



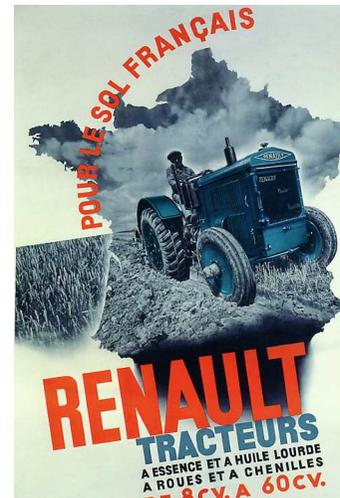
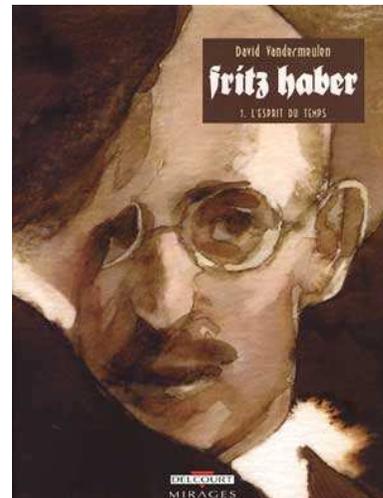
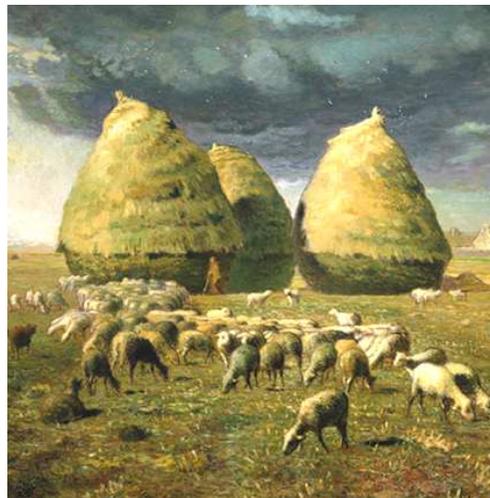
## SÉMINAIRE CASCADE DE L'AZOTE

Mardi 1er juin 2010

INRA - Paris

# La Cascade de l'Azote de l'échelle régionale à l'échelle mondiale

Gilles BILLEN, CNRS/UPMC, UMR Sisyphe



# Les mobilités de l'azote

produits agricoles

hydrologique

atmosphérique

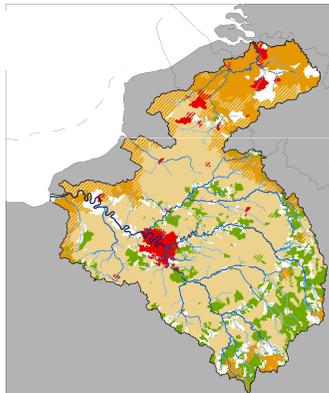


## Echelles



### paysage rural

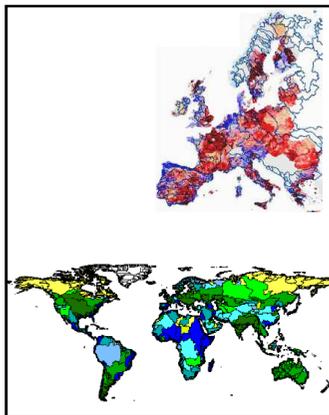
Une mosaïque d'écosystèmes terrestres et aquatiques profondément modifiés par l'agriculture



### bassin versant régional

Des mosaïques paysagères rurales et urbaines, structurées par un réseau hydrographique

Des systèmes marins côtiers perturbés par les apports fluviaux



### continents et planète

Des bassins versant régionaux échangeant entre eux de plus en plus de matière

Une seule atmosphère conditionnant le climat

Transferts de fertilité  
Export de la récolte

Spécialisation des territoires

Mondialisation des échanges

Pertes par lessivage

Contamination des ressources hydriques

Transfert et élimination dans le continuum aquatique

Eutrophisation côtière

Volatilisation et redistribution locale

Dénitrification et production de N<sub>2</sub>O

Dénitrification et production de N<sub>2</sub>O

à l'échelle de l'atmosphère globale

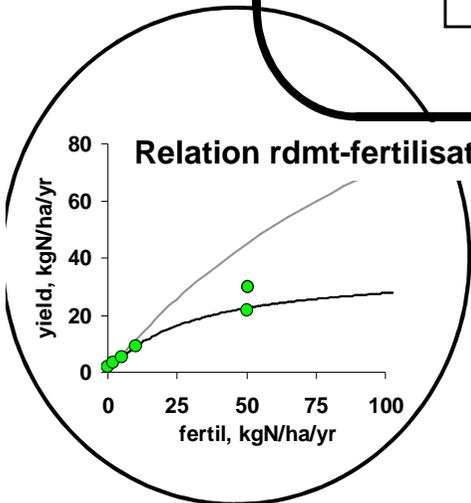
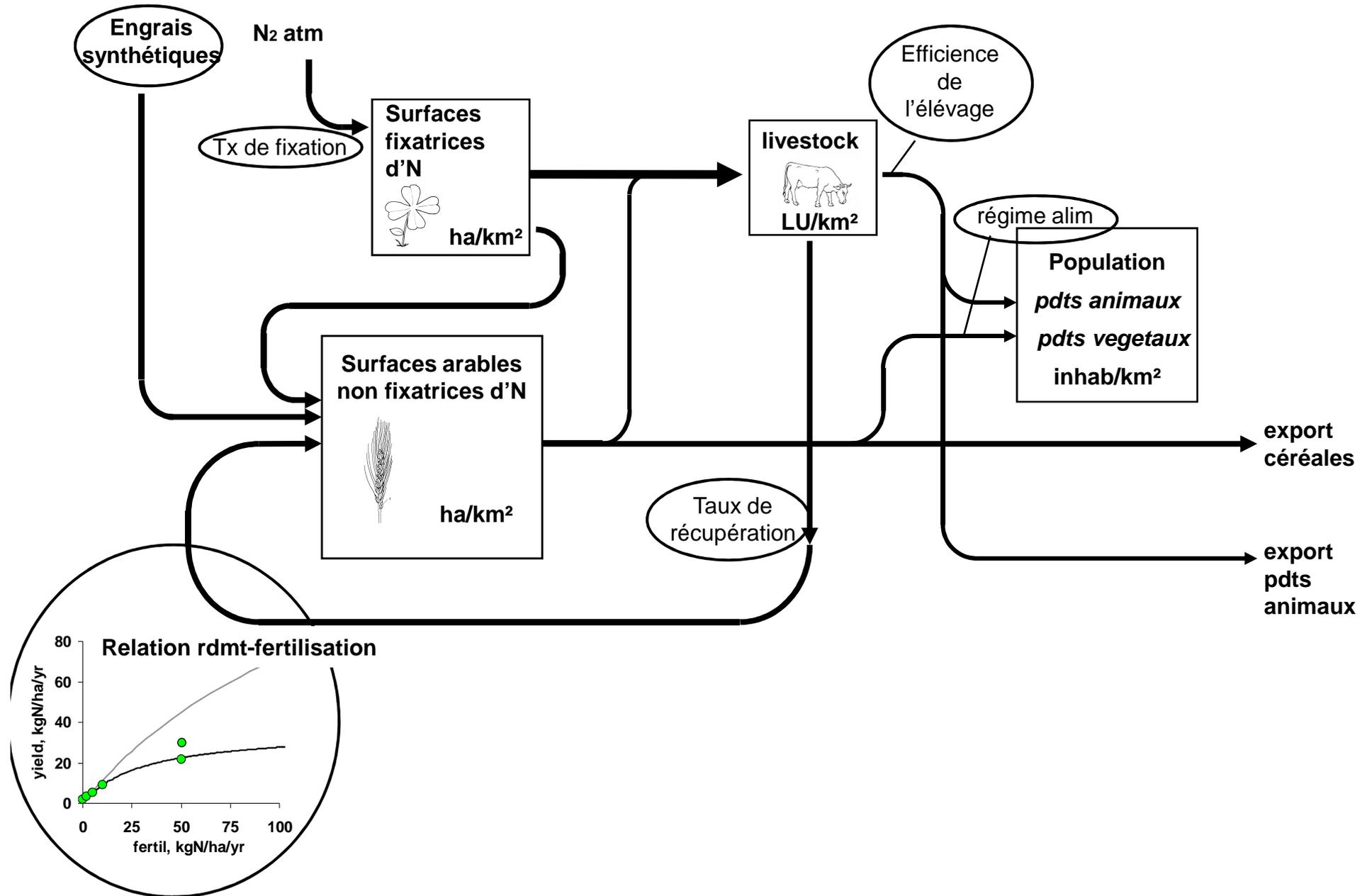
**Prospective planétaire**

# 1. Mobilité 'commerciale' de l'azote des produits agricoles



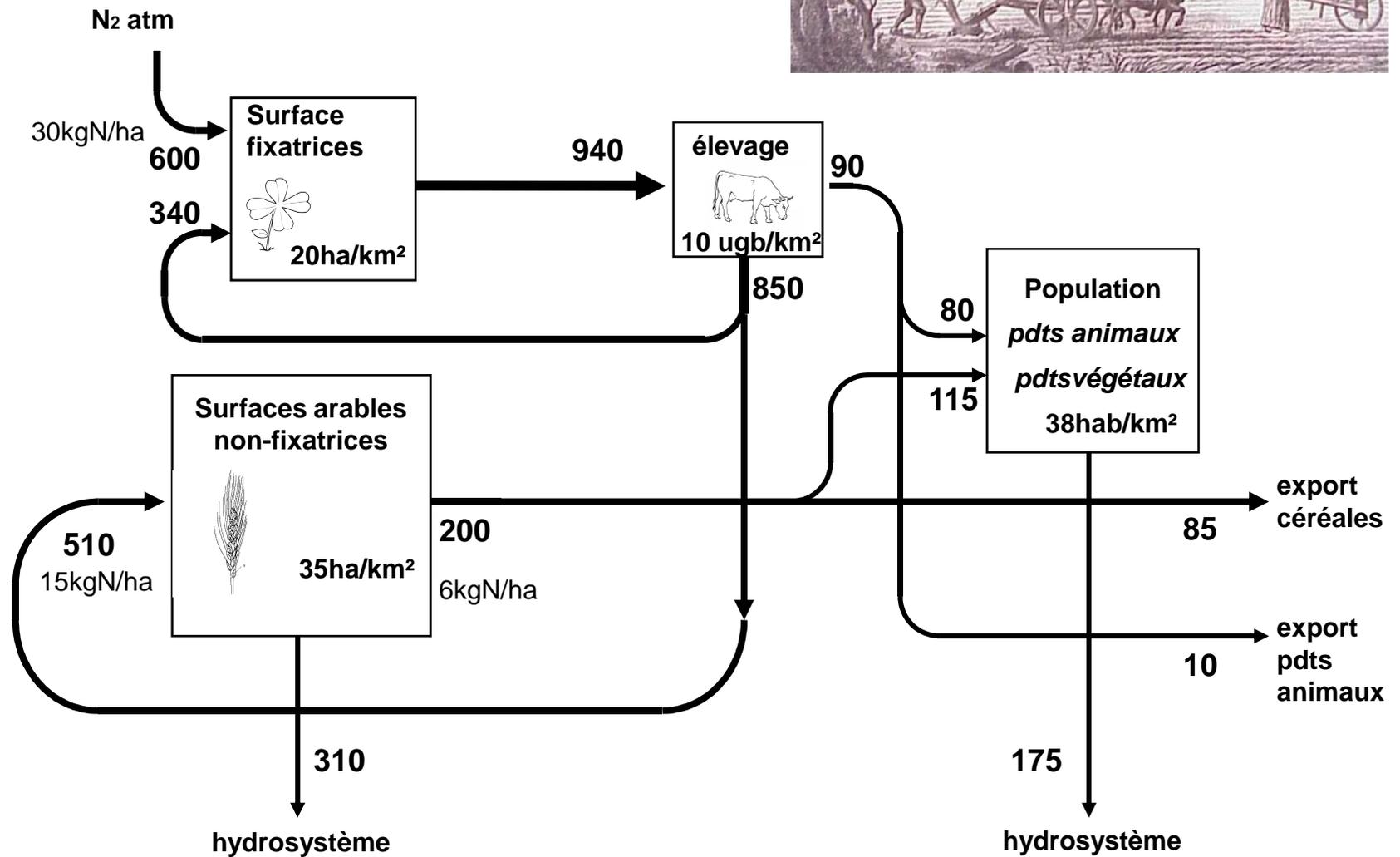
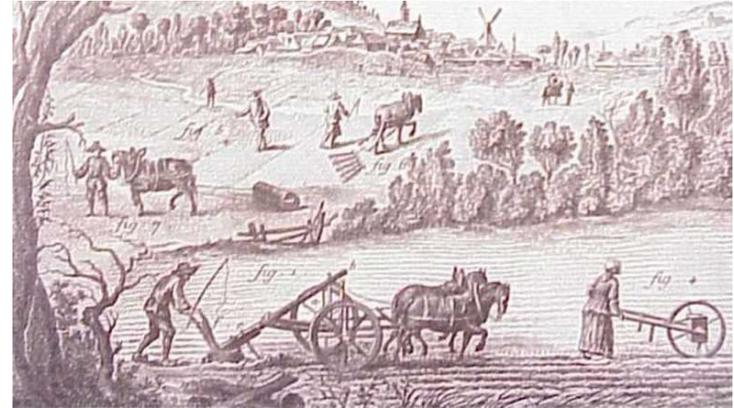
Céréaliier chargeant au Havre

# Analyse régionale du système agricole:



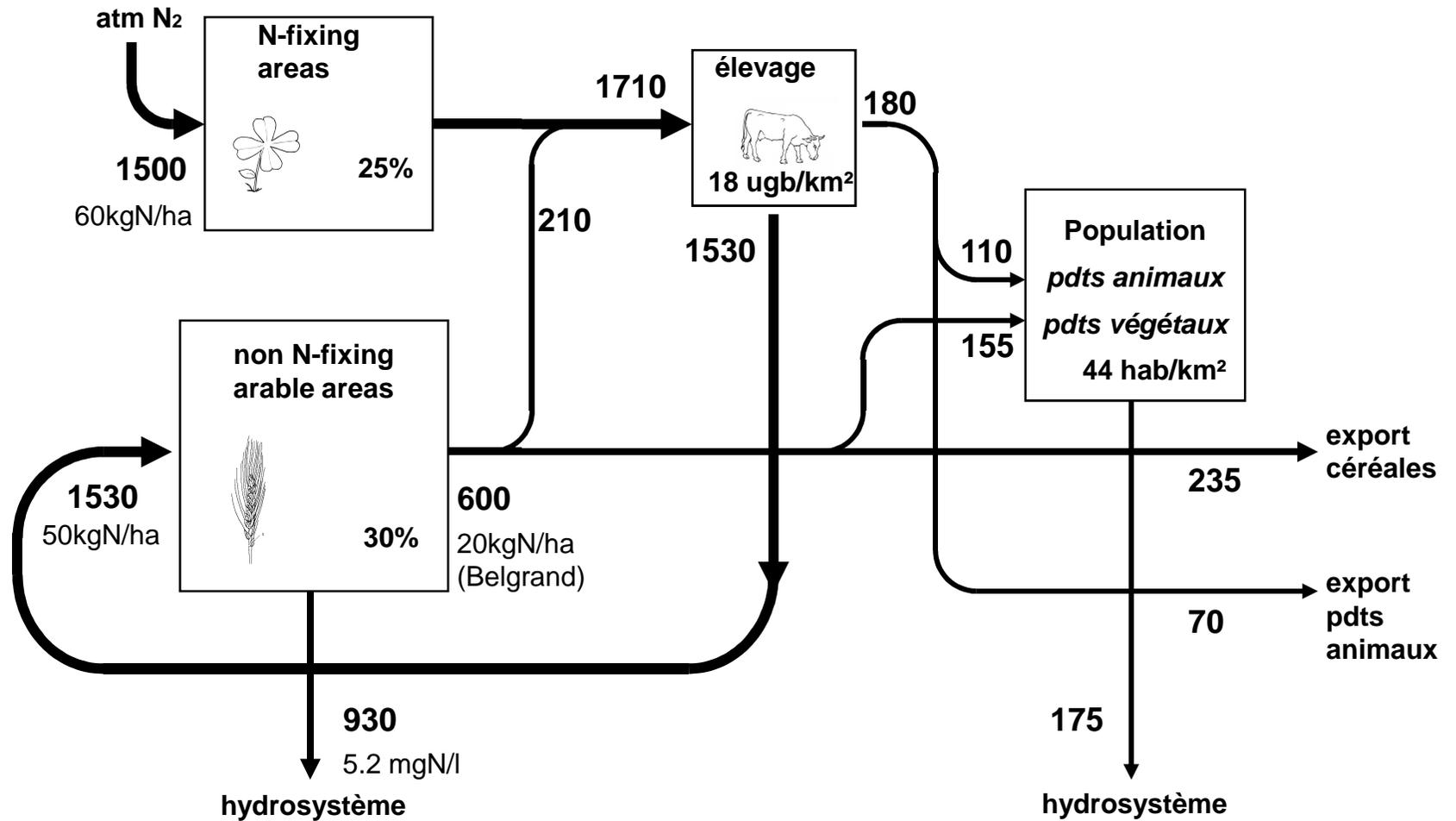
# Bassin Parisien central, fin XVIIIe

kgN/km<sup>2</sup>/an



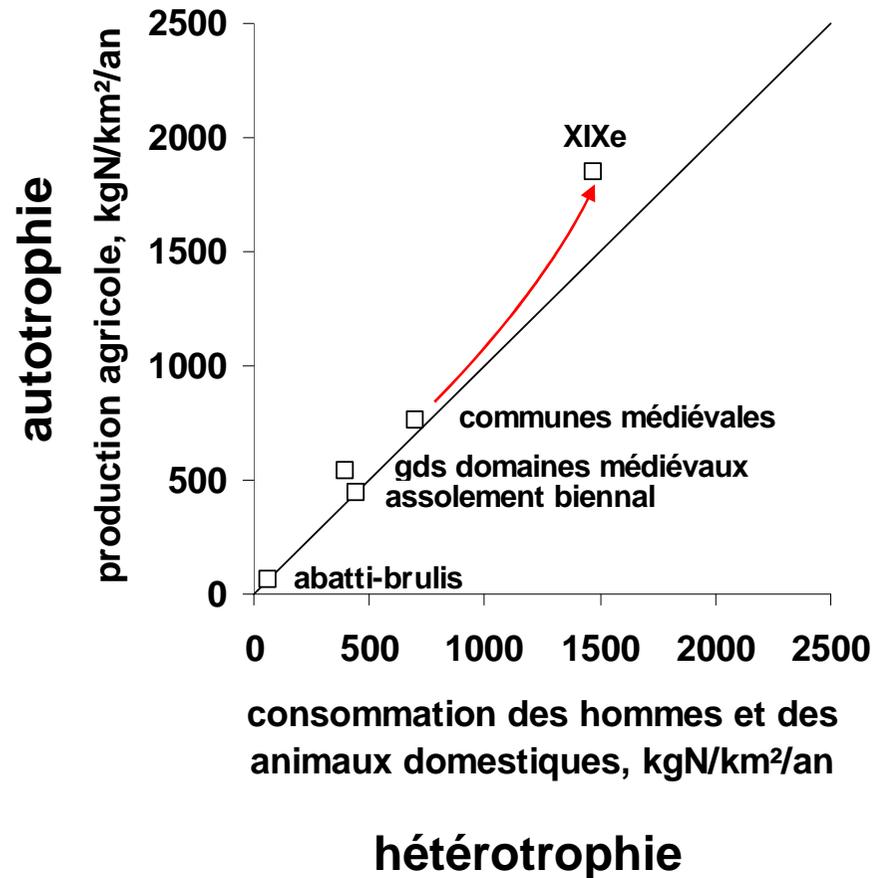
# Bassin Parisien central, 1866

kgN/km<sup>2</sup>/yr



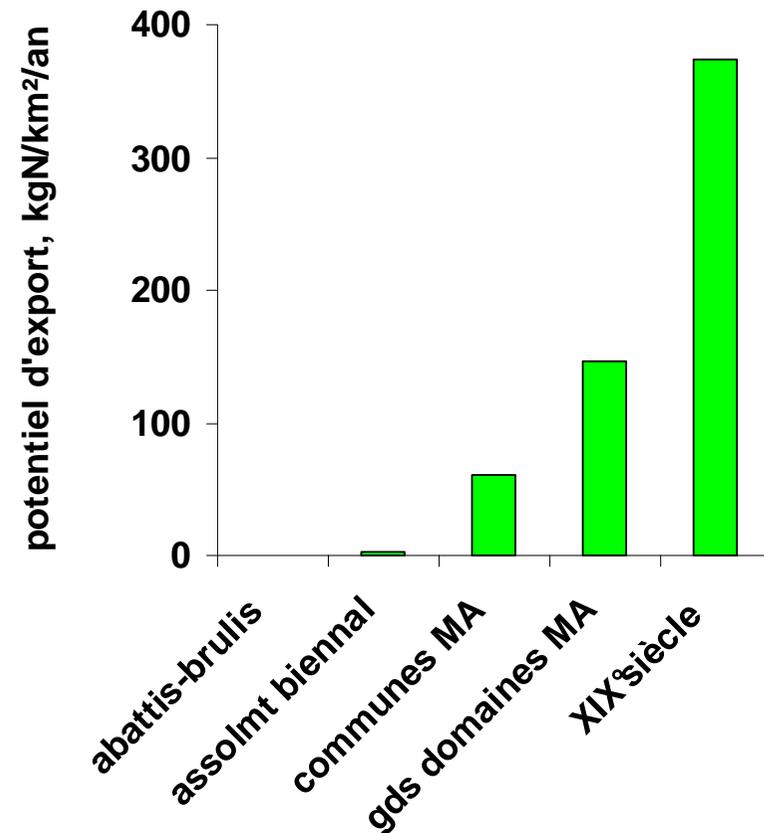
À l'échelle d'un territoire rural

## ANAH: Anthropogenic Nitrogen Autotrophy and Heterotrophy



## Potentiel d'exportation commerciale de la campagne vers la ville,

lié au potentiel de fixation d'azote atmosphérique par les composantes fixatrices de la mosaïque paysagère

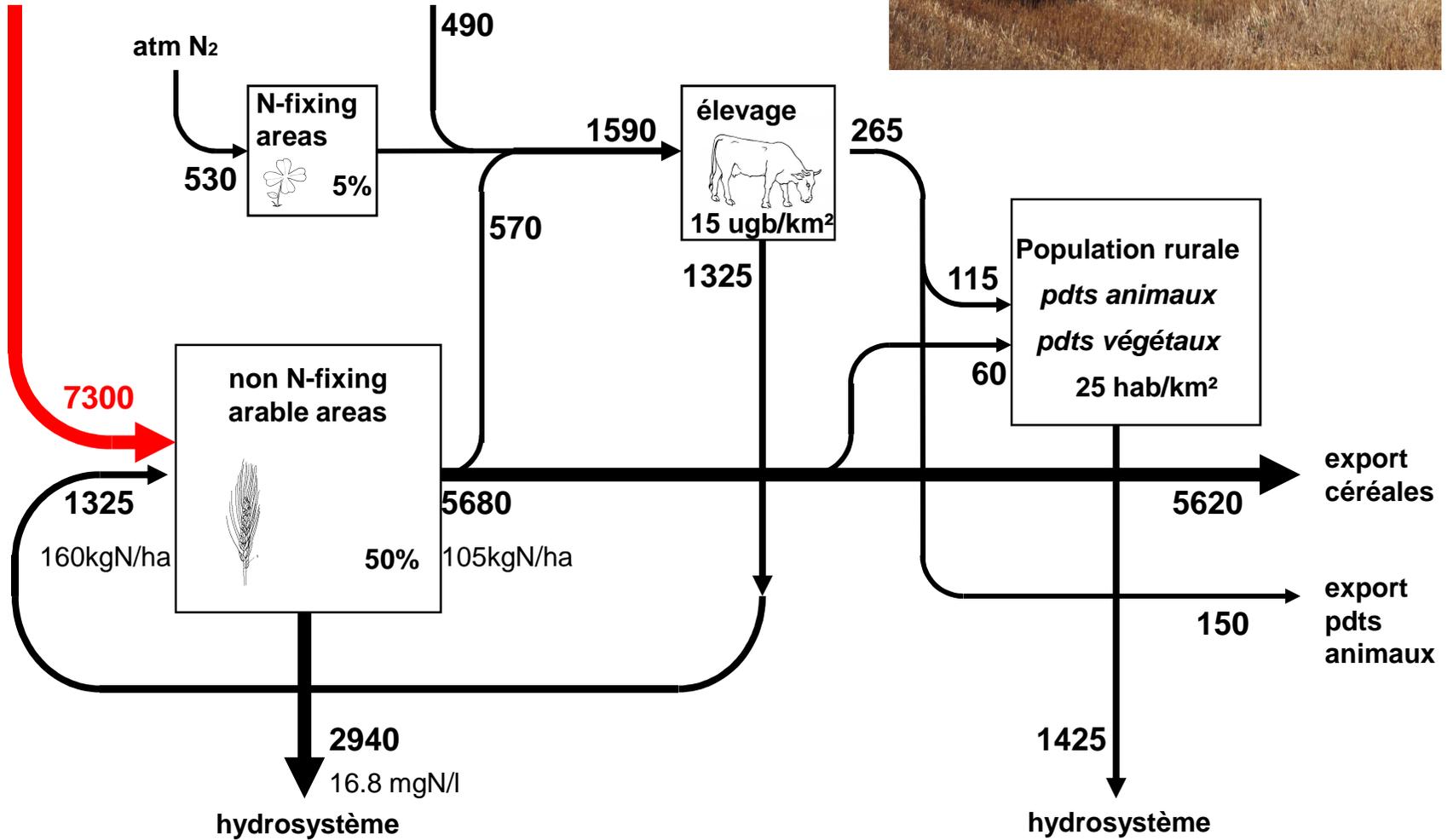


# Territoires ruraux du Bassin de la Seine, 2005

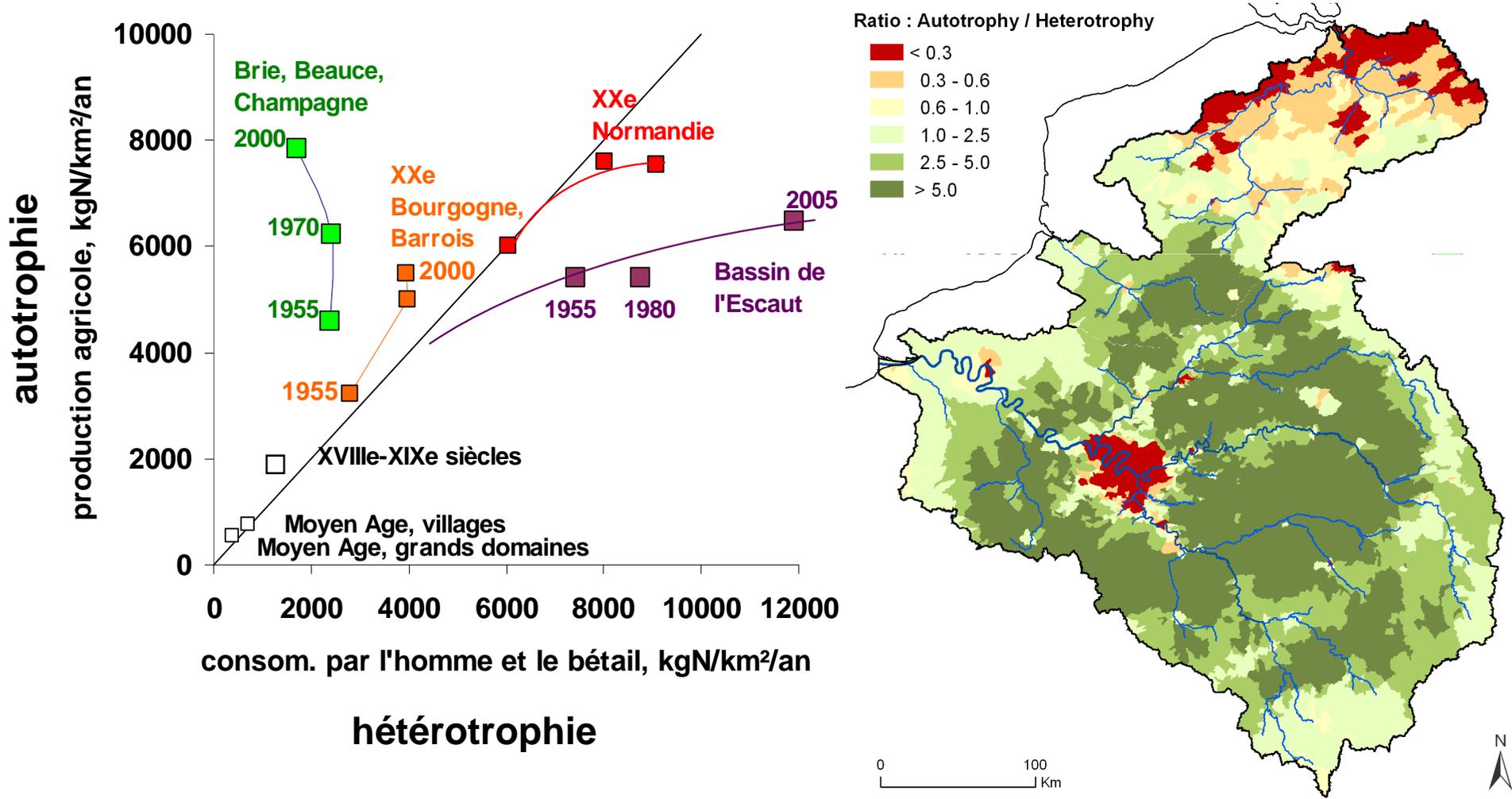
kgN/km<sup>2</sup>/yr



**Engrais industriels**



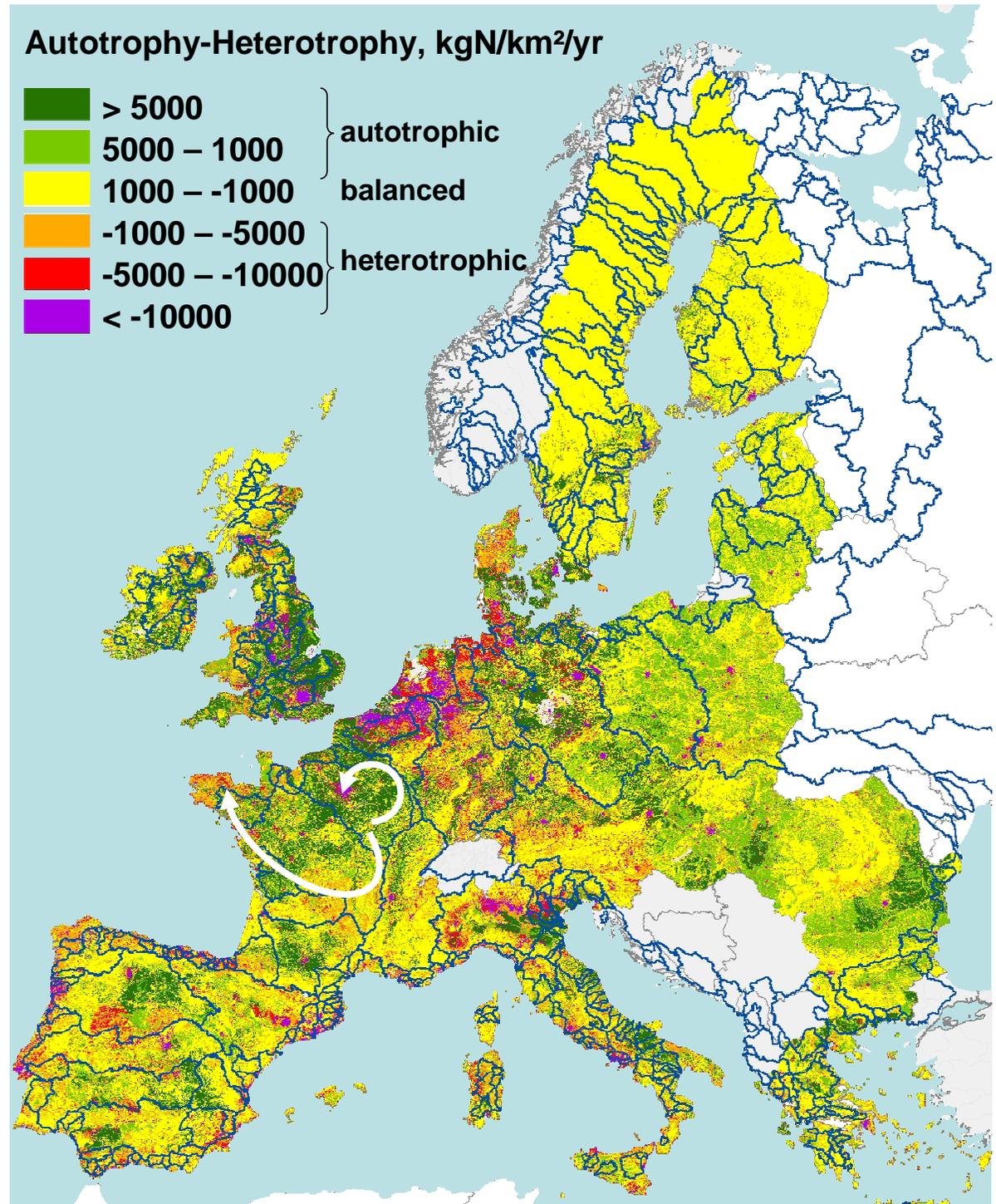
# Séparation géographique des zones autotrophes et hétérotrophes



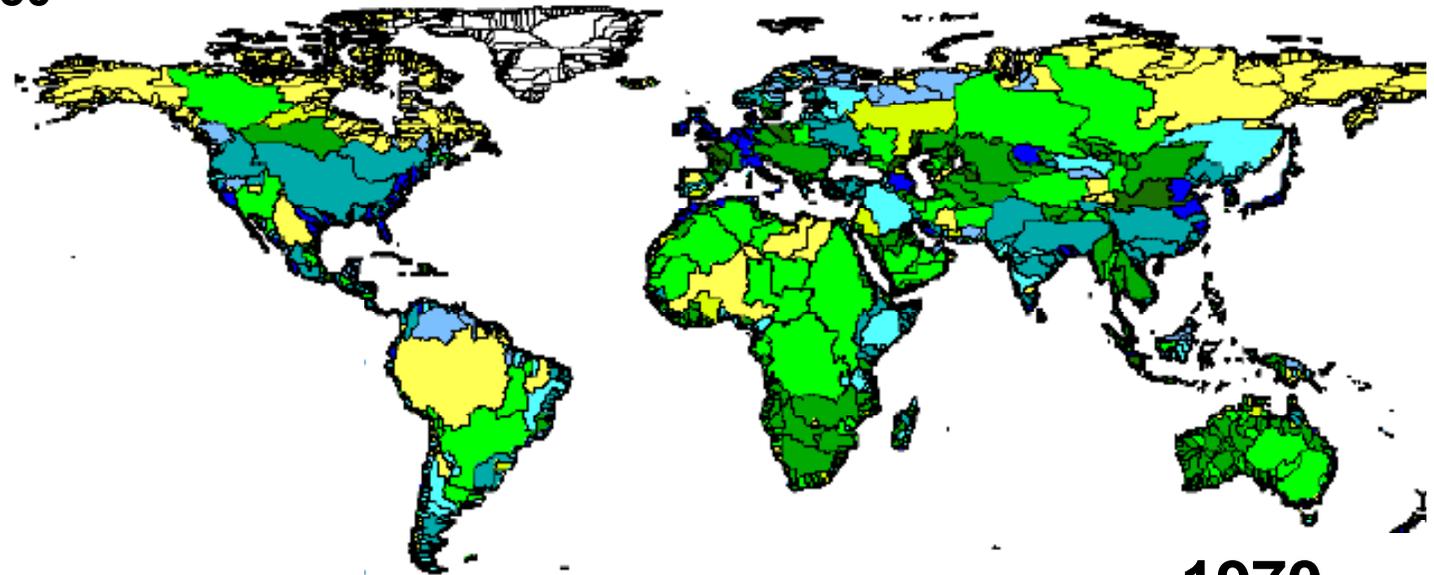
## À l'échelle européenne

Spécialisation régionale

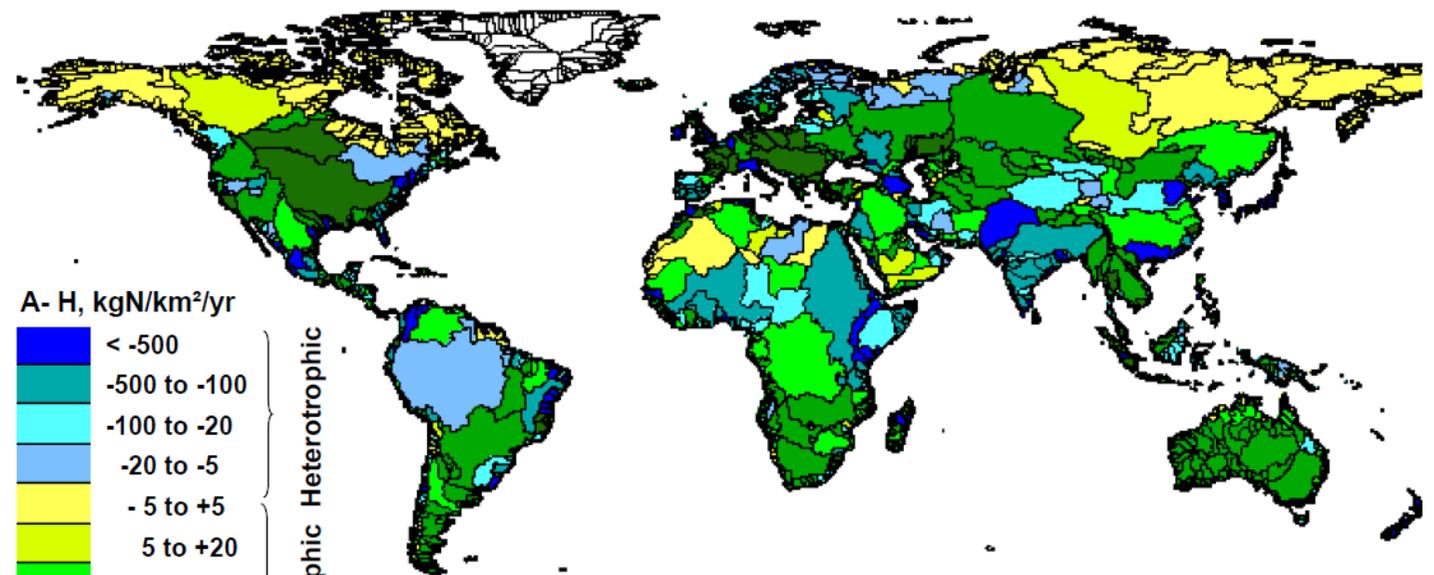
Mobilité de l'azote à travers les échanges commerciaux à longue distance de produits agricoles



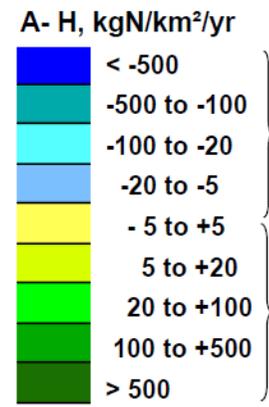
# Autotrophie-Hétérotrophie à l'échelle globale: trajectoire 1970-2050



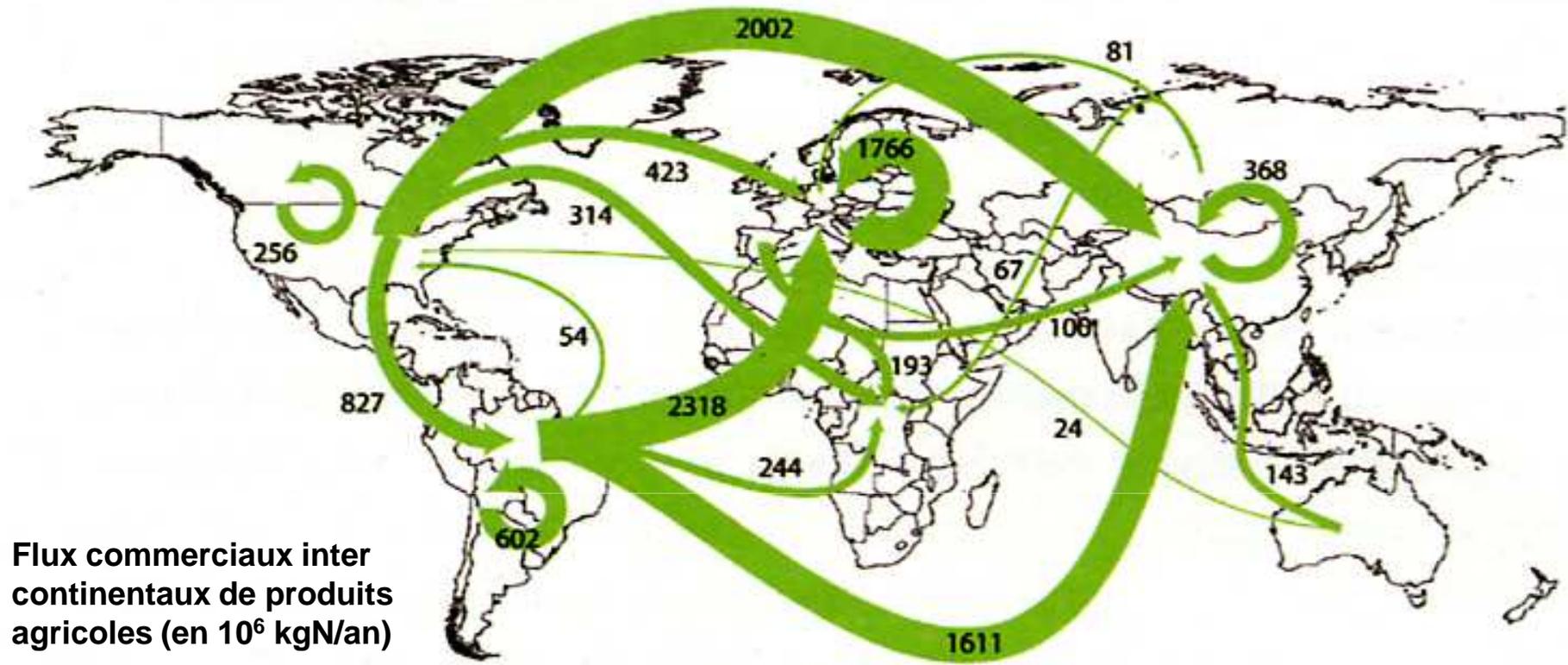
1970



2000



## L'importance des échanges commerciaux à l'échelle mondiale:



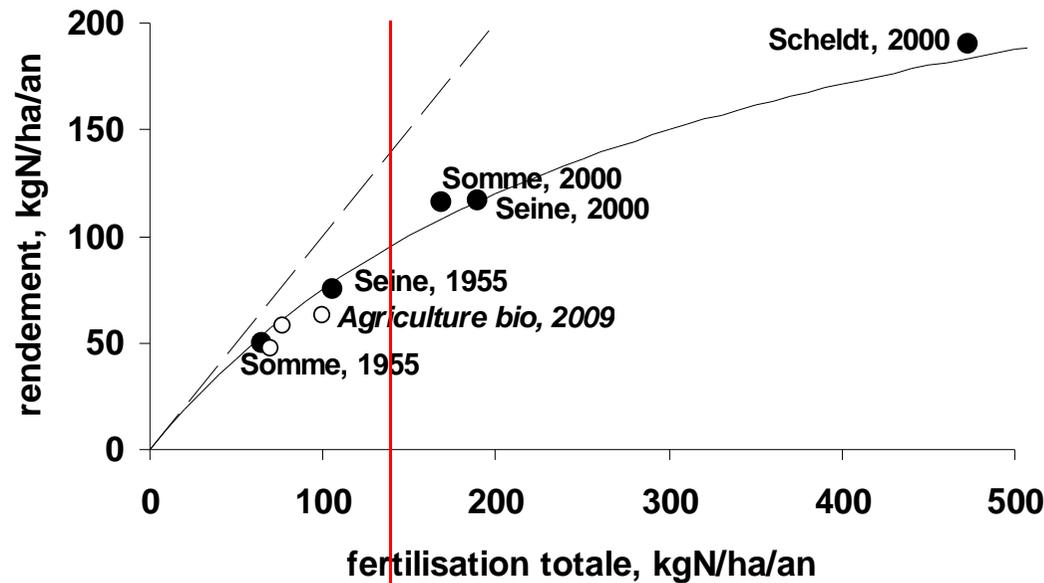
Consommation alimentaire humaine:	20 TgN/an
Production agricole mondiale (y compris fourrage):	120 TgN/an
Flux commerciaux internationaux de produits agricoles:	12 TgN/an

## 2. Mobilité hydrique de l'azote

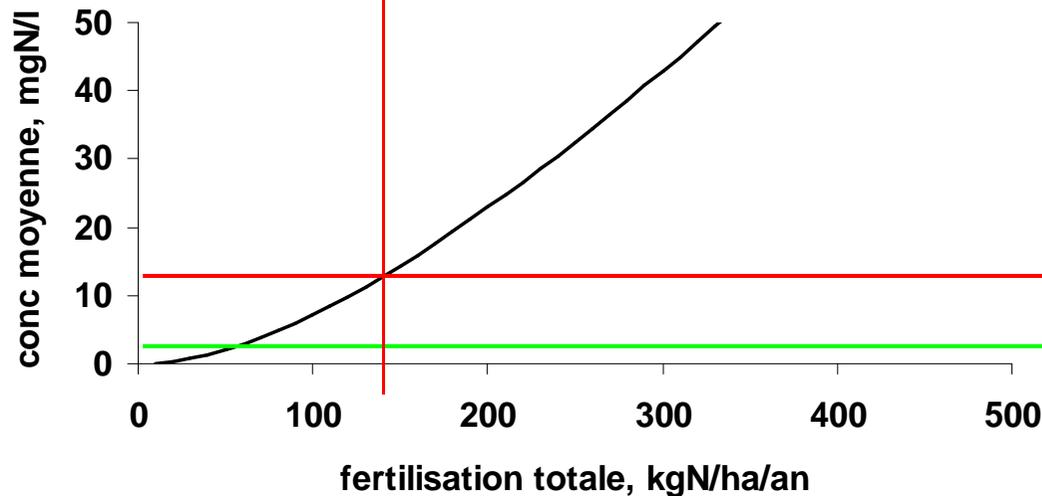


# La mobilité hydrique de l'azote

Relation rendement vs fertilisation des terres arables non fixatrices



## NUE et surplus

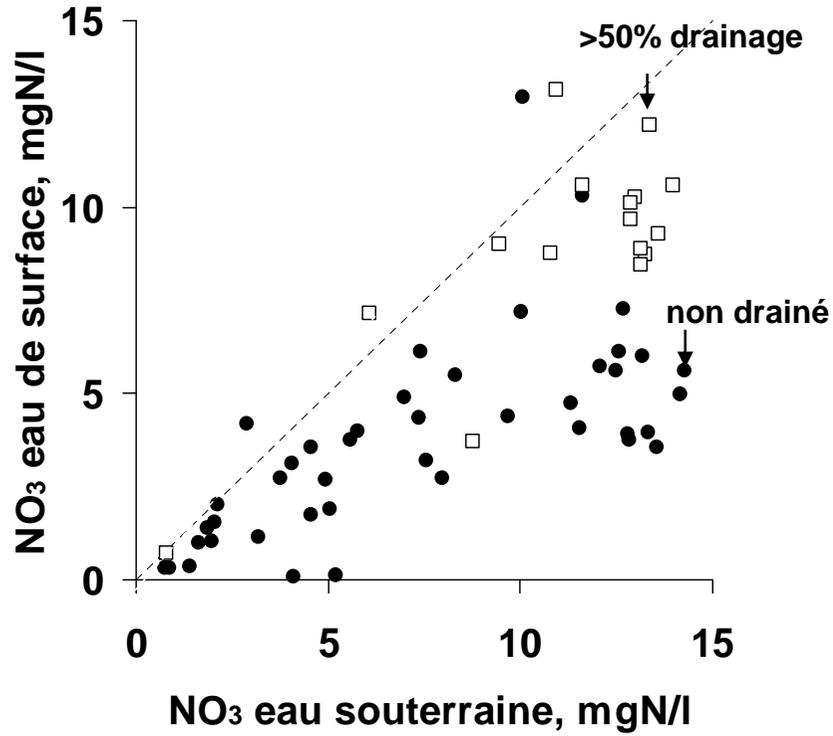


Concentration sous-racinaire moyenne après dilution dans une lame d'eau de 350 mm

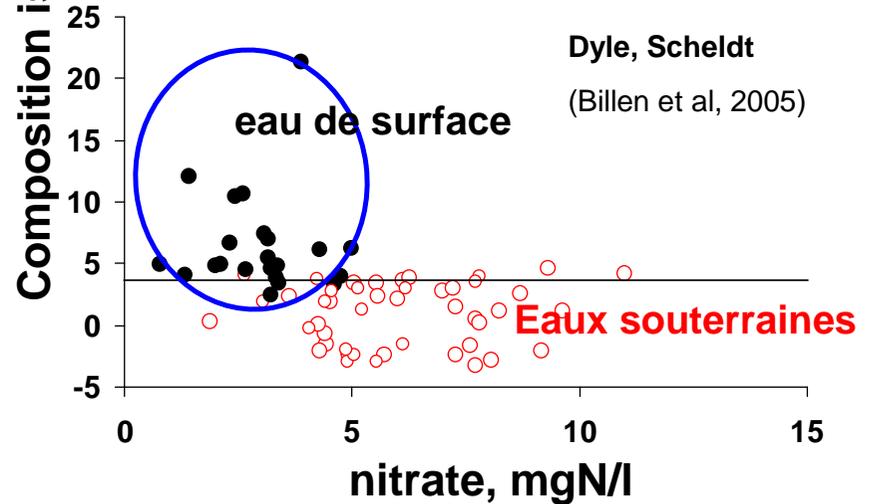
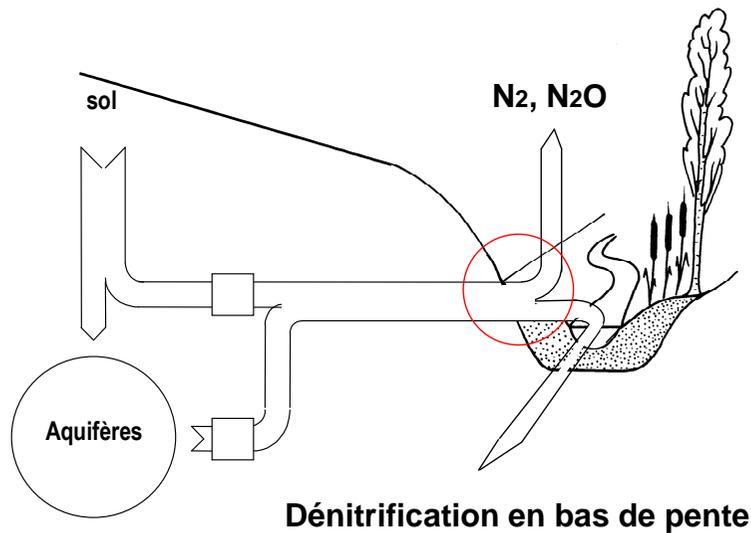
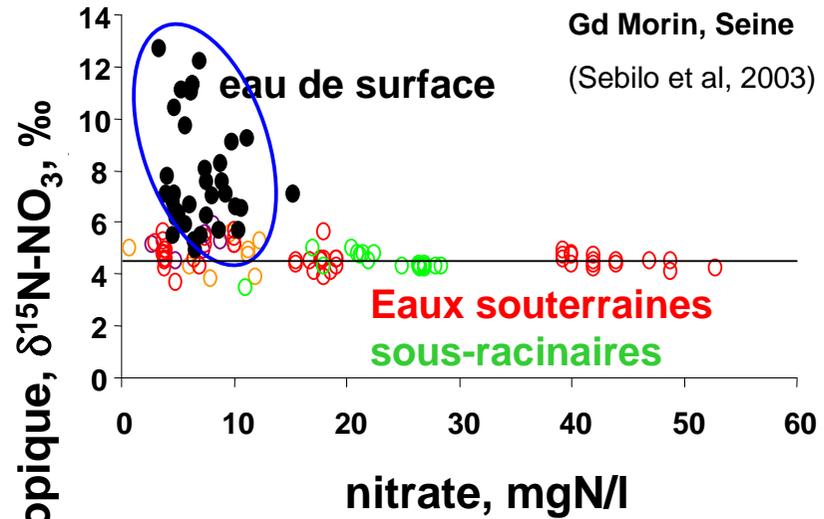
→  
**Limite de potabilité OMS**  
**(50 mgNO<sub>3</sub>/l)**

**Limite de qualité écologique**  
(Camargo & Alonso, 2006)

# Contamination des eaux de surface et des eaux souterraines

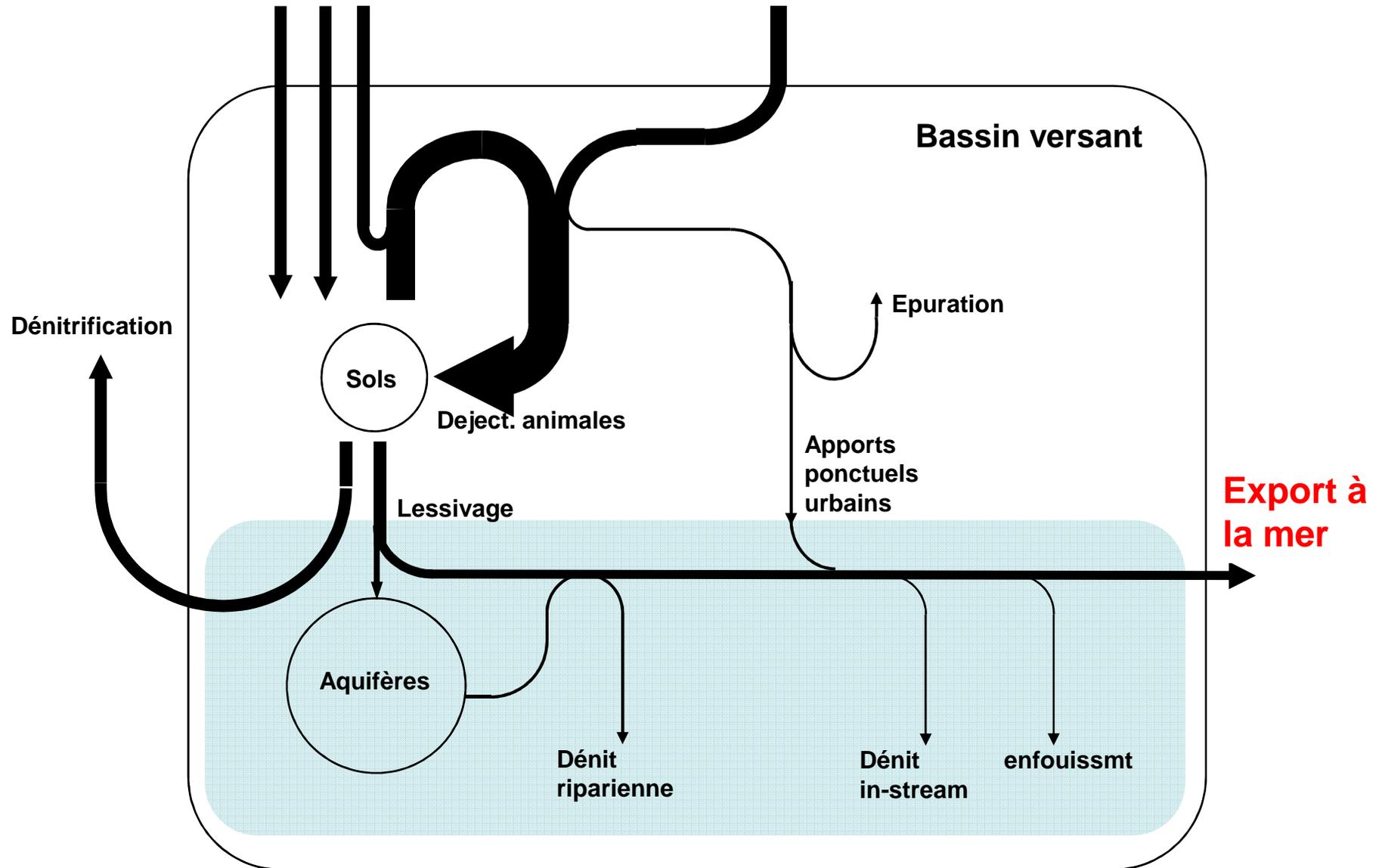


## Signature isotopique ( $\delta^{15}\text{N-NO}_3$ ) de la dénitrification



# Echelle du bassin versant régional: les flux d'azote vers le réseau hydrographique

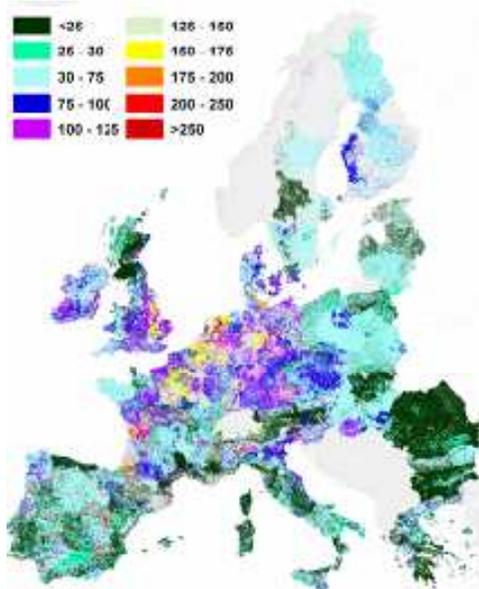
## NANI (Net Anthropogenic Nitrogen Input)



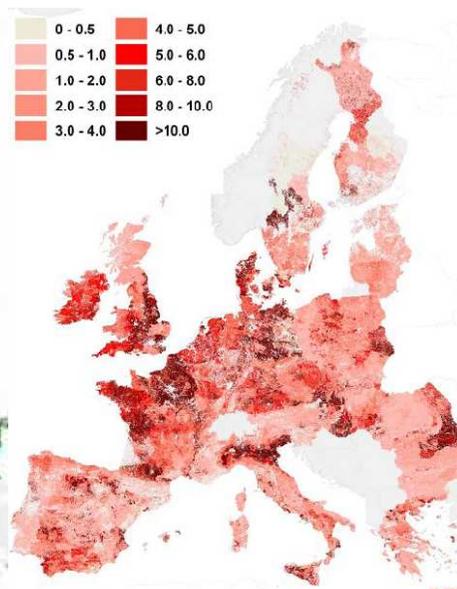
# Les apports anthropogéniques net d'azote au bassin versant (Net Anthropogenic Nitrogen Input: NANI)

**NANI = Nengrais synth + N2fix + dépôt atm + import net d’N alimentaire** (Howarth et al, 1996)

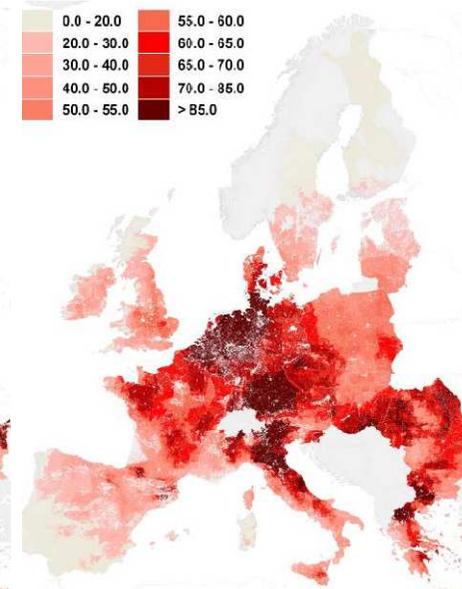
**Mineral fertilizers**



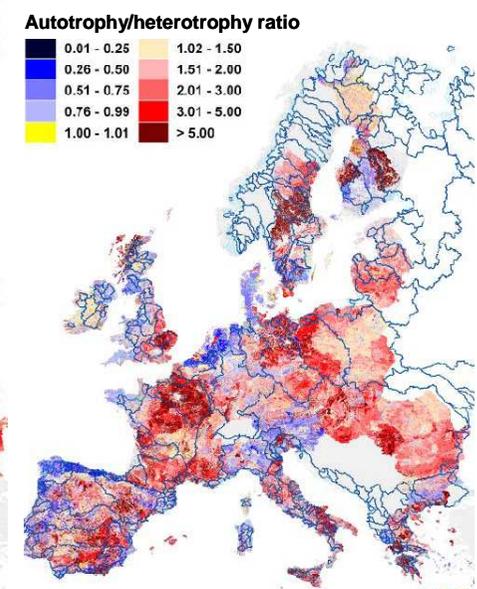
**Crop N fixation**



**Atmosph. deposition**



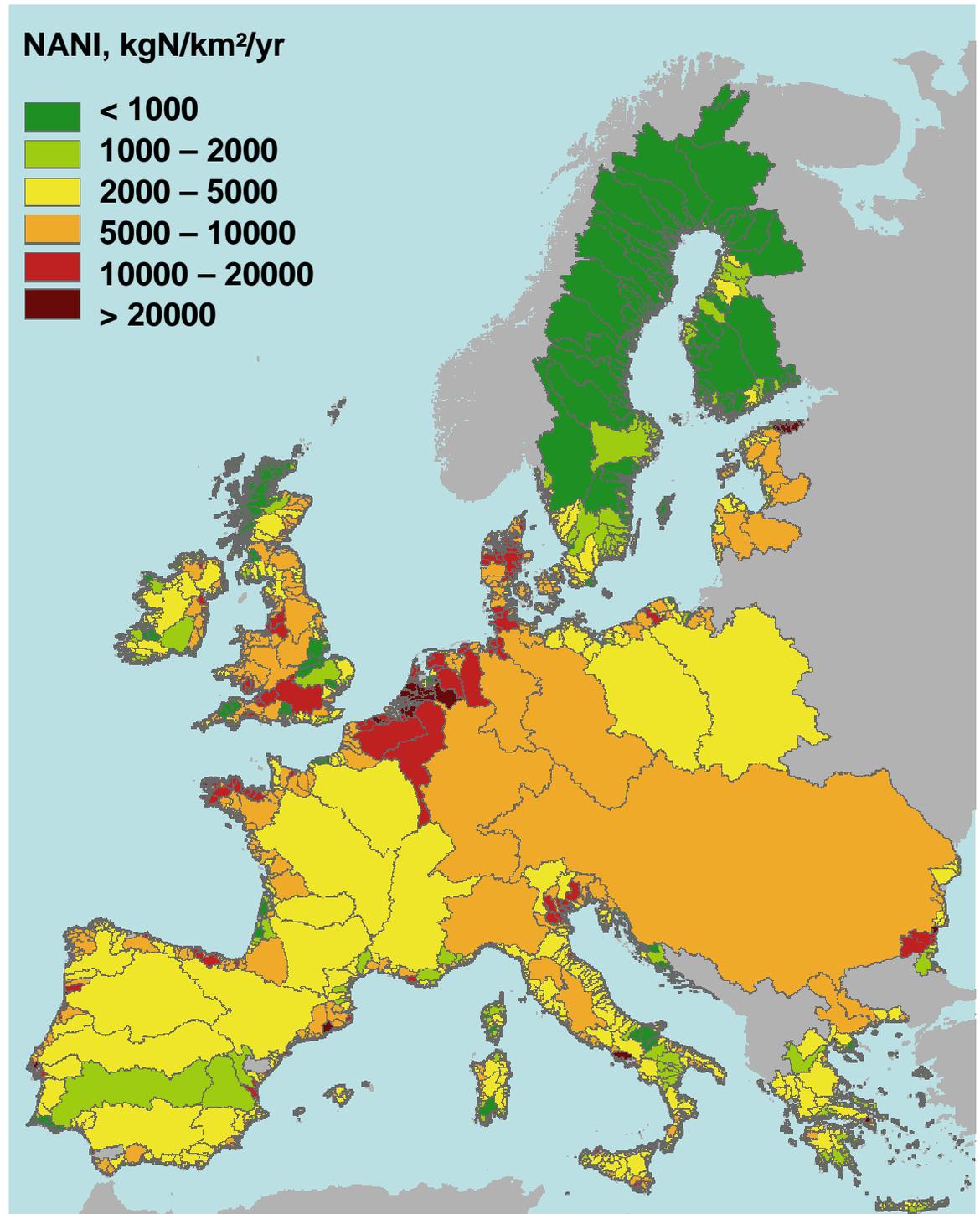
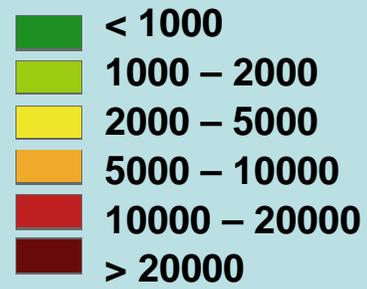
**Net input of food & feed**



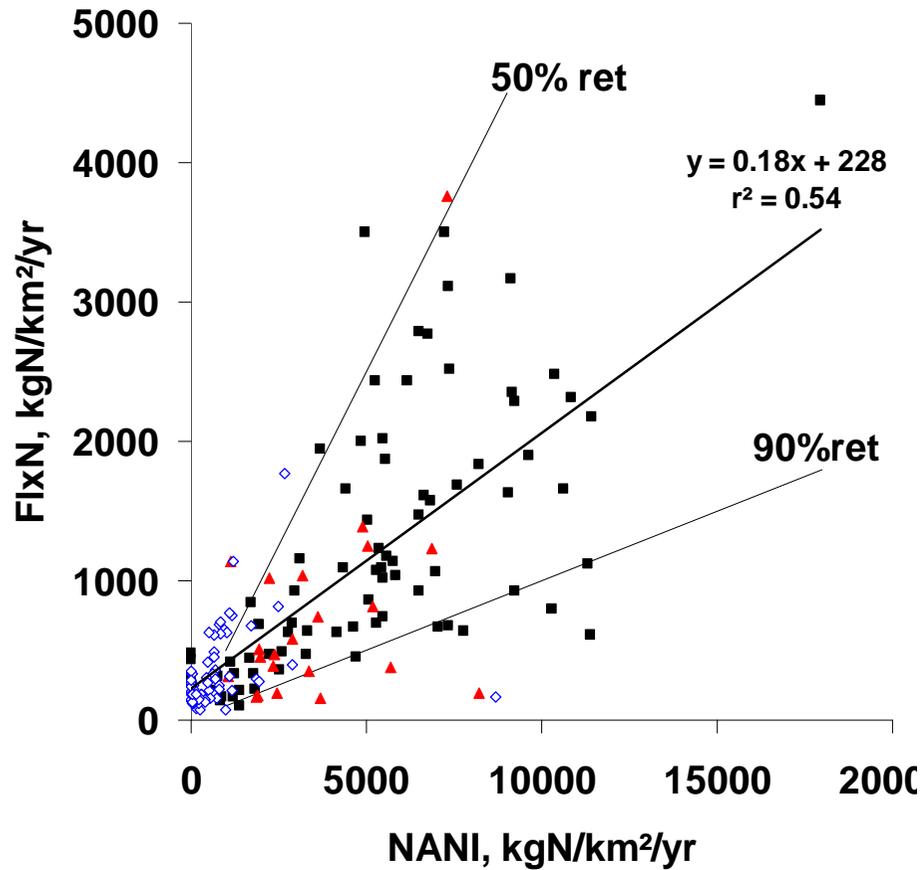
## À l'échelle européenne

Apports anthropogéniques net d'Nr  
par surface de bassin versant

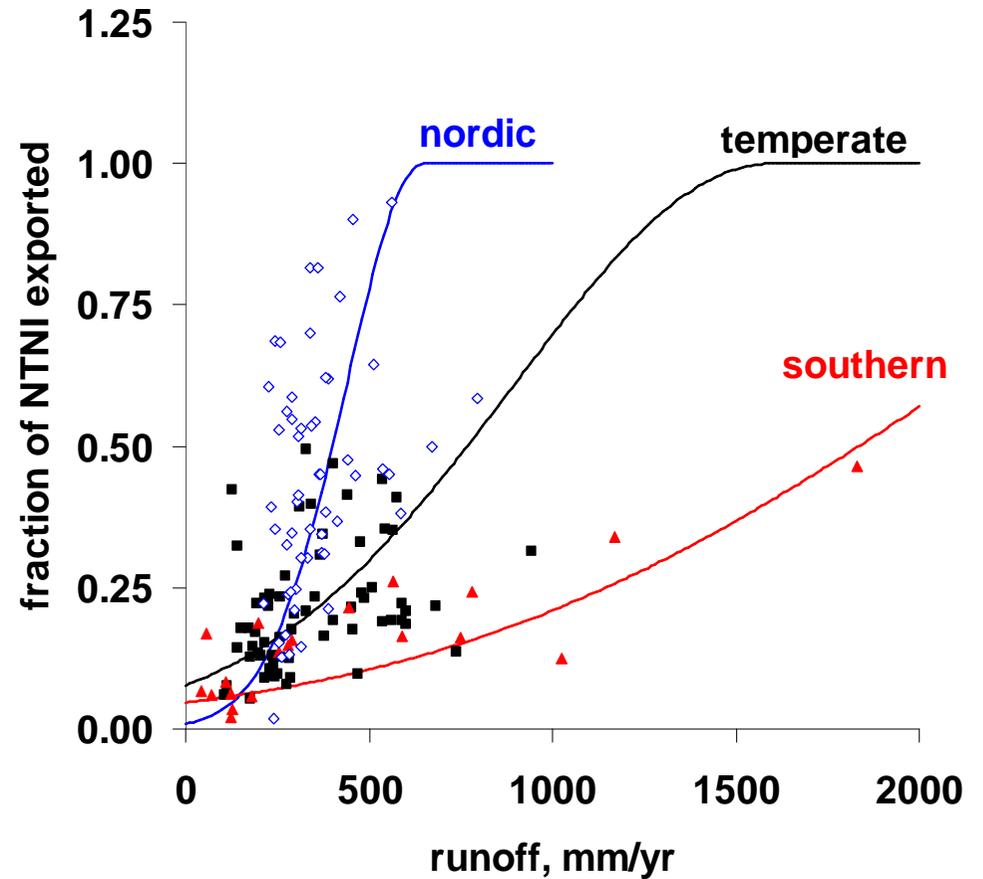
NANI, kgN/km<sup>2</sup>/yr



## 'Rétention' d'azote dans le bassin versant



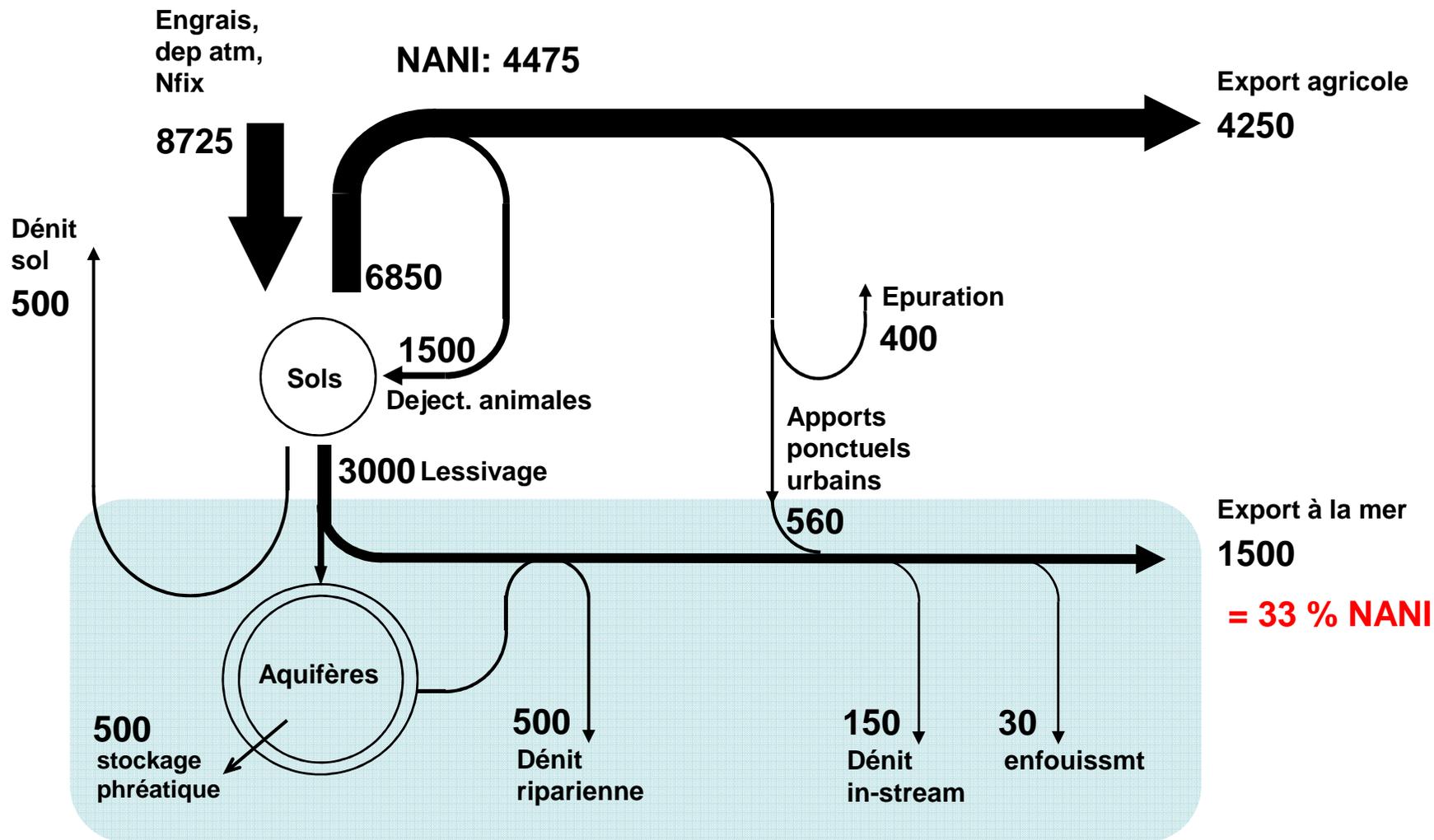
De 50 à 90% de l'Nr introduit dans les BV n'atteignent jamais la mer!



Cette 'rétention' est d'autant plus forte que le climat est sec et chaud

# Un bilan plus détaillé pour la Seine

Situation hydrologique moyenne  
en kgN/km<sup>2</sup>/an



Approche par modélisation mécanistique à l'échelle du réseau hydrographique  
SENEQUE (Ruelland et al., 2007; Thieu et al., 2009)