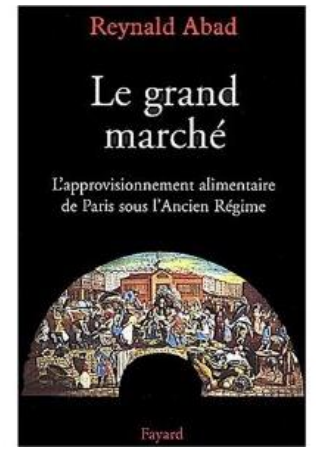
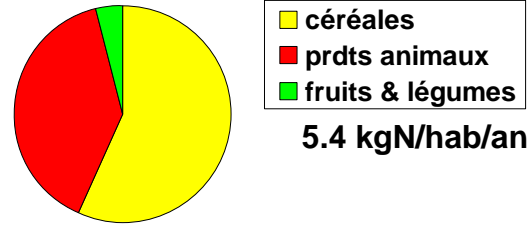
# Paris, 1786

700 000 hab

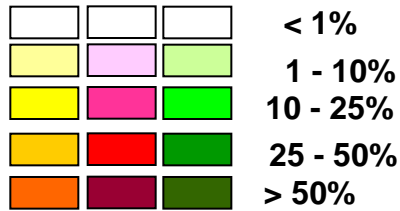


## Les protéines (l'azote) comme métrique commune pour quantifier la consommation alimentaire

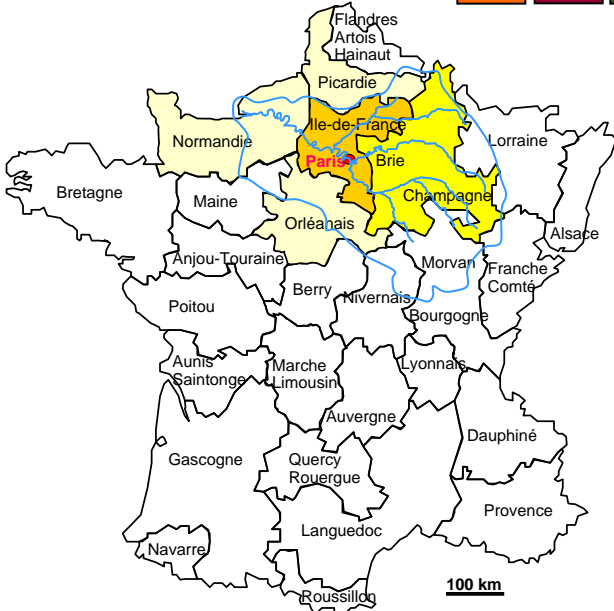
### Consommation alimentaire apparente



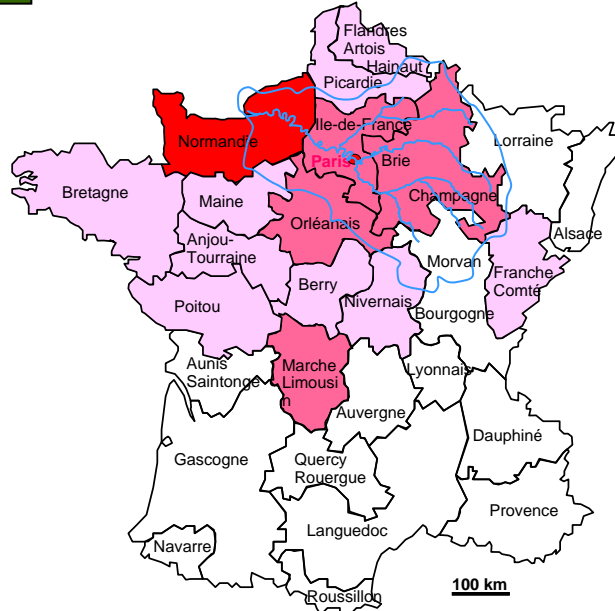
### Contribution à l'approvisionnement de Paris (%)



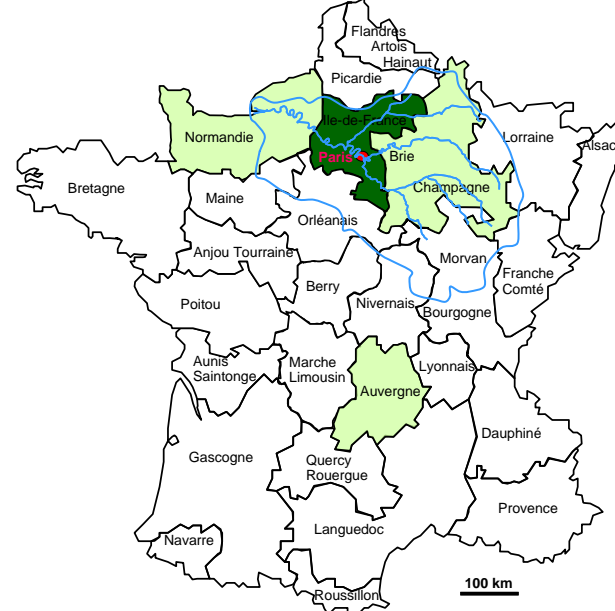
Le bassin de la Seine (75000 km<sup>2</sup>) couvre l'essentiel des besoins alimentaires de Paris à la fin du XVIIIe s



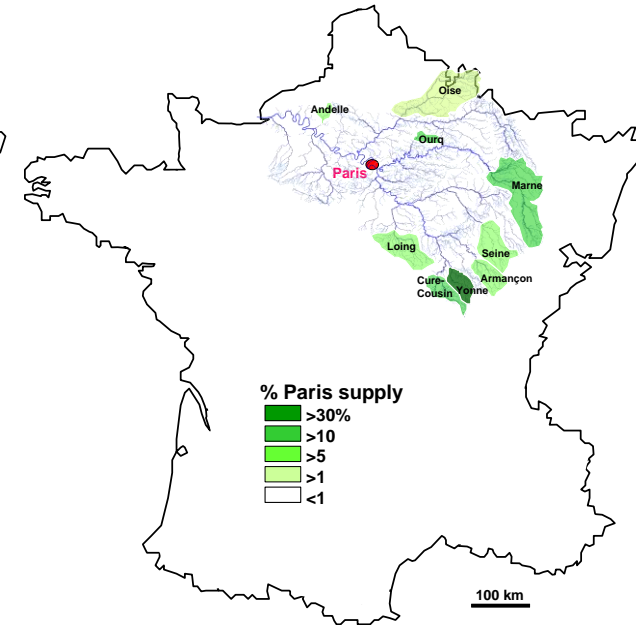
Céréales



Produits animaux



Fruits & légumes

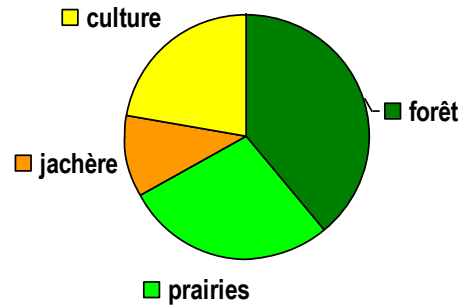
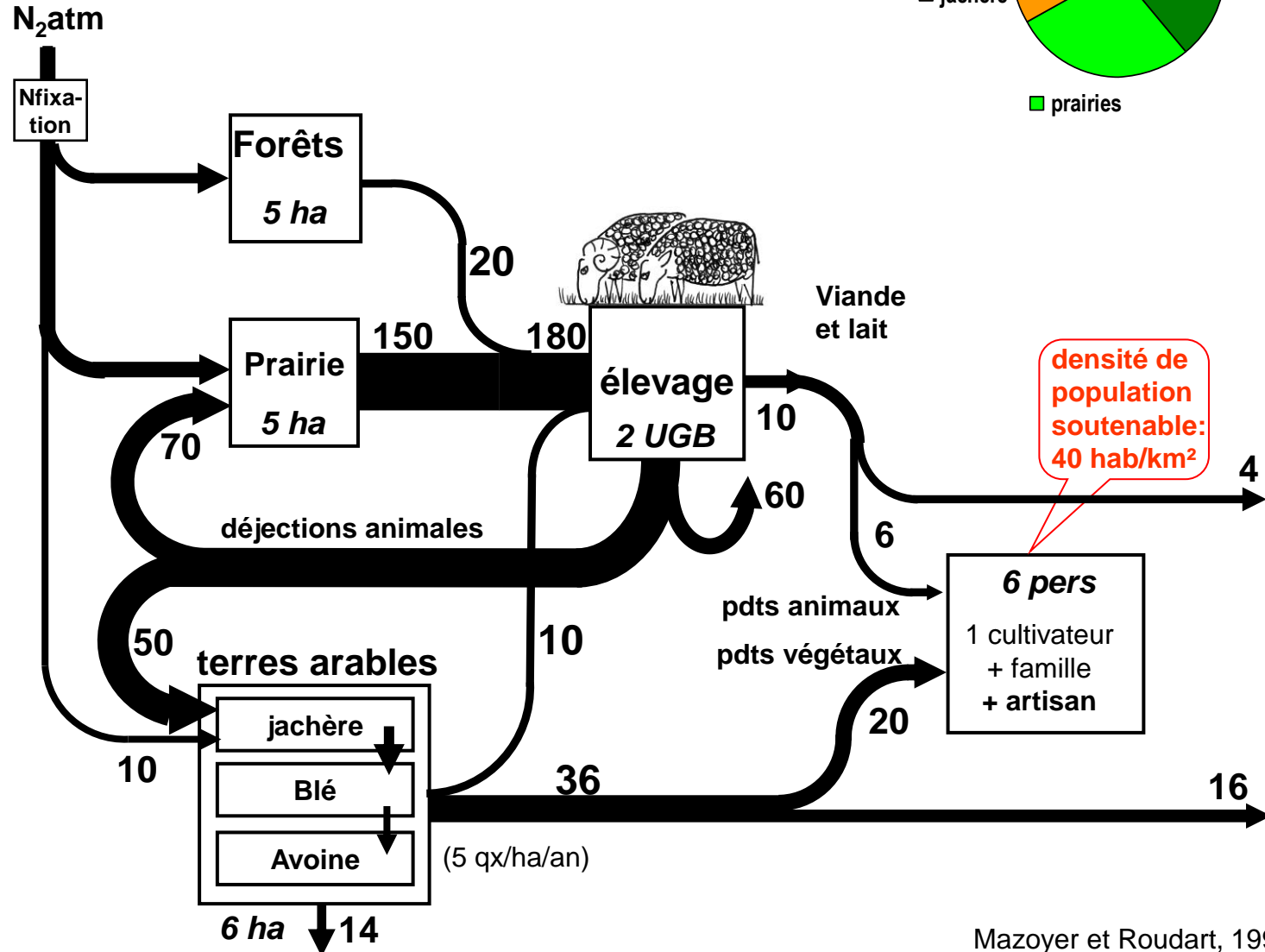


Energie (bois de chauffage)

# Le système agricole du bassin parisien: Culture-élevage à forte charge animale et assolement triennal

Représentation en termes de flux d'azote:  
methode GRAFS (Le Noë et al, 2017)

kgN/an pour 16 ha de territoire



**Capacité d'exportation commerciale:**  
125 kgN/km<sup>2</sup>/an  
soit 25 hab urbain/km<sup>2</sup>

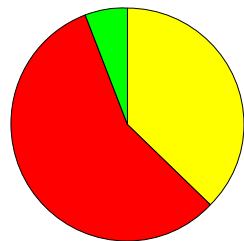
**Un cercle de 100 km de rayon autour de Paris suffit à nourrir la ville**



Paris, 1896

3 715 000 hab

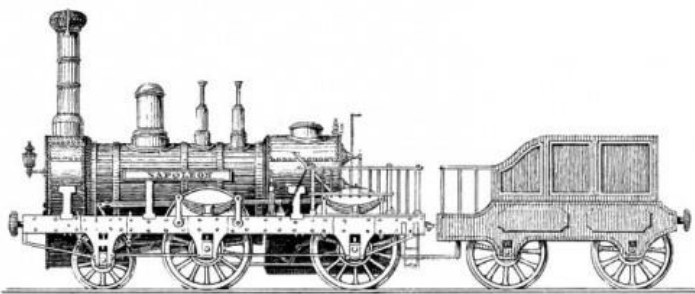
Une demande urbaine 7 x plus importante



Toutain, 1971

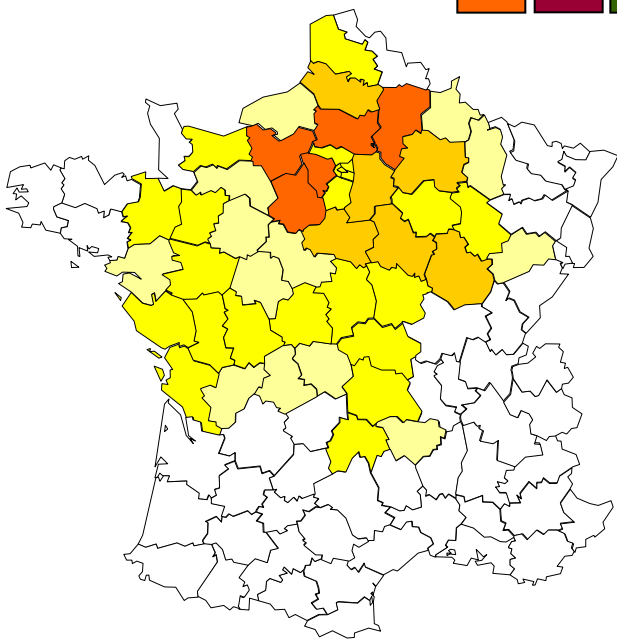
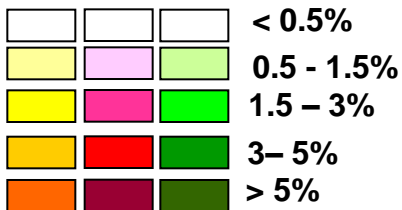
- céréales
- prdts animaux
- fruits & légumes

7 kgN/hab/an

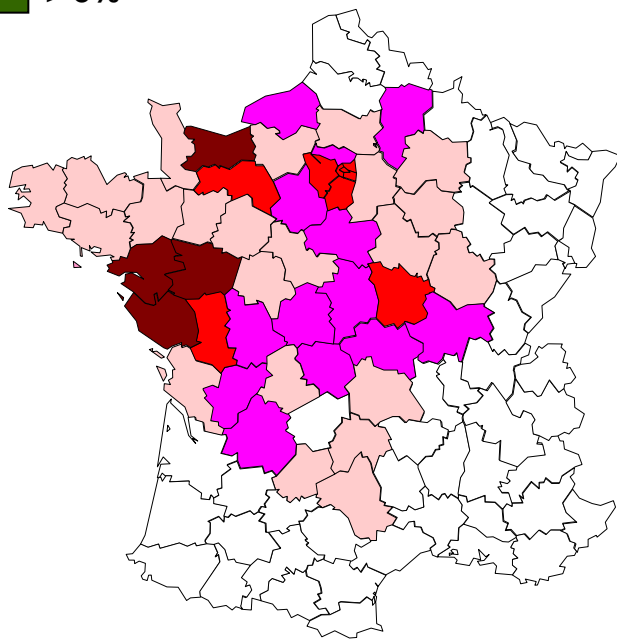


Malgré le décuplement de la demande alimentaire urbaine et le développement des transports, l'aire d'approvisionnement de Paris reste centrée sur le bassin parisien.

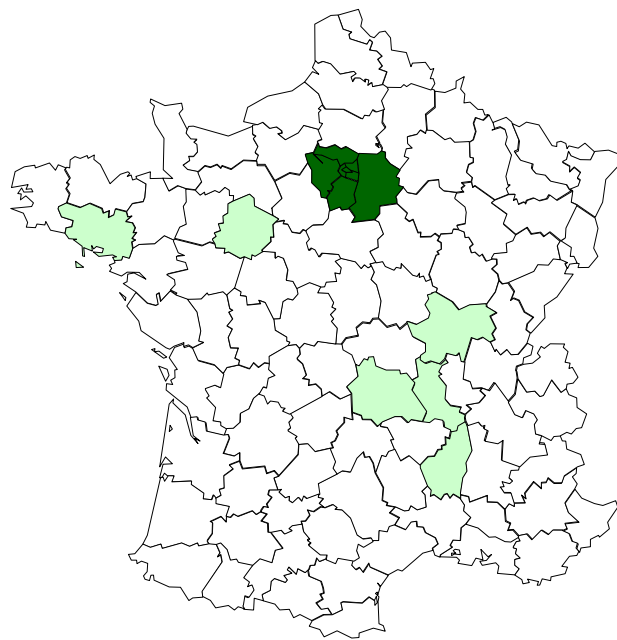
Contribution à l'approvisionnement de Paris (%)



Céréales



Produits animaux

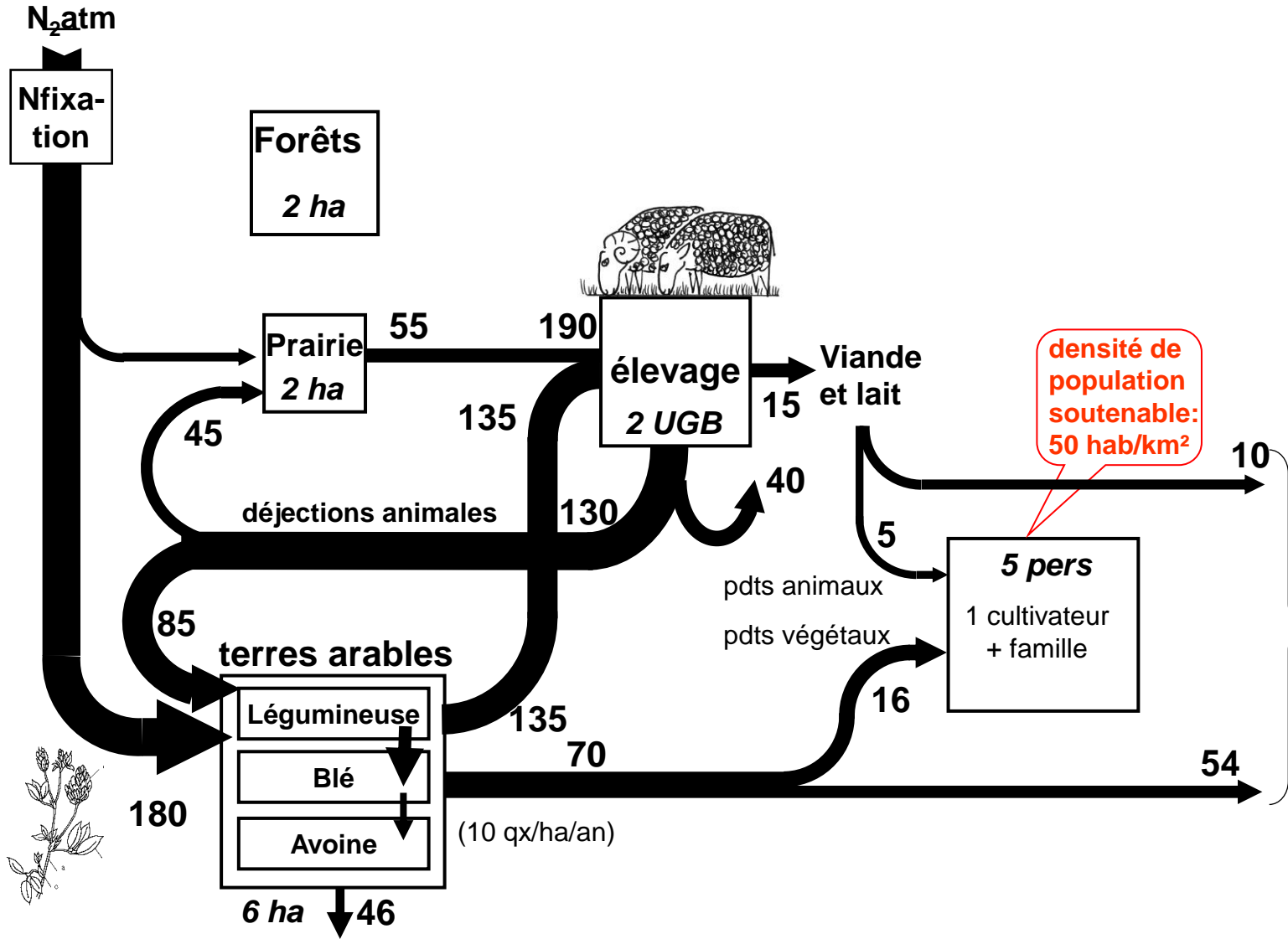


Fruits & légumes

# Culture-élevage à assolement triennal sans jachère

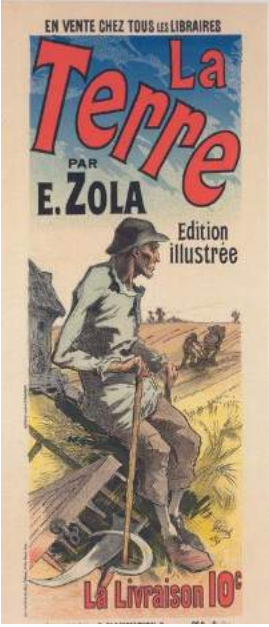
Remplacement de la jachère par une sole de légumineuse fourragère

kgN/an pour 10 ha de territoire



densité de population soutenable: 50 hab/km<sup>2</sup>

Capacité d'exportation commerciale: 640 kgN/km<sup>2</sup>/an soit 125 hab urbain/km<sup>2</sup>



La ferme des Buteau Anglade et al (2015) VertigoO

Un cercle de 115 km de rayon autour de Paris suffit à nourrir la ville

Les performances du système agricole de l'hinterland ont suivi l'accroissement de la demande urbaine

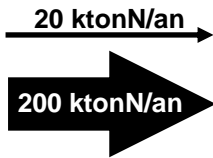
# Bassin de la Seine (69000 km<sup>2</sup>) 1896



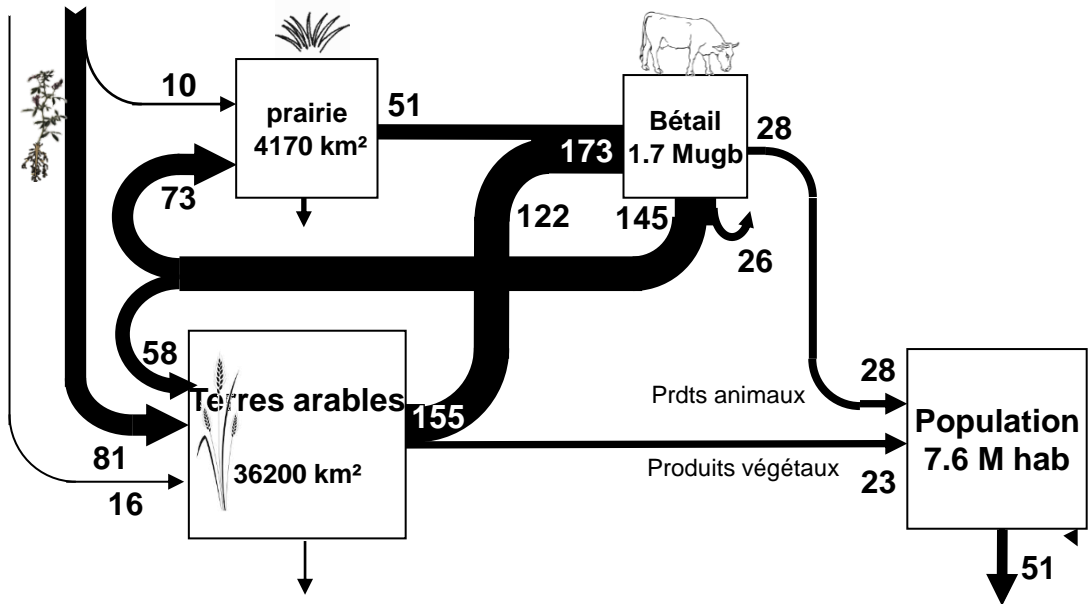
Polyculture élevage herbagère  
 Polyculture élevage fourragère



ktonN/an

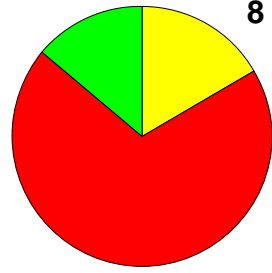


Fixation symbiotique et dépôt atmosphérique  
 Fertilisants exogènes

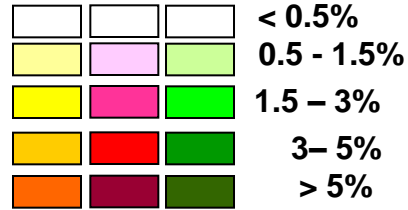


# Paris, 2006

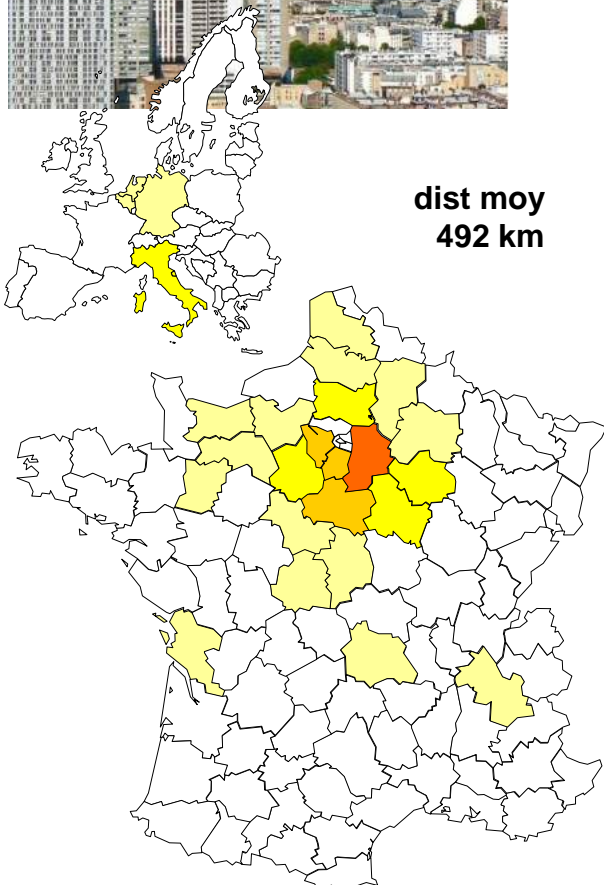
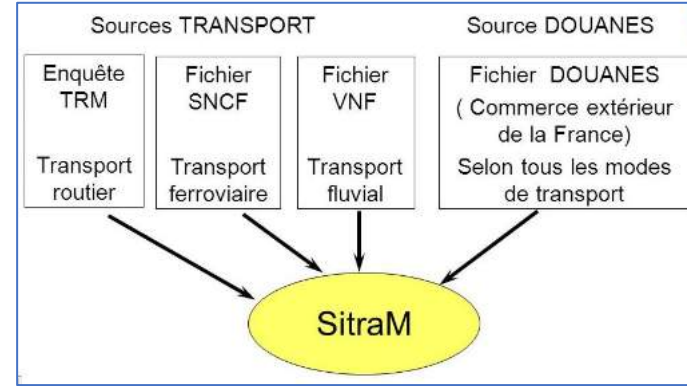
11 532 000 hab



8 kgN/hab/an

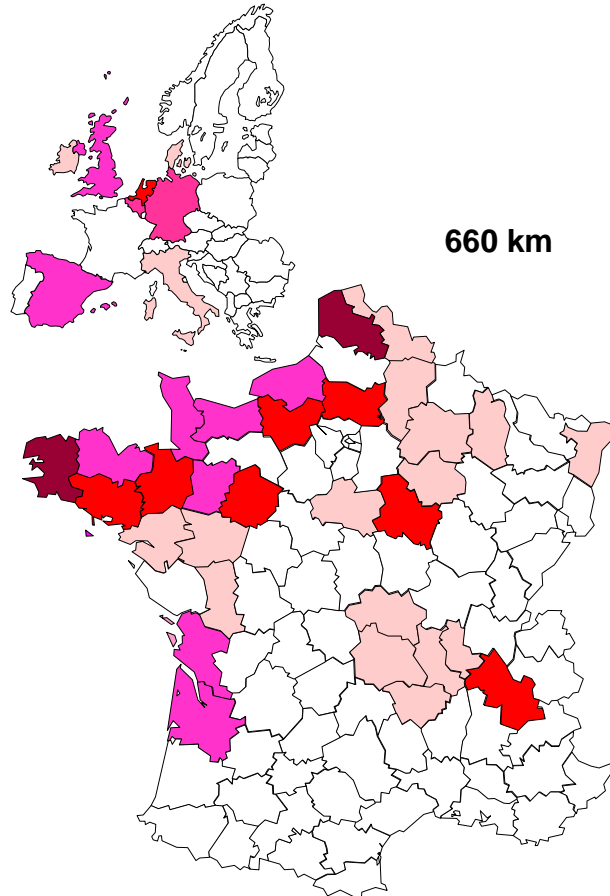


## Base de données SITraM



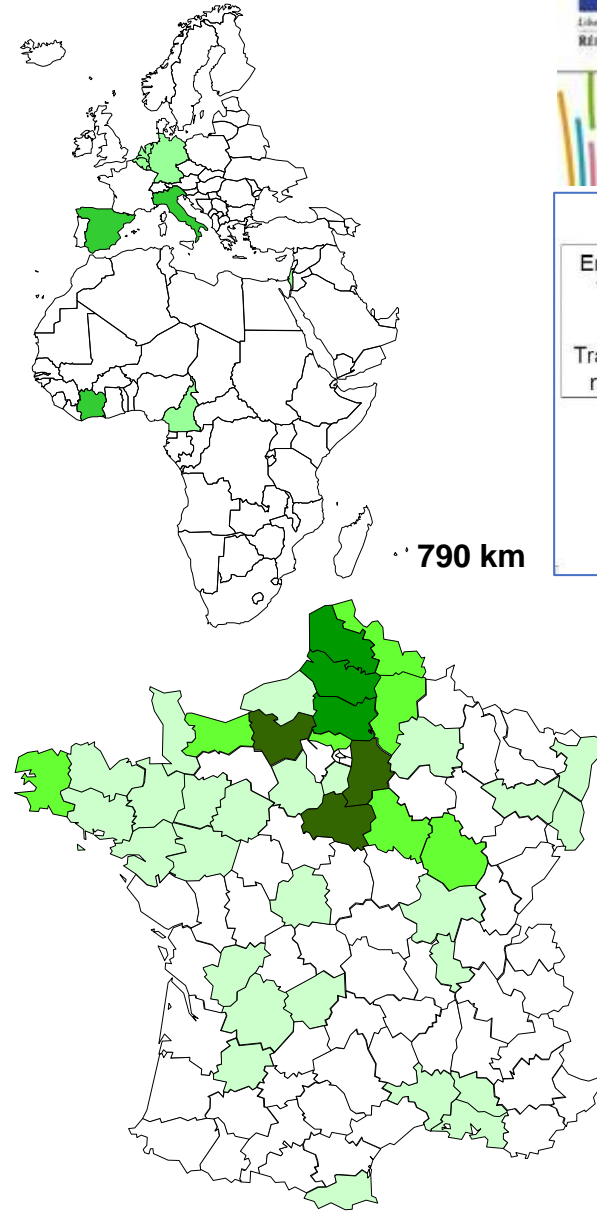
dist moy  
492 km

Céréales



660 km

Produits animaux



790 km

Fruits & légumes

👉 Eclatement et spécialisation de l'approvisionnement



# L'agriculture industrielle des XXème et XXIème siècle

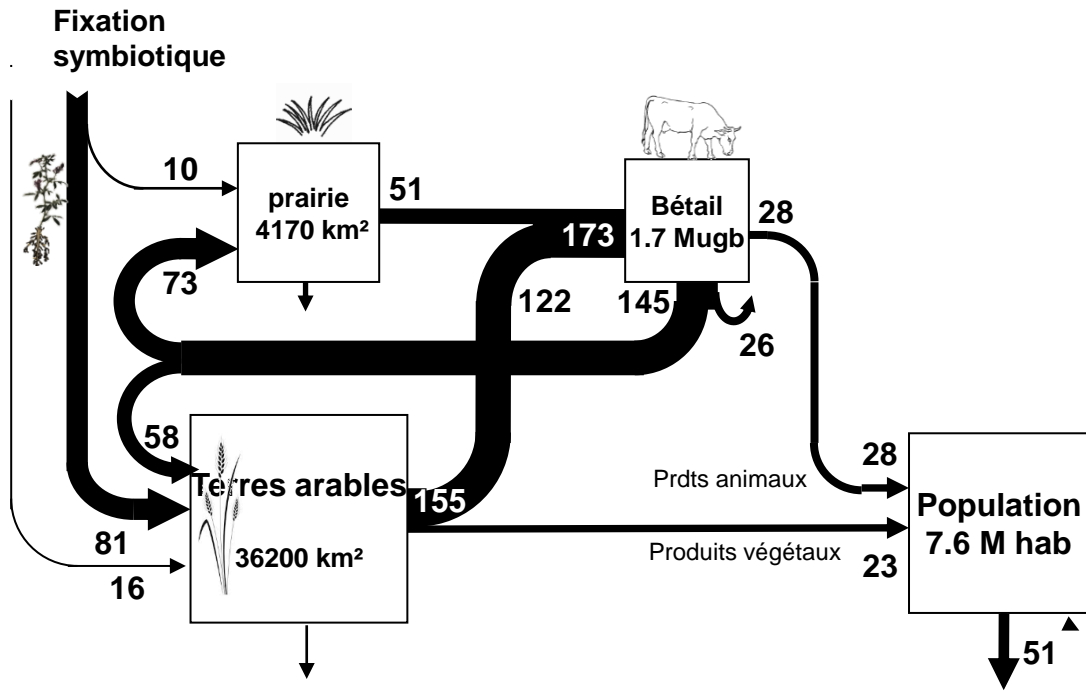


C. Bosch

F. Haber

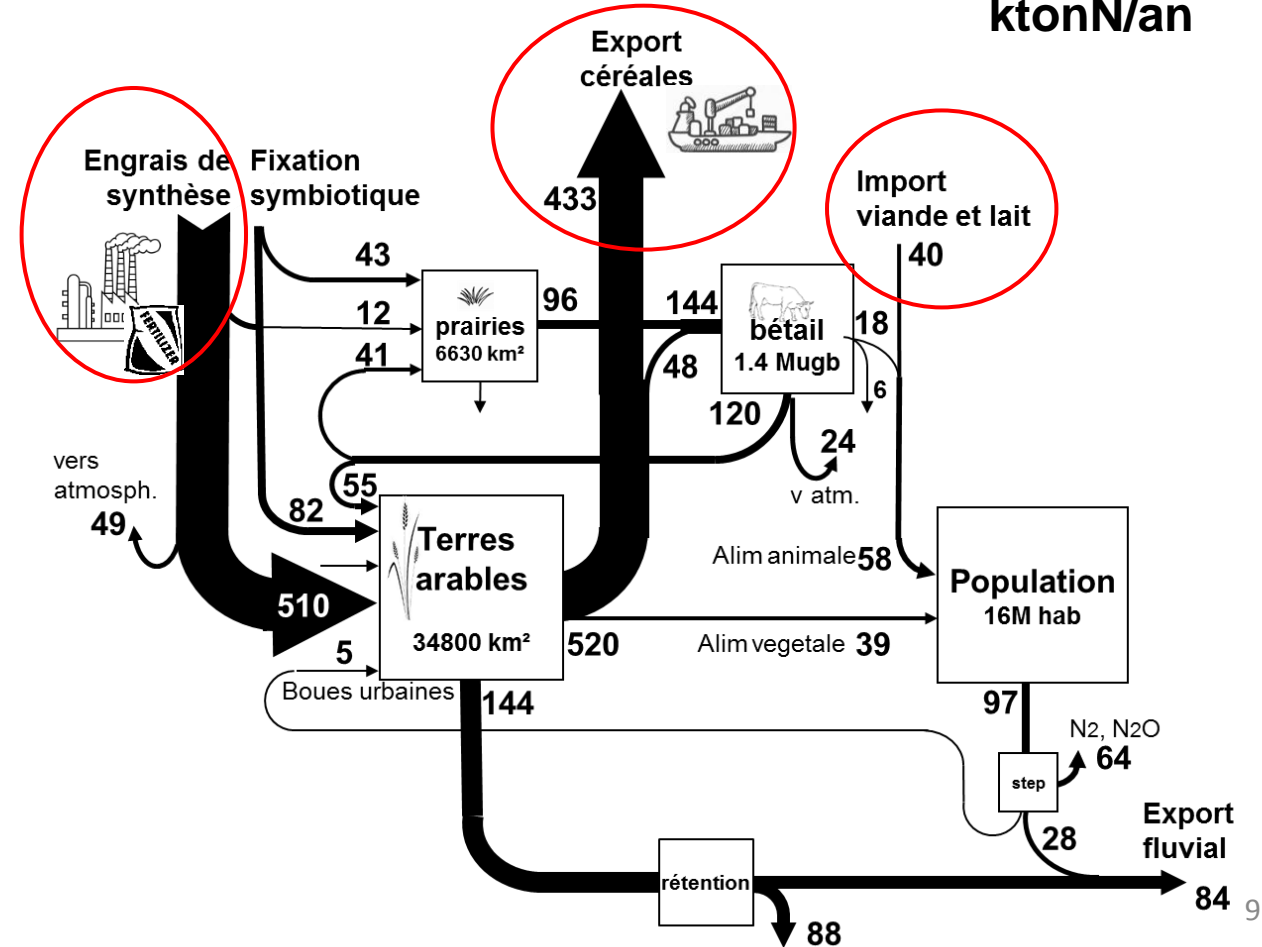
## Bassin de la Seine, 1896

ktonN/an



## Bassin de la Seine, 2010-2014

ktonN/an



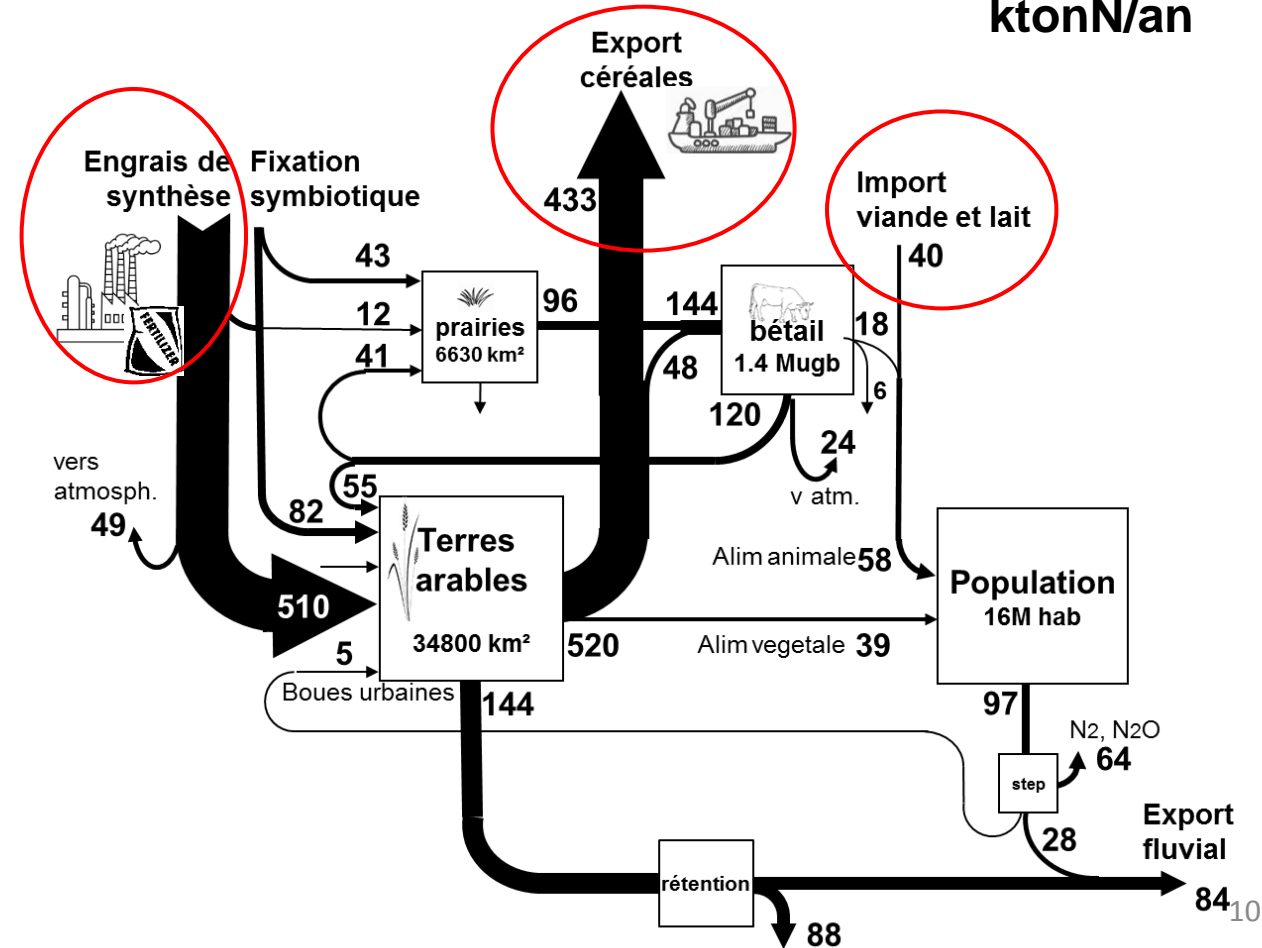
# L'agriculture industrielle des XXème et XXIème siècle

Le recours aux engrais de synthèse par l'agriculture rend possible une simplification radicale de l'agriculture, qui s'affranchit de la complémentarité avec l'élevage...

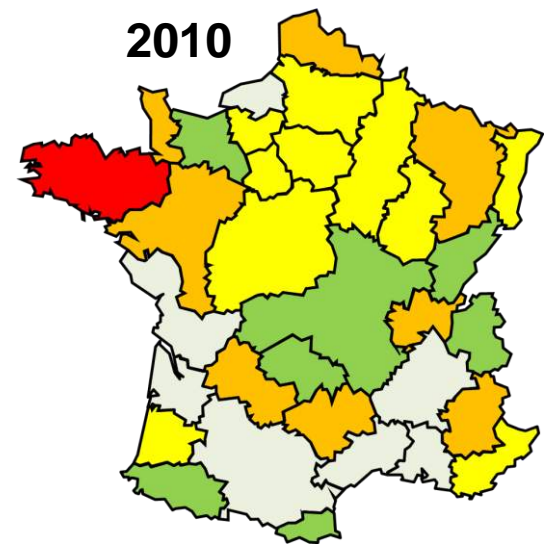
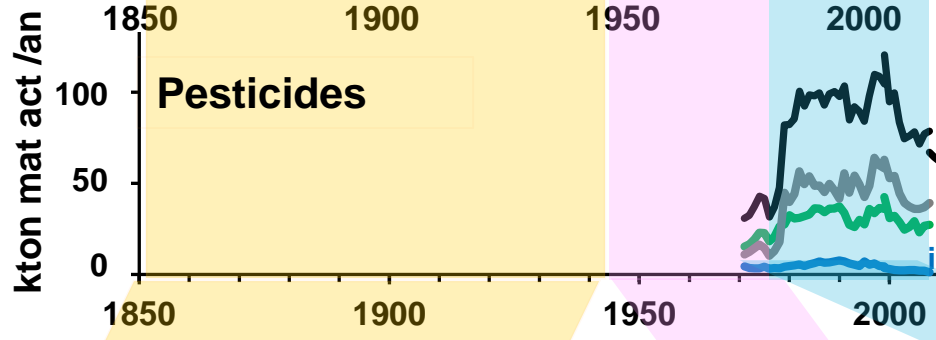
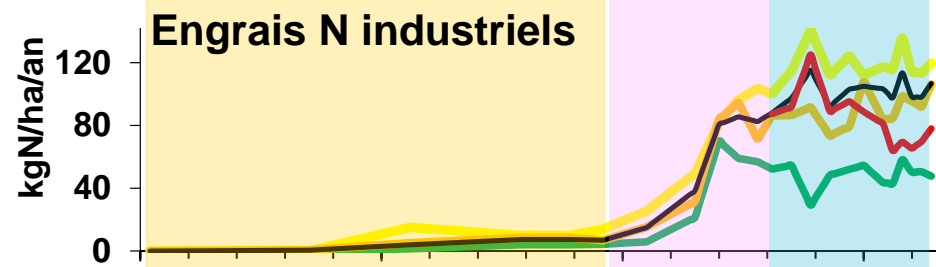
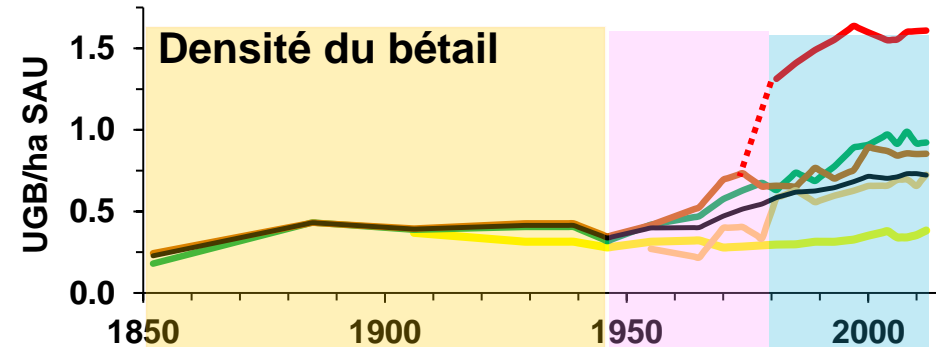
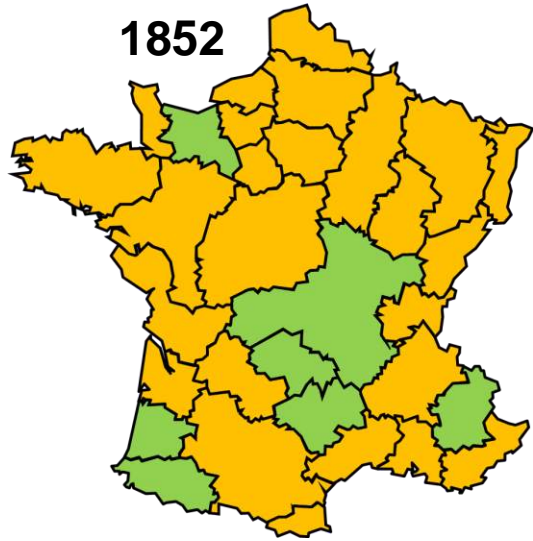
et multiplie par 10-20 le potentiel d'exportation commerciale par rapport au début du XXe siècle.



Bassin de la Seine, 2010-2014  
ktonN/an



# Spécialisation de l'agriculture française



- Polyculture élevage herbagère
- Polyculture élevage fourragère
- Grandes cultures spécialisées
- Grandes cultures + élevage déconnecté
- Elevage intensif spécialisé

**Polyculture-élevage généralisée**

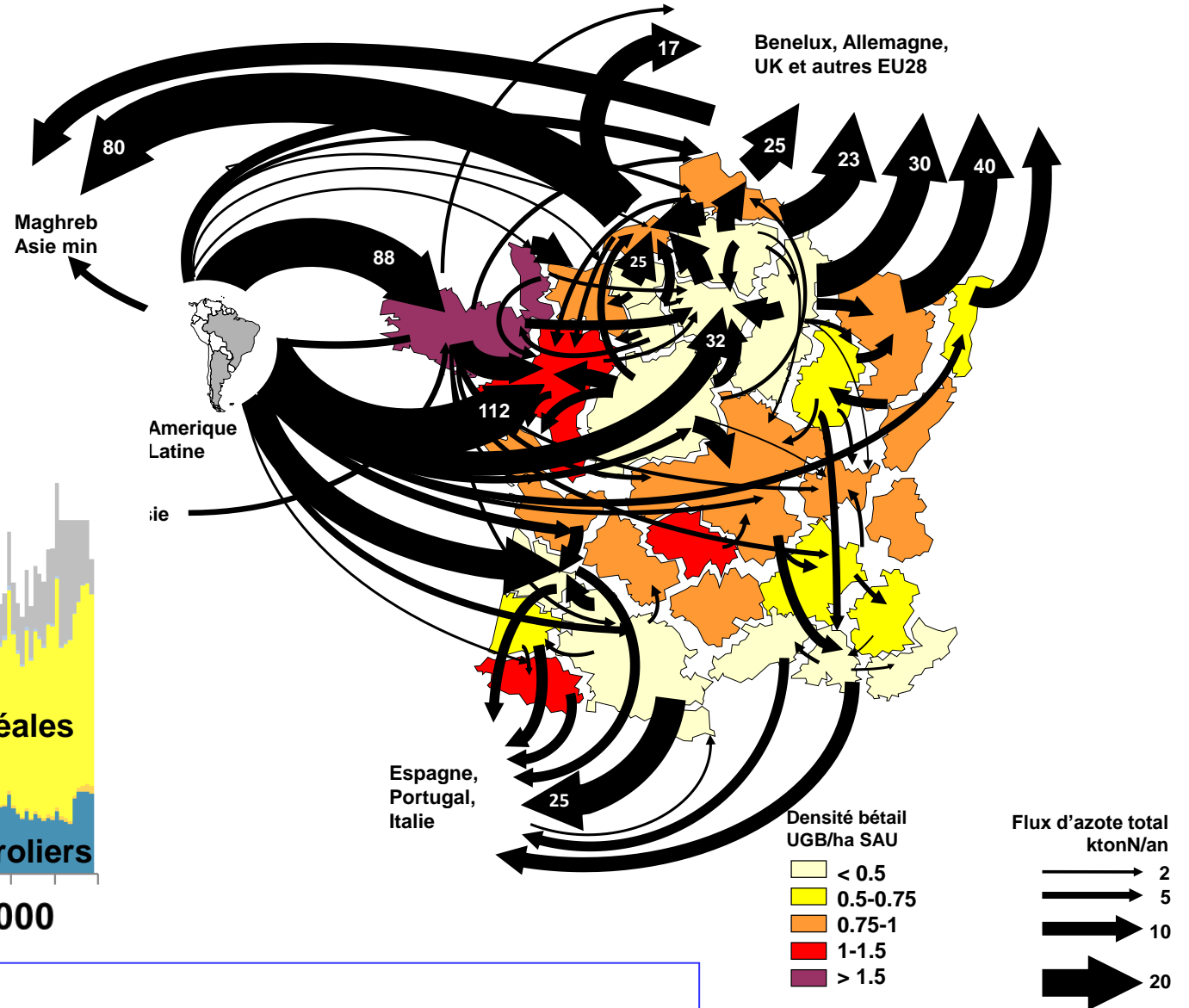
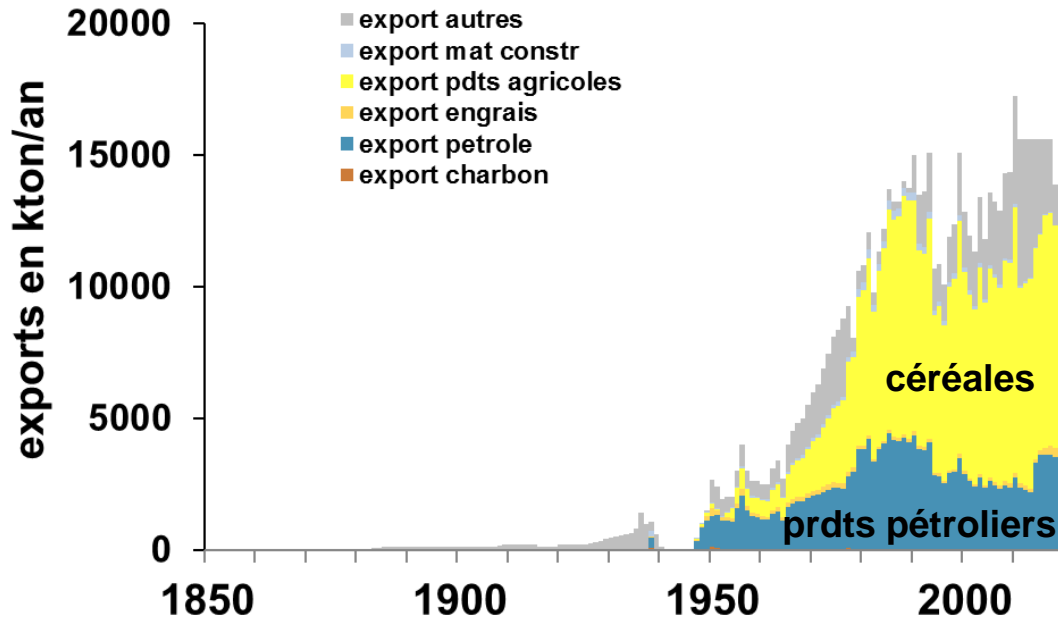
**La 'grande accélération' : Spécialisation/ouverture**

**Agriculture 'raisonnée' spécialisation de l'élevage  
Explosion des pesticides**

# L'extrême ouverture du système agricole français



Trafic à l'export du Port de Rouen



La spécialisation territoriale entraîne la déconnexion de la production et de la consommation alimentaire.

Paris, 2050



# Quel avenir pour le système agro-alimentaire qui nourrit Paris?

Deux scénarios contrastés

## Scénario 1. Poursuite des tendances d'Ouverture et de Spécialisation (Libéral)

Intensification et spécialisation (dans le respect de normes environnementales): *Land sparing*

Développement des échanges internationaux

Concentration urbaine sur l'axe Paris-Le Havre, désertification de l'amont du bassin Seine



*Nous devons reconstruire une politique et une **ambition maritimes pour la France**, autour des nouveaux enjeux (...) d'une planète mondialisée qui respire par le **commerce international***

**N. Sarkozy**, Discours du Havre, 16 juillet 2009



*La France agricole doit être (...) capable de prendre part à la **compétition mondiale**, elle a besoin de paysans.*

**F. Hollande**, Sommet de l'élevage oct 2013



*Il n'y a pas d'avenir de notre agriculture s'il n'y a pas une **ouverture raisonnée**, organisée en matière **commerciale**. [...], il ne faut pas avoir peur de cette ouverture, il faut s'organiser pour en **être les gagnants**.*

**E. Macron**, Discours au Monde agricole (févr 2018)



Paris, 2050



# Quel avenir pour le système agro-alimentaire qui nourrit Paris?

Deux scénarios contrastés

## Scénario 2. Autonomie, Reconnexion, Sobriété (Agro-Ecologique)

Reprise en main citoyenne de l'alimentation, sobriété de la consommation

Recherche d'autonomie des exploitations agricoles (moins d'intrants, circuits courts)

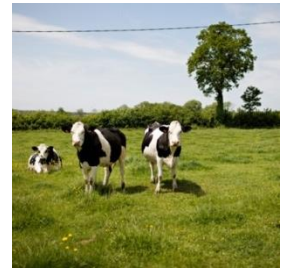
Revalorisation des territoires ruraux, polyfonctionnalités, *Land sharing*



*Le désir citoyen de reconnexion entre production et consommation s'exprime de plus en plus, accompagné d'une méfiance grandissante vis-à-vis des grandes firmes de l'agro-alimentaire, notamment suite à des scandales sanitaires d'ampleur internationale.*



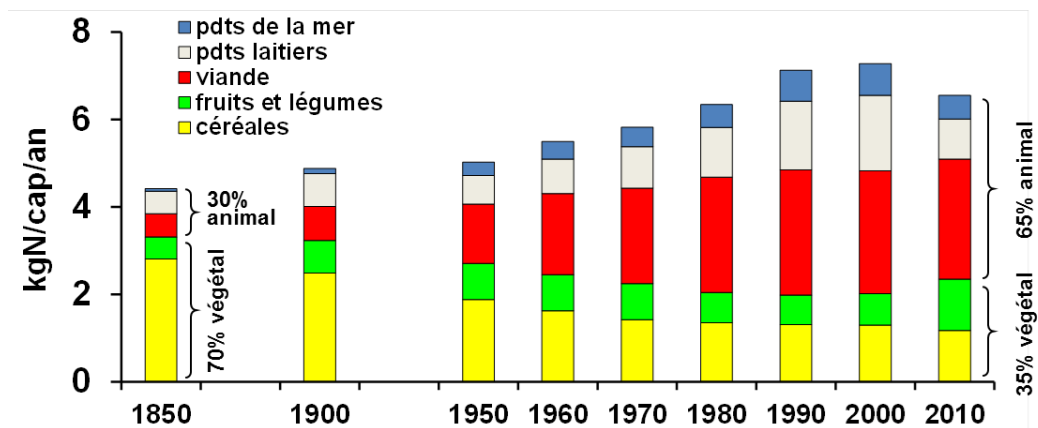
*La demande en produits bio explose, les pesticides suscitent un rejet massif. Les exploitations bio, de plus en plus nombreuses, se portent mieux que les conventionnelles.*



*L'inégalité de l'accès à une alimentation saine et suffisante révélée, lors de la crise sanitaire actuelle par l'explosion des bénéficiaires des associations caritatives, conduit à des propositions politiques aussi ambitieuses que celles de la **Sécurité Sociale Alimentaire** dans le droit fil des conquêtes sociales de l'immédiat après guerre.*



# 1. La question du régime alimentaire humain



## 2015 Situation actuelle

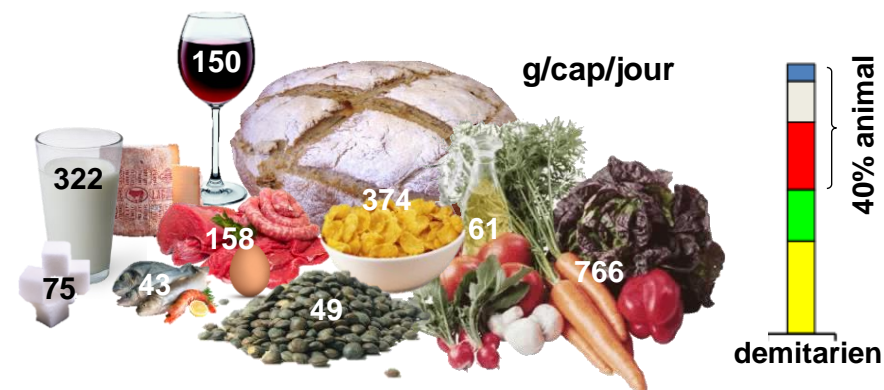


## 2050 Scénario libéral

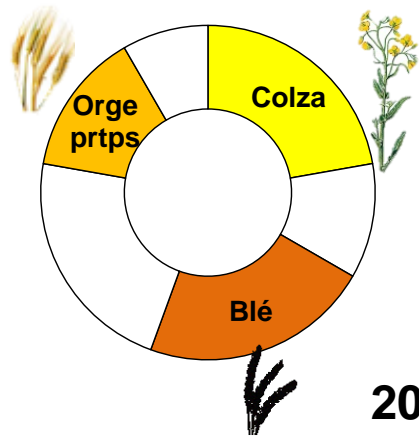


## 2050 Scénario agro-écologique

Régime demitarien (déclaration de Barsac)  
(<http://www.nine-esf.org>)

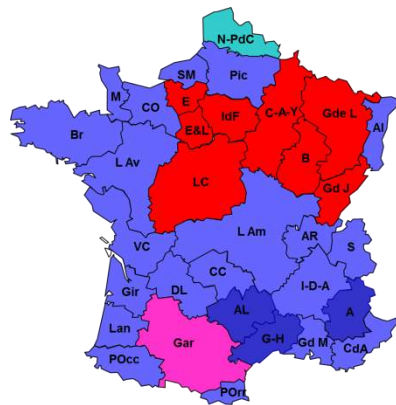


## 2. La question des systèmes de cultures



2015 Situation actuelle

- Co-B-O
- PT-B-O
- PT-B-Ma
- To-B-Ma
- B-Ma-Leg



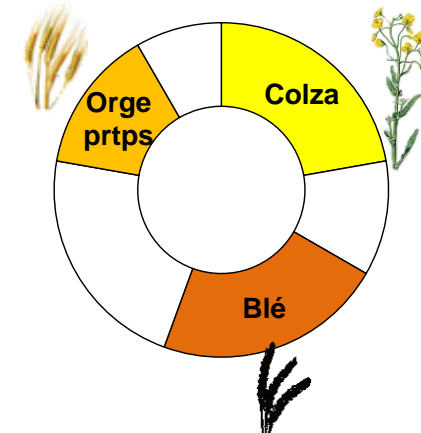
### Rotation conventionnelle type

(Triplet majoritaire représentant >70%SAU)

Sources: Fuzeau et al (2012); Agreste

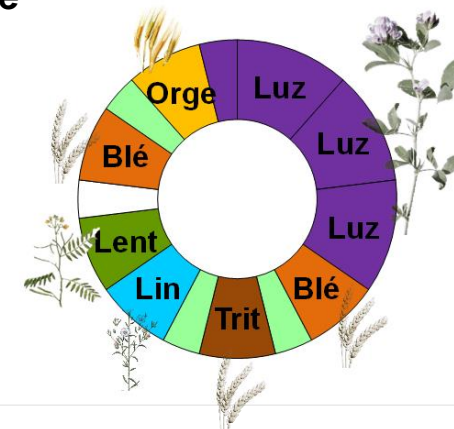
### 2050 Scénario libéral

rotations culturelles courtes,  
Engrais de synthèse  
Pesticides

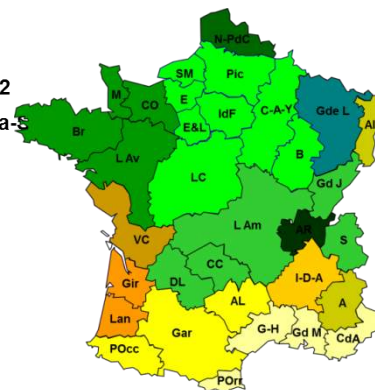


### 2050 Scénario agro-écologique

rotations longues et diversifiées  
sans engrais de synthèse  
sans pesticides



- PT-PT-B-Pro-B-Cer2
- Luz-Luz-B-Cer2-Lin-LegGr-B-Cer2
- Luz-Luz-Luz-B-Cer2-SF-GrLeg-Ma-S
- Tr-Tr-Ma-B-LegGr-B-O
- Luz-PdT-B-LegGr-Cer2
- Luz-Luz-Ma-LegGr-B-Cer2-Ma
- Luz-Luz-B-Cer2-Soj-Soj-Ma-Cer2
- Luz-Luz-B-Cer2-To
- GrLeg-B-To
- Soj-B-Ma-LegGr-B-Ma
- Soj-Ma-LegGr-Cer2
- GrLeg-B-SF



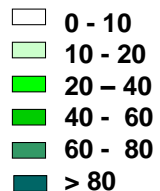


### 3. La connexion culture-élevage

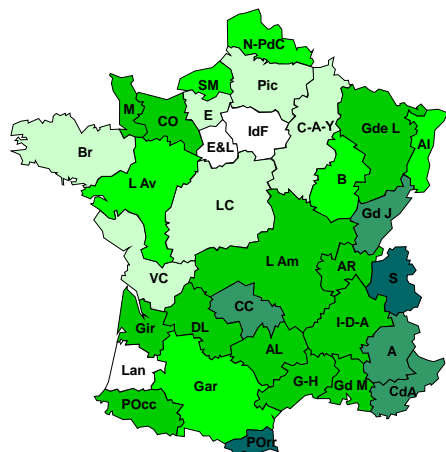
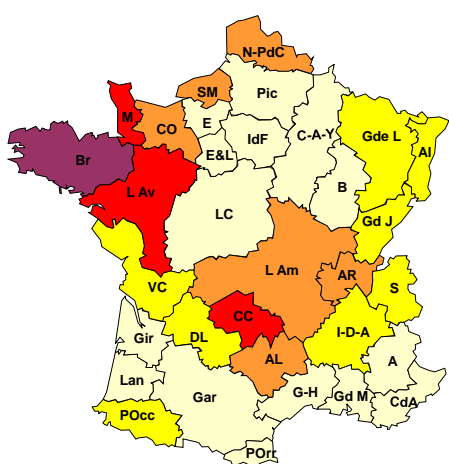
densité  
de bétail  
ugb/haSAU



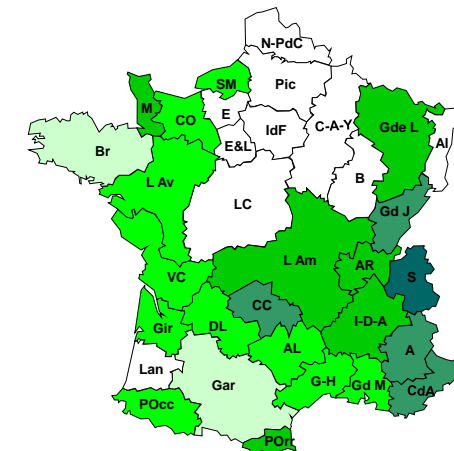
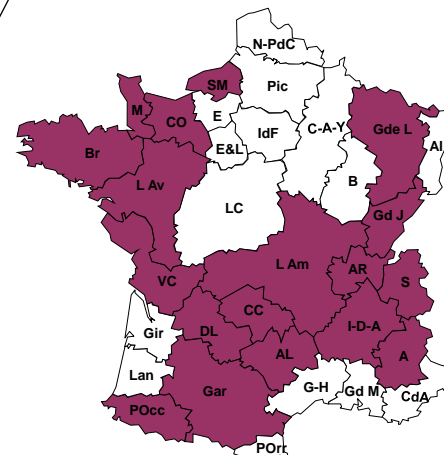
% prairies  
permanentes  
dans SAU



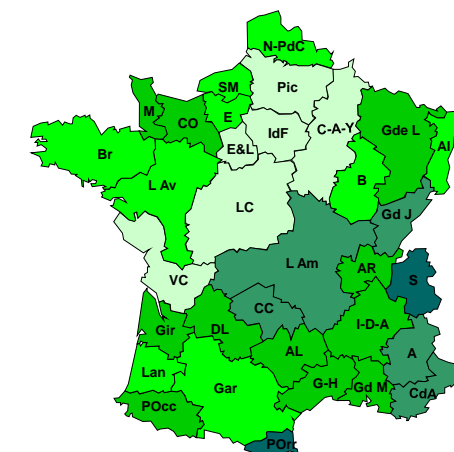
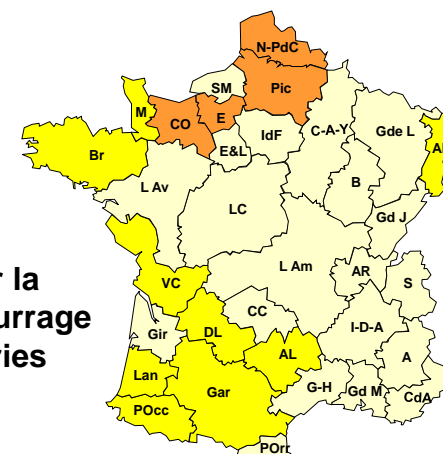
Situation actuelle



2050 Scénario libéral



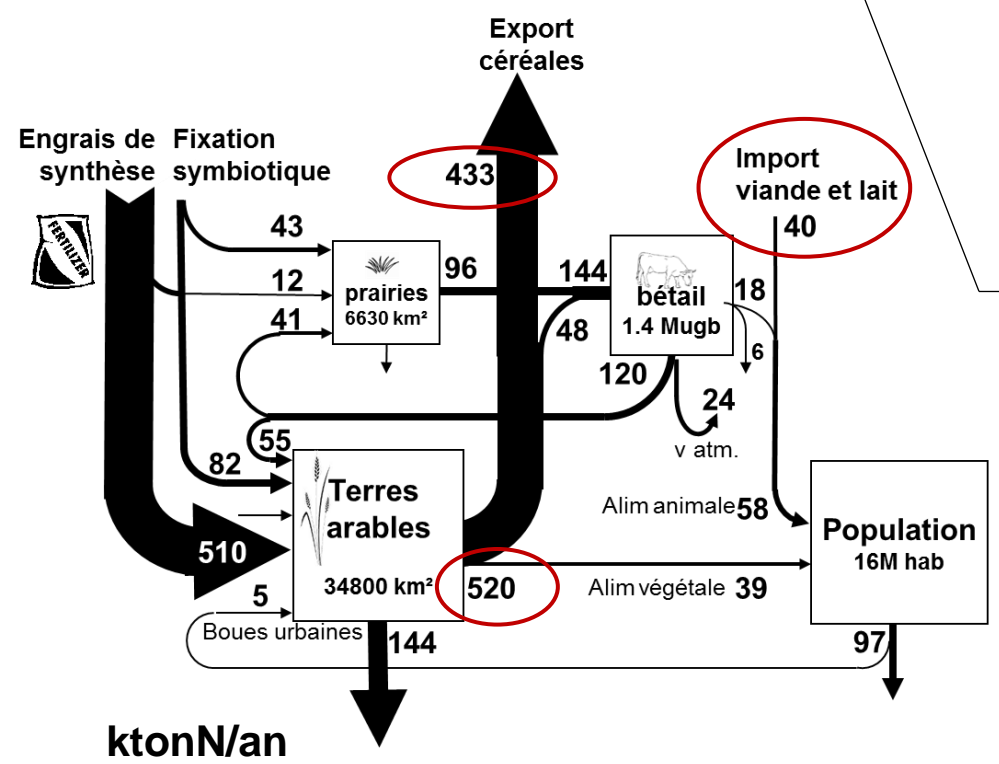
2050 Scénario agro-écologique



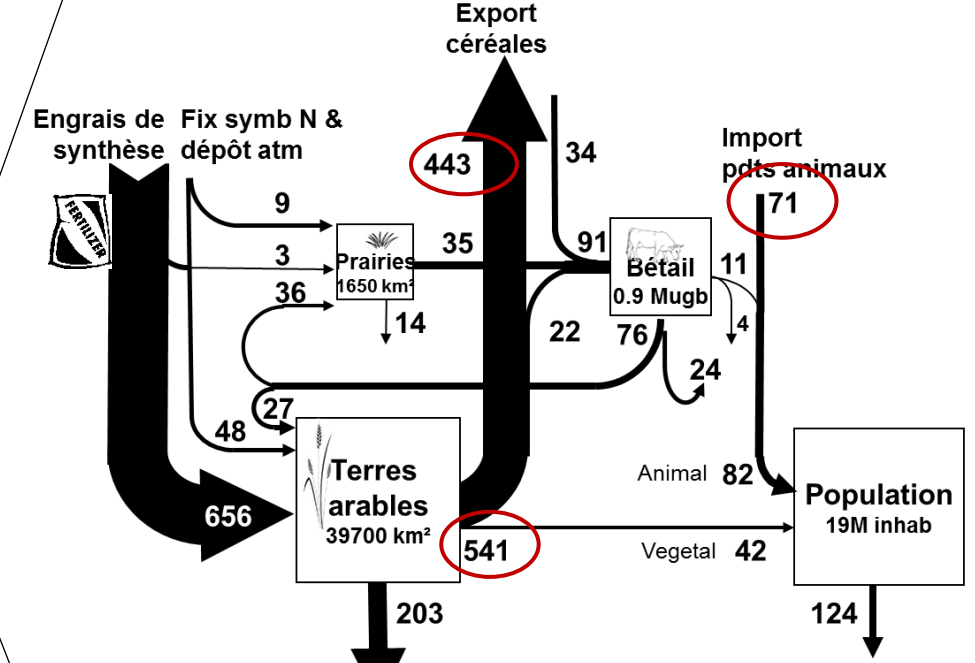
De l'élevage partout  
à la densité permise par la  
production locale de fourrage  
(dont min 33% des prairies  
permanentes)  
Pas d'import de soja!

# Les deux scénarios en 2050 à l'échelle du bassin de la Seine

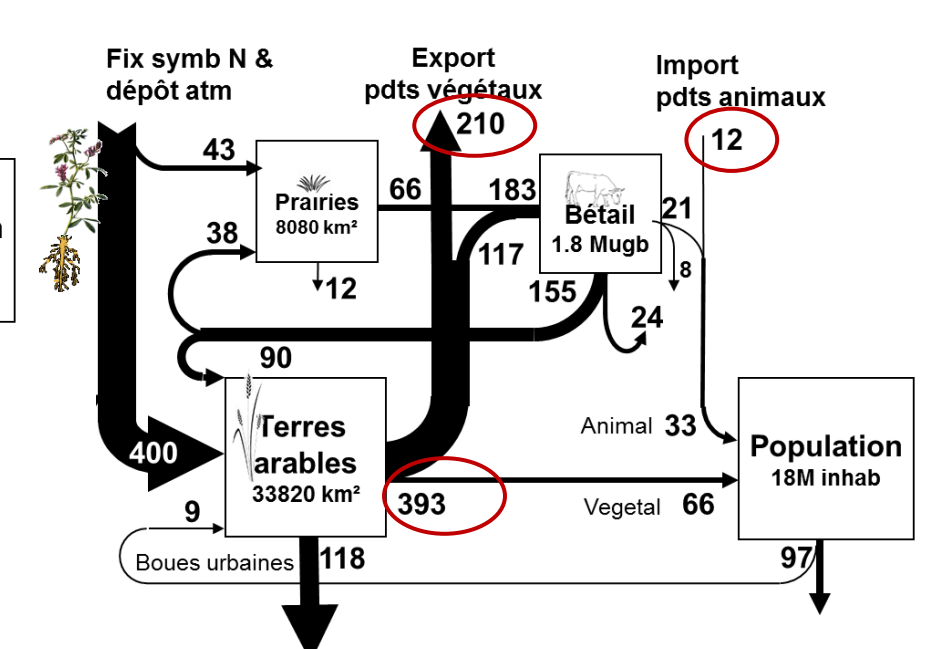
## Systeme actuel



## Scenario O/S (libéral)



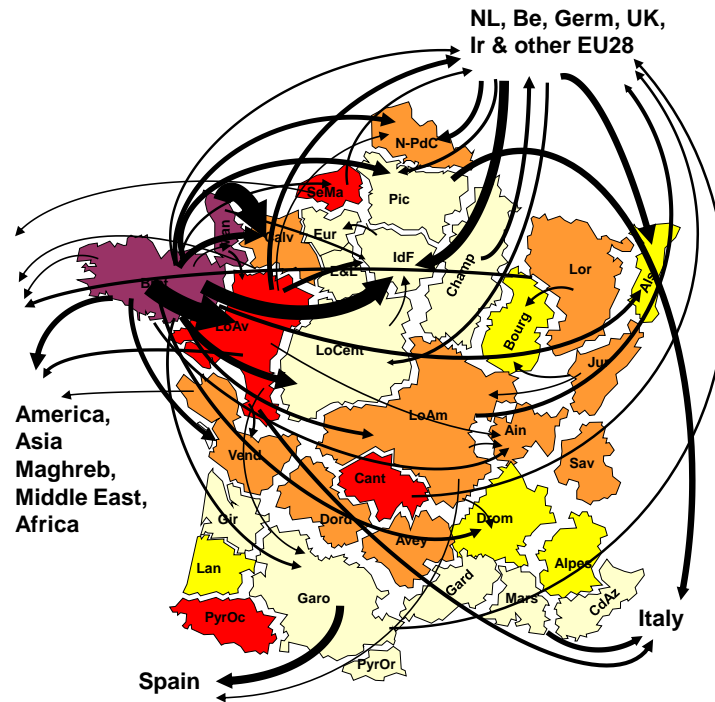
## Scénario A/R/D (agro-écologique)



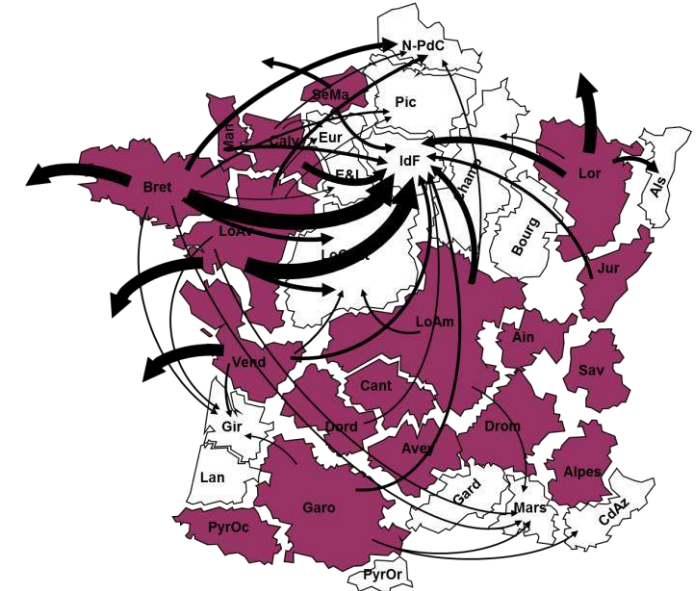
# Échanges commerciaux vers l'Île de France

## Flux de viande et de lait

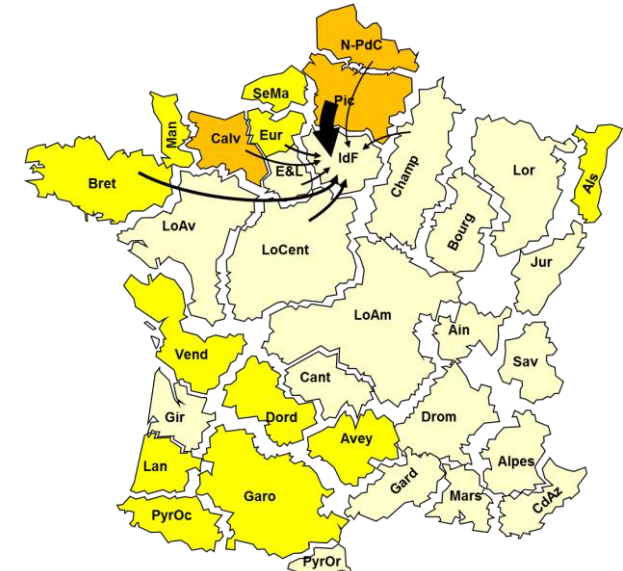
### Système actuel



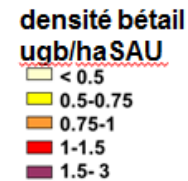
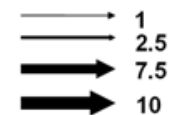
### Scénario O/S (libéral)



### Scénario A/R/D (agro-écologique)



### Flux de viande et lait ktonN/an



# Conclusion

**Une longue histoire commune relie Paris à son hinterland nourricier traditionnel. Ce lien a été rompu en 30 ans d'industrialisation de l'agriculture.**

**Il ne peut être retrouvé que moyennant un changement systémique majeur de l'ensemble du système agro-alimentaire, rompant avec la logique d'intensification et de spécialisation de l'agriculture.**



# Références

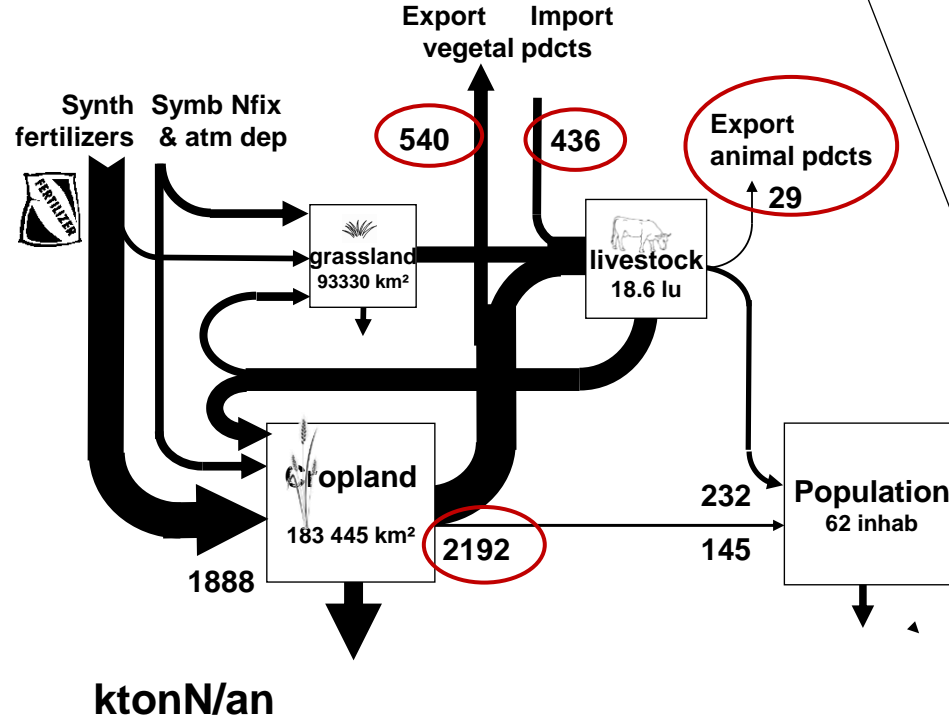
- Billen, G., Barles S, Garnier J, Rouillard J. and Benoit P (2009) .The Food-Print of Paris: Long term Reconstruction of the Nitrogen Flows imported to the City from its Rural Hinterland. *Regional Environmental Change* 9: 13-24 DOI 10.1007/s10113-008-0051-y
- Billen, G., Barles S, Garnier J, Rouillard J. and Benoit P (2009) .The Food-Print of Paris: Long term Reconstruction of the Nitrogen Flows imported to the City from its Rural Hinterland. *Regional Environmental Change* 9: 13-24 DOI 10.1007/s10113-008-0051-y
- Billen, G; Garnier, J., Silvestre, M., Thieu, V., Barles, S., Chatzimpiros, P. (2012). Localising the nitrogen imprint of Paris food supply: the potential of organic farming and changes in human diet. *Biogeosciences* 9, 607–616.
- Billen, G., Garnier, J., Barles, S. (2012). History of the urban environmental imprint: introduction to a multidisciplinary approach to the long term relationships between Western cities and their hinterland. *Regional Environmental Change*. 12: 249-254.
- Billen, G., Barles, S., Chatzimpiros, P., Garnier, J. (2012). Grain, meat and vegetables to feed Paris: where did and do they come from? Localising Paris food supply areas from the eighteenth to the twenty-first century. *Regional Environmental Changes*. 12 : 325-336.
- Billen, G; Lasseletta, L & Garnier, J. (2014) A biogeochemical view of the global agro-food system: Nitrogen flows associated with protein production, consumption and trade. *Global Food Security*, 3: 209-219. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2014.08.003i>.
- Lassaletta L., Billen G., Grizzetti B., Anglade J., Garnier J. (2014). 50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland. *Environ. Res. Lett.* 9. DOI:10.1088/1748-9326/9/10/105011
- Billen, G, Lassaletta & Garnier, J. (2015) A vast range of opportunities for feeding the world in 2050: trade-off between diet, N contamination and international trade. *Envir. Res. Letters* 10: 025001 doi:10.1088/1748-9326/10/2/025001
- Anglade J., Billen G., Garnier J. (2015). « La Terre » de Zola, une histoire biogéochimique de la Beauce au XIXe siècle », *Vertigo* - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], vol 15. <http://vertigo.revues.org/16438> ; DOI : 10.4000/vertigo.16438
- Le Noë J, Billen G, Lassaletta L, Silvestre M, Garnier J. (2016). La place du transport de denrées agricoles dans le cycle biogéochimique de l'azote en France : un aspect de la spécialisation des territoires. *Cahiers Agricultures* 25, 15004. DOI: 10.1051/cagri/2016002
- Anglade J., Ramos Medina M., Billen G., Garnier J. (2016). Organic market gardening around the Paris agglomeration: agro-environmental performance and capacity to meet urban requirements. *Environmental Science and Pollution Research*. *Environ Sci Pollut Res*. DOI 10.1007/s11356-016-6544-1
- Lassaletta L., Billen G., Garnier J., Bouwman L., Velazquez E., Mueller N.D., Gerber J.S. (2016). Nitrogen use in the global food system: Past trends and future trajectories of agronomic performance, pollution, trade, and dietary demand. *Environ. Res. Lett.* 11 (2016) 095007 doi:10.1088/1748-9326/11/9/095007
- Le Noë J, Billen G, Garnier J (2017). How the structure of agro-food systems shapes nitrogen, phosphorus, and carbon fluxes: the Generalized Representation of Agro-Food System applied at the regional scale in France. *Science of the Total Environment* 586: 42–55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.040>
- Tedesco, C, Petit, C, Billen G, Garnier J, Personne E. (2017) Potential for recoupling production and consumption in peri-urban territories: the case-study of the Saclay plateau near Paris, France”, *Food Policy* 69: 35-46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.03.006>
- Le Noë J, Billen G, Esculier F & Garnier J. (2018) Long-term socioecological trajectories of agro-food systems revealed by N and P flows in French regions from 1852 to 2014. *Agr Ecosyst Env.* 265: 132-143. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.09.039>
- Esculier F., Le Noë J., Barles S., Billen G., Créno B., Garnier J., Lesavre J., Petit L., Tabuchi J.-P. (2018). The biogeochemical imprint of human metabolism in Paris Megacity: a regionalized analysis of a water-agro-food system. *J. Hydrol.* DOI 10.1016/j.jhydrol.2018.02.043
- Billen G, Le Noë J, Garnier J. (2018). Two contrasted future scenarios for the French agro-food system. *Science of the Total Environment* 637-638: 695-705. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.043
- Bognon S, Barles S, Billen G, Garnier J. (2018) Approvisionnement alimentaire parisien du xviiiè au xxie siècle : les flux et leur gouvernance. *Récit d'une trajectoire socioécologique*, *Natures Sciences Sociétés*, 26: 17-32. DOI : 10.1051/nss/2018017
- Le Noë J., Billen G., Mary B., Garnier J. (2019). Drivers of long-term carbon dynamics in cropland: a bio-political history (France, 1852–2014). *Environmental Science and Policy*. 93: 53–65. doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.027
- Le Noë J, Roux N, Billen G, Gingrich S, Erb K, Krausmann F, Thieu V, Silvestre M, Garnier J (2020). The phosphorus legacy offers opportunities for agro ecological transition (France 1850-2075). . *Environ. Res. Lett.* 15 064022 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab82cc>

# Les deux scénarios en 2050 à l'échelle de la France

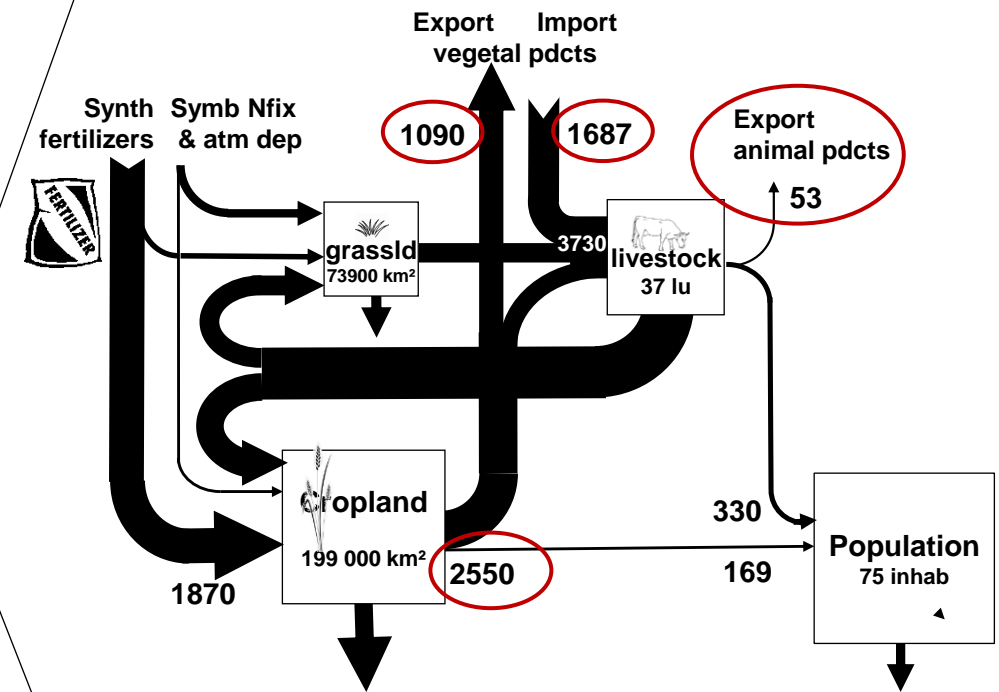
Usage massif de fertilisant synthétiques: 2000 ktonN/yr

Importation de 25% de l'aimantation animale sous forme de soja  
Exportation de 25% de la production végétale sous forme de céréales

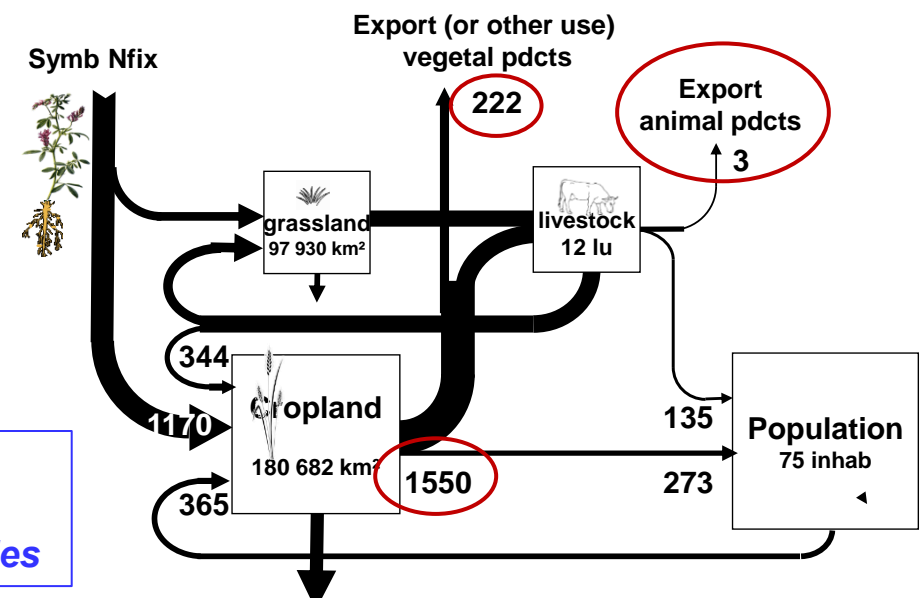
## Système actuel



## Scenario O/S (libéral)



## Scénario A/R/D (agro-écologique)



*Le scénario agro-écologique permet de nourrir la France, et d'exporter encore des céréales*