

ECHANGES DE GAZ-TRACES ET DE PARTICULES ENTRE LA TROPOSPHÈRE ET LA BIOSPHÈRE

- **Contexte:**

- Pourquoi s'intéresser au échanges biosphère atmosphère?
- Les grands cycles biogéochimiques

- **Concepts importants**

- Dépôts secs et dépôts humides
- Flux diffusifs et turbulents
- La notion de résistance au transfert

- **Les modèles de type résistifs**

- Introduction à la couche limite de surface
- Les résistances aérodynamique et de couche limite
- Les résistances de surface et la vitesse de dépôt
- Modèles grandes feuilles et les modèles multicouches
- Le cas des particules

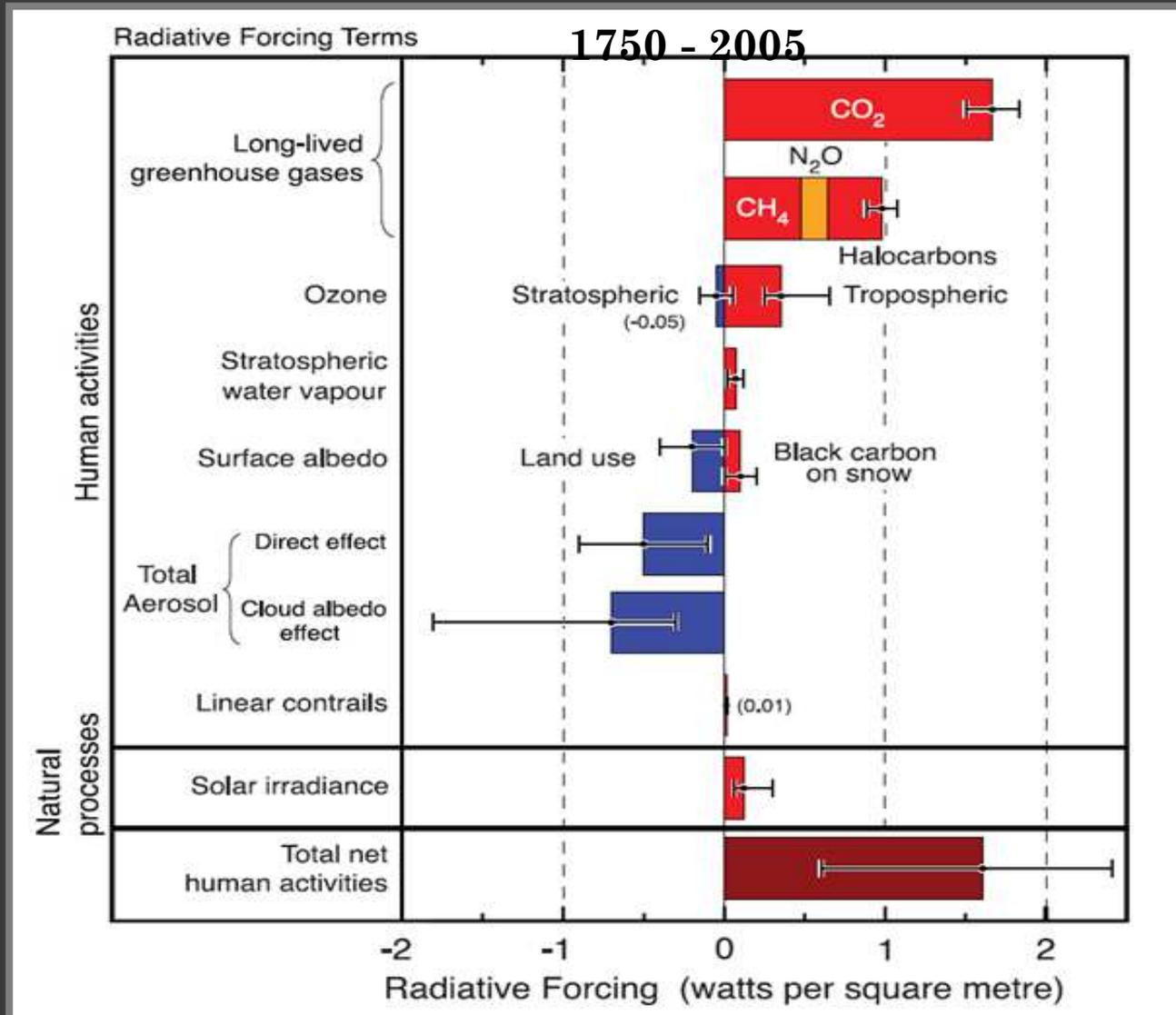
POURQUOI S'INTÉRESSER AU ÉCHANGES BIOSPHÈRE-ATMOSPHÈRE?

- Météorologie
- Fonctionnement des écosystèmes
- Réchauffement global
- Pollution atmosphériques
- Maladies / OGM
- Evapo-transpiration
- Energie
- Photosynthèse
- Respiration
- Emissions de N_2O , CH_4
- Emissions de NH_3
- Dépôts de particules
- Dépôts d' O_3
- Dépôts de NO_x
- Emissions de COVs
- Particules biotiques
- Pollens

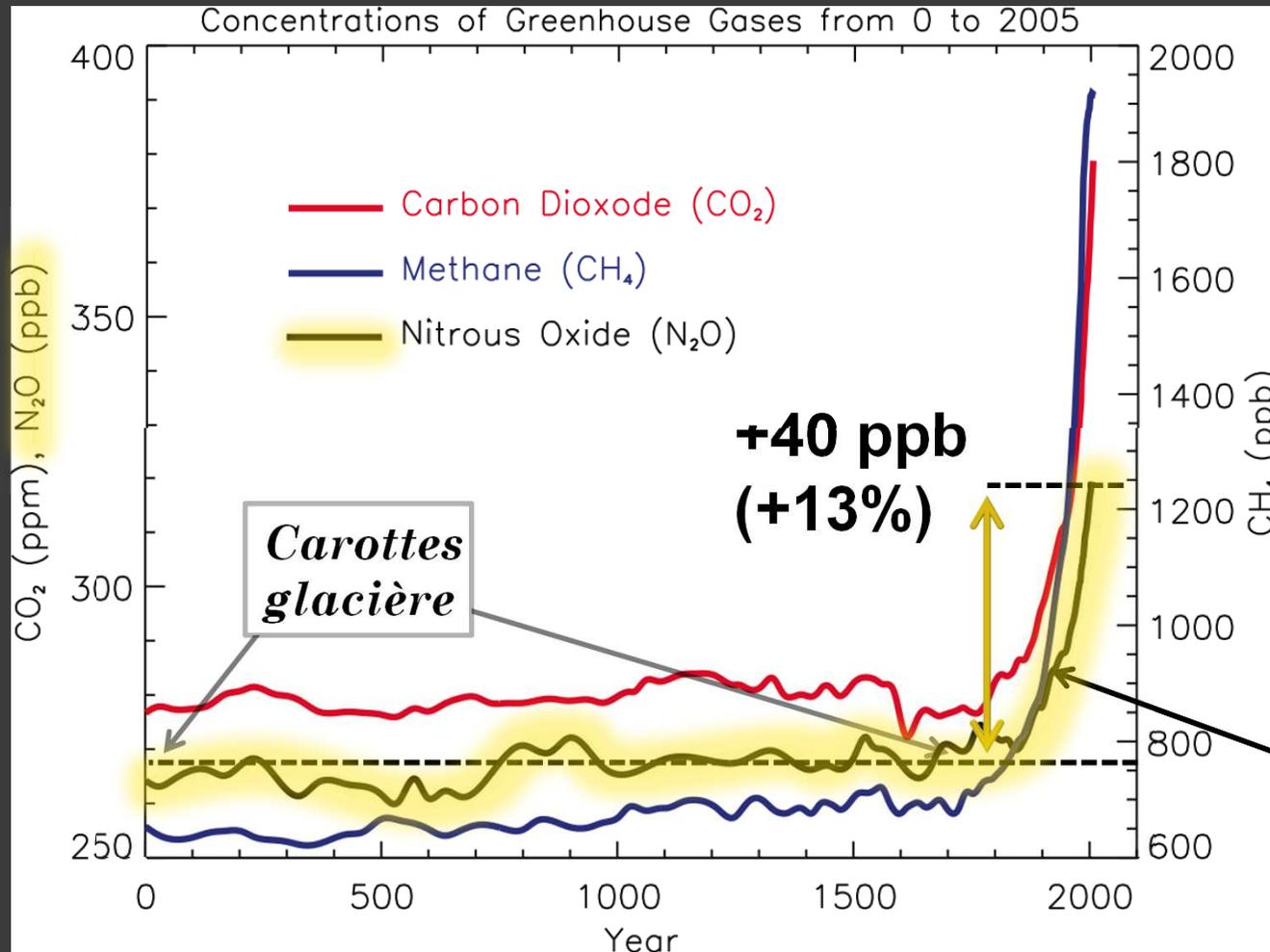
LES GRANDS CYCLES BIOGÉOCHIMIQUES

- Le réchauffement global
- Le cycle des aérosols
- Les sources et puits de composés biogéniques
- Le cycle de l'azote
- Les impacts des polluants

LE FORCAGE RADIATIF ET LE RÉCHAUFFEMENT GLOBAL

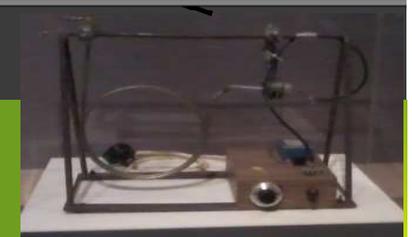


LA CONCENTRATION DES GES AUGMENTE

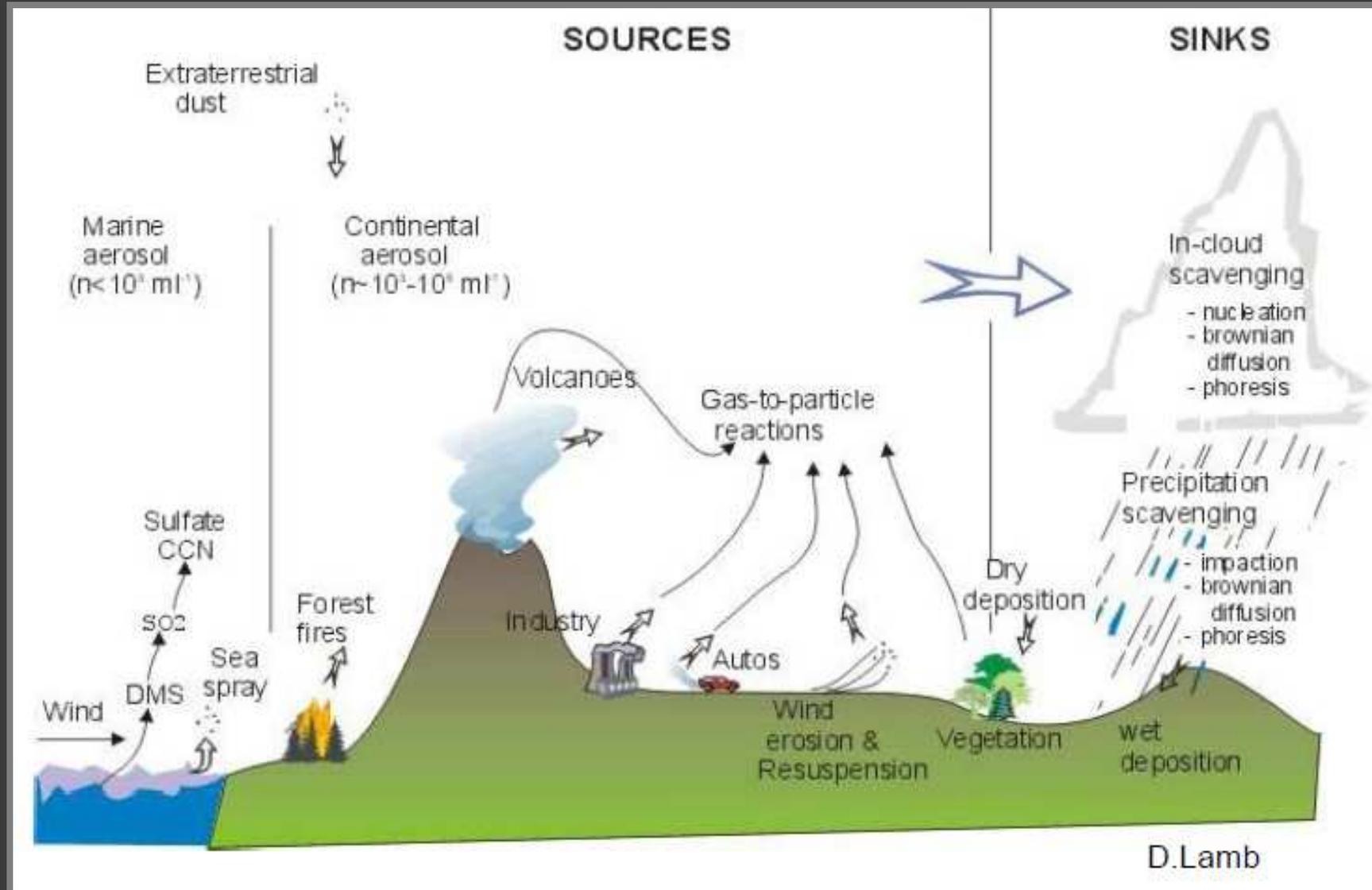


James Lovelock (1958)

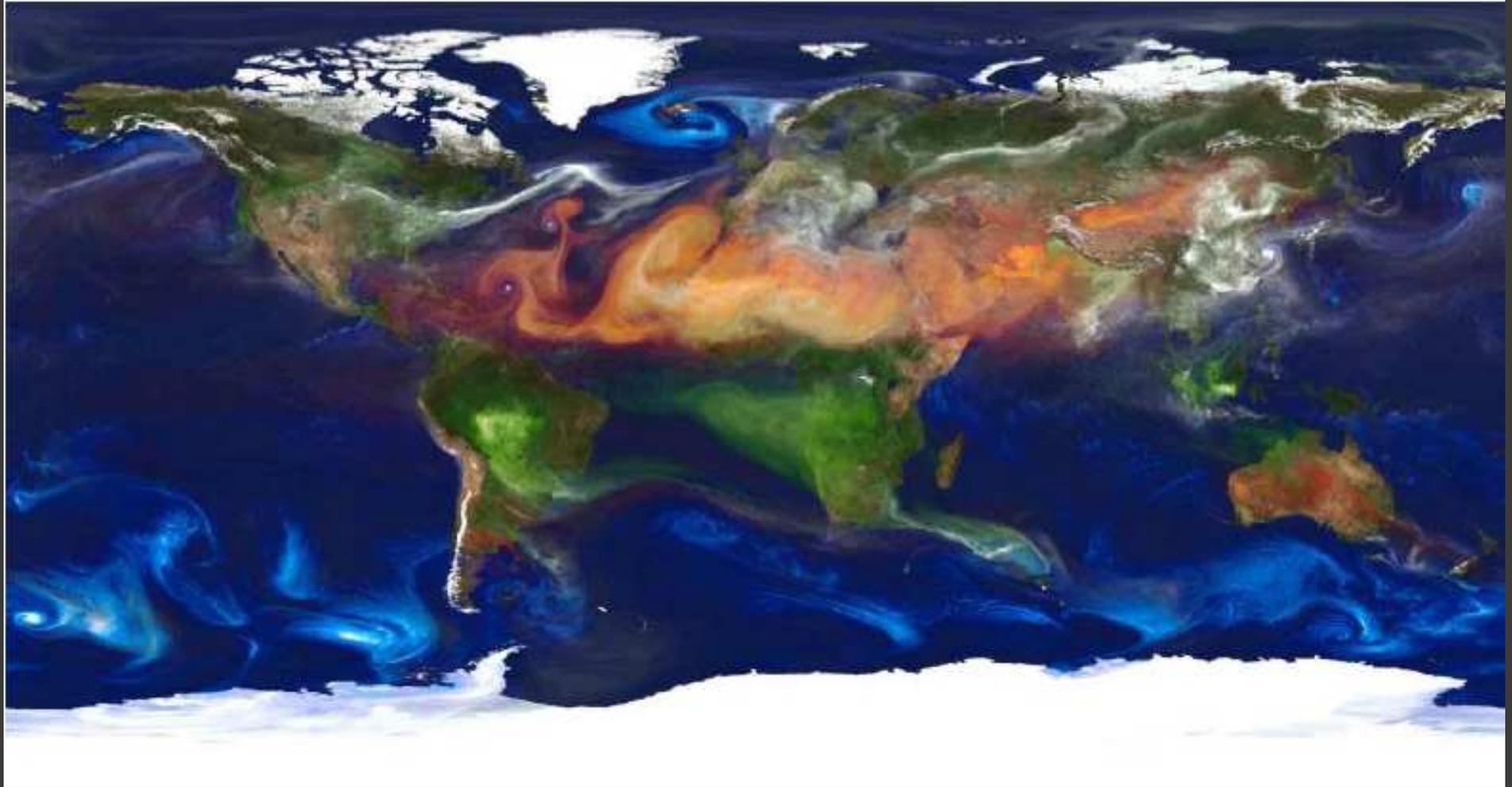
Chromatographie gazeuse & détecteur à capture d'électrons



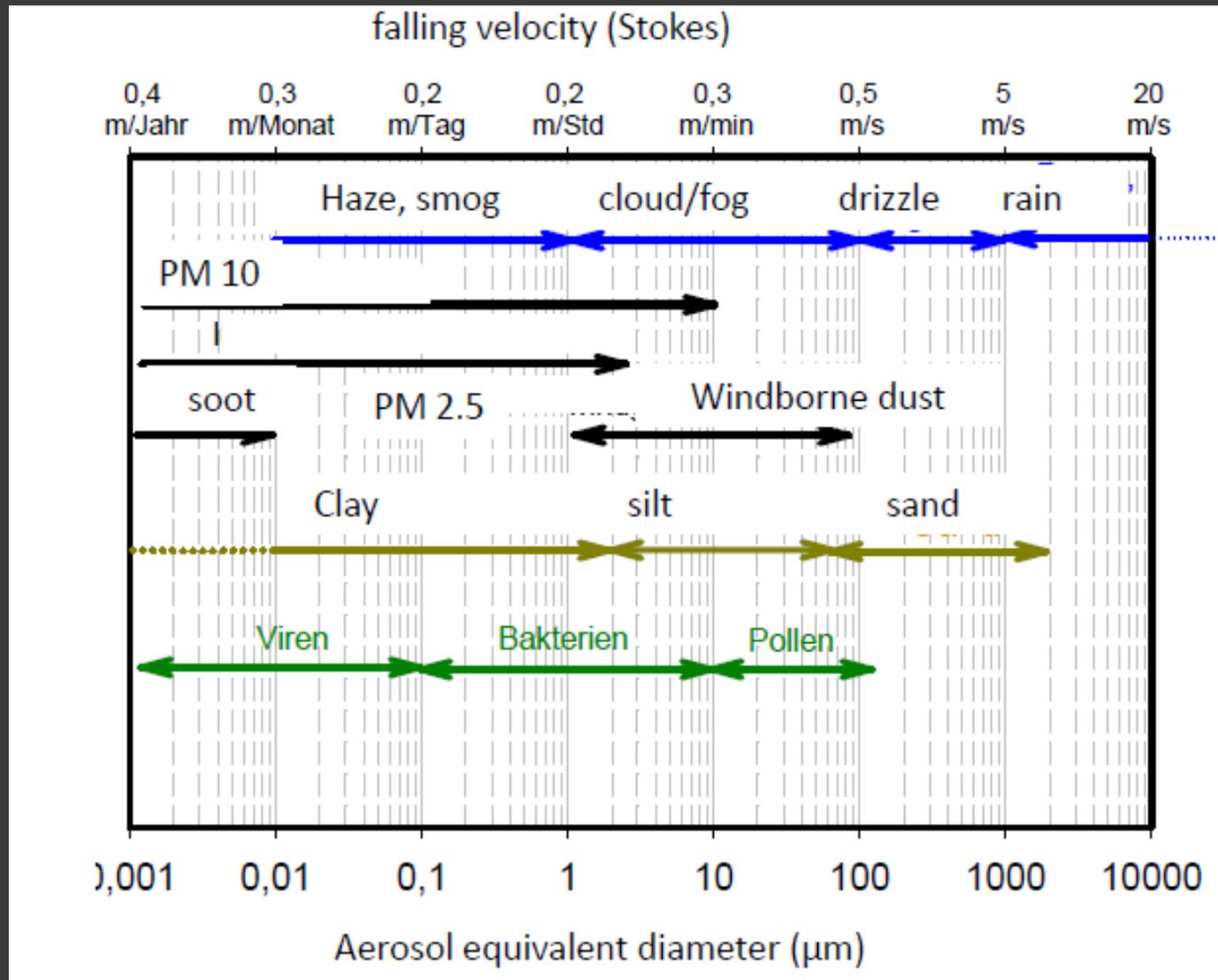
LE CYCLE DES AÉROSOLS



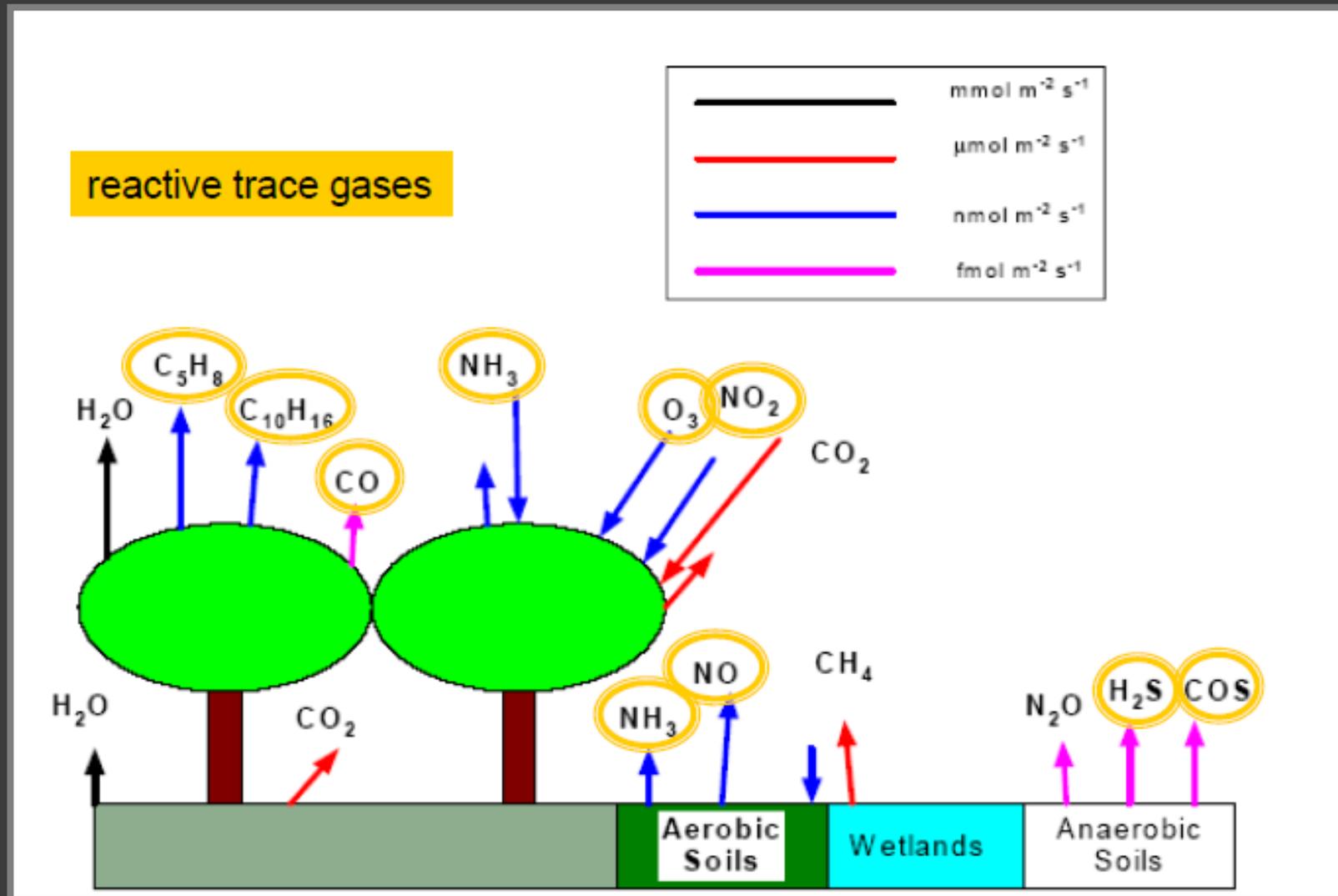
LE CYCLE DES AÉROSOLS



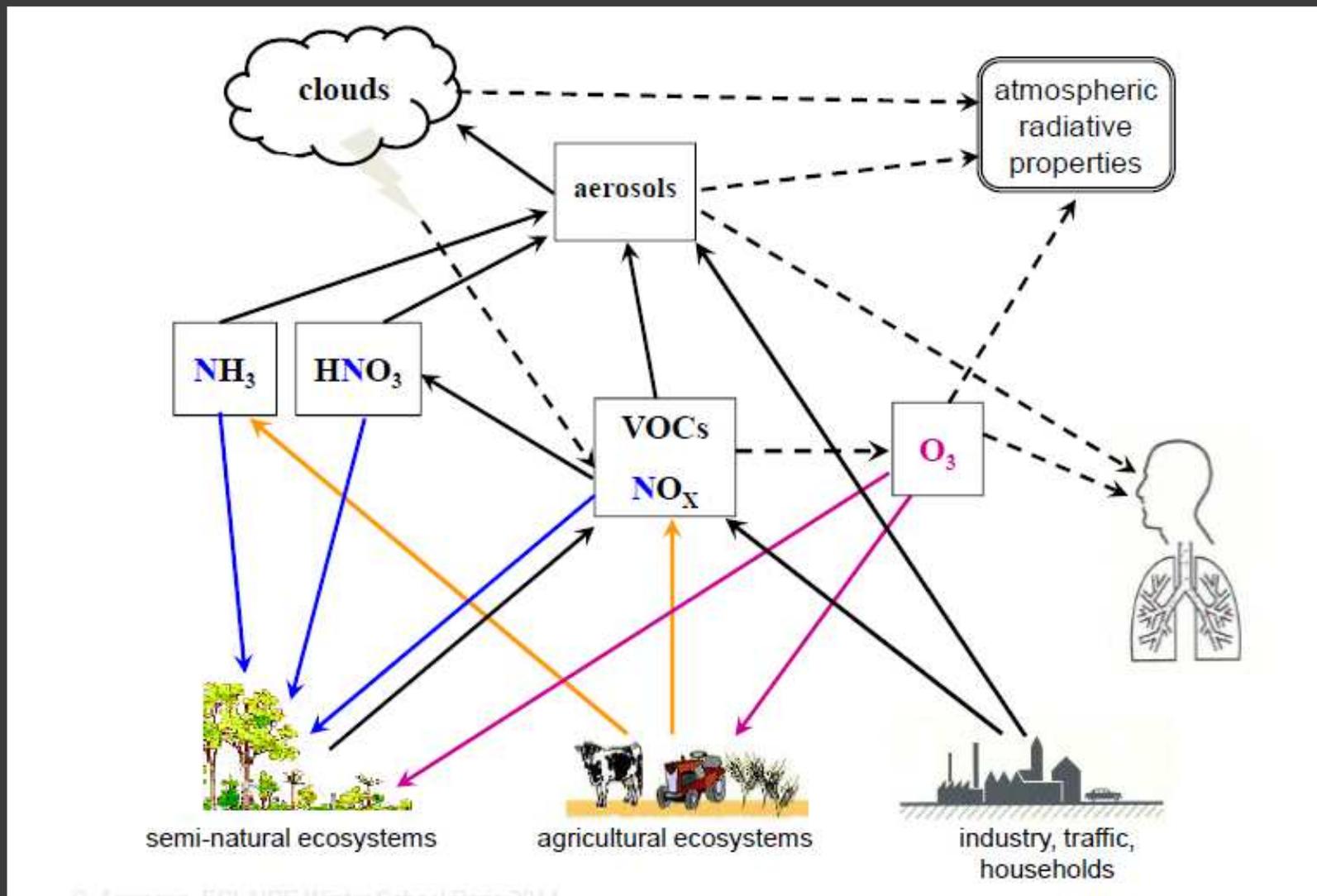
LE CYCLE DES AÉROSOLS



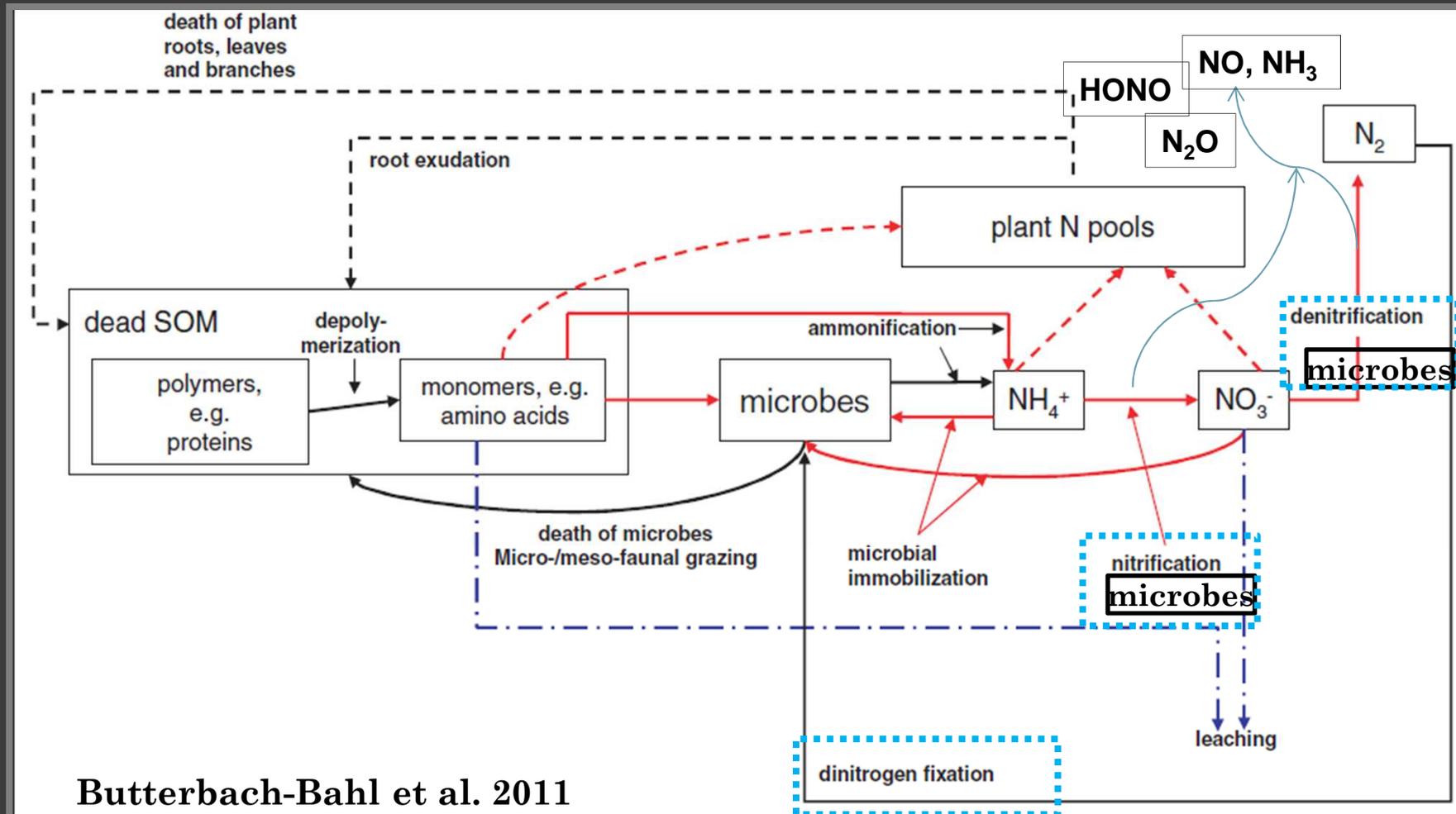
SOURCES ET PUIITS BIOGÉNIQUES



INTERACTIONS ET EFFETS DES COMPOSÉS RÉACTIFS

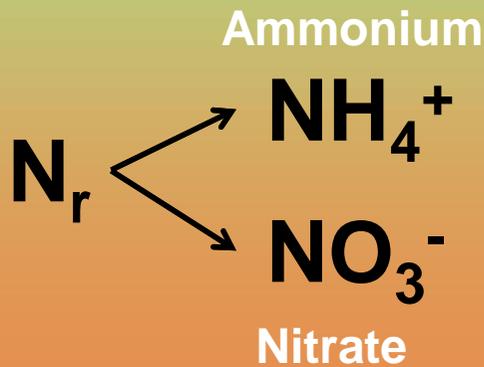
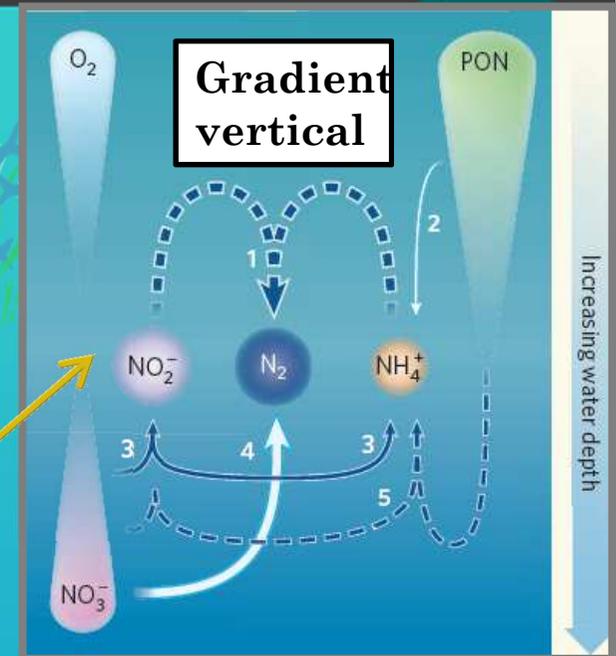
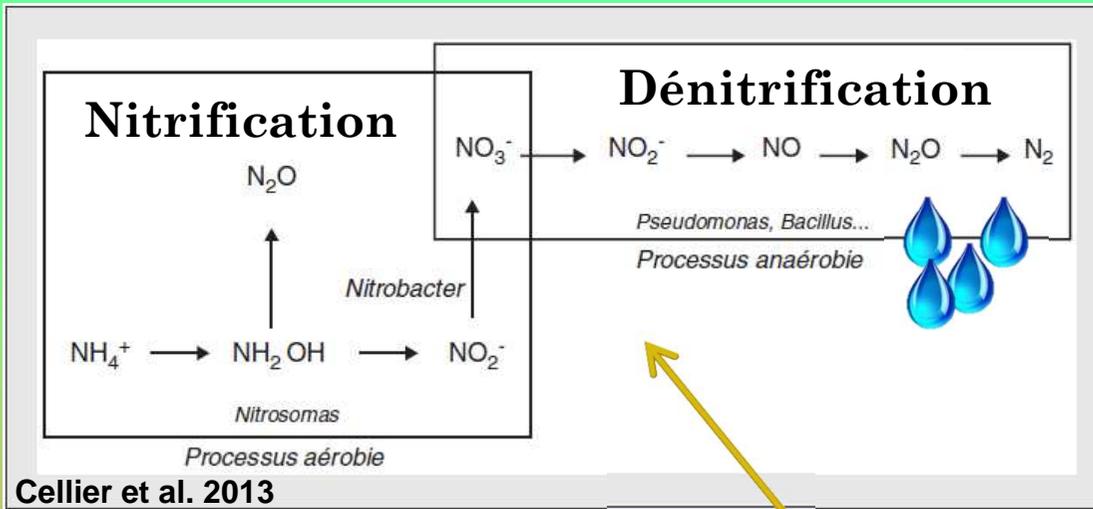


LES MICROORGANISMES ONT UN RÔLE CLÉ DANS LE CYCLE « NATUREL » DE L'AZOTE



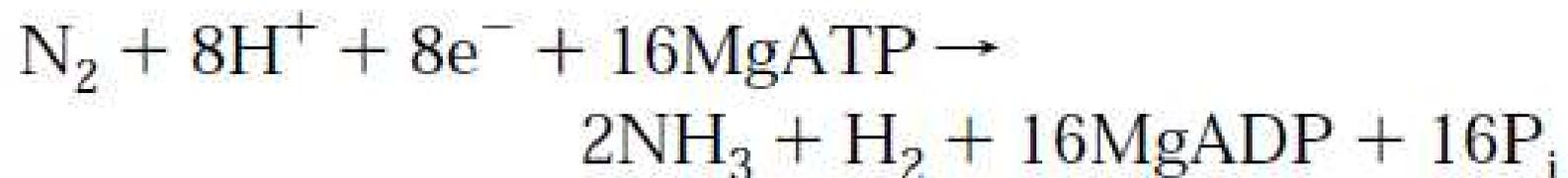
Butterbach-Bahl et al. 2011

LES MICROORGANISMES ONT UN RÔLE CLÉ DANS LE CYCLE « NATUREL » DE L'AZOTE



The fixation process

- Nitrogenase enzyme
- (i) reduction of Fe protein by electron carriers (ferredoxins and flavodoxins);
- (ii) transfer of single electrons from Fe protein to MoFe protein in a MgATP (adenosine triphosphate);
- (iii) electron transfer to the substrate at the active site within the MoFe protein.



Chem. Rev. 1996, 96, 2965–2982

2965

Structural Basis of Biological Nitrogen Fixation

James B. Howard* and Douglas C. Rees*

Other « natural » sources of Nr to the atmosphere

Lightning



↓ NO_x

Volcanoes ↑ NH_3



Fires

↑ NO_x

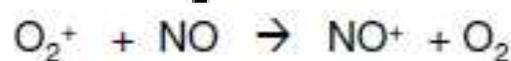


The atmospheric « natural » nitrogen cycle

Lightning



Plasma dissociation and ionisation



NO_x

Fires



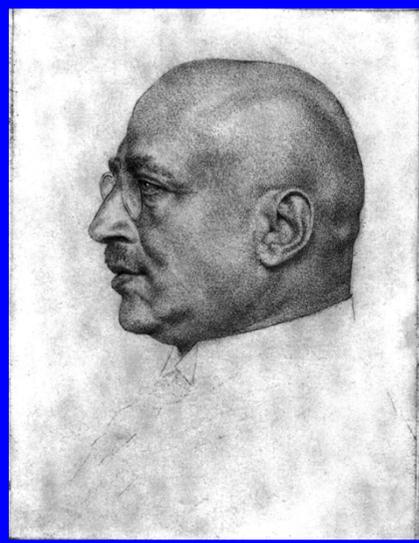
Thermal production of NOx

At T°C > 1600°C:

Dissociation of N₂ in N and O₂ in O



Industrial production of N_r



Fritz Haber (1868-1934)

Started working on NH₃, 1904

First patent, 1908

First commercial test, 1909

Nobel price in chemistry, 1918

-”Ammonia synthesis”



Carl Bosch (1874-1940)

Perfect Catalyser, 1910

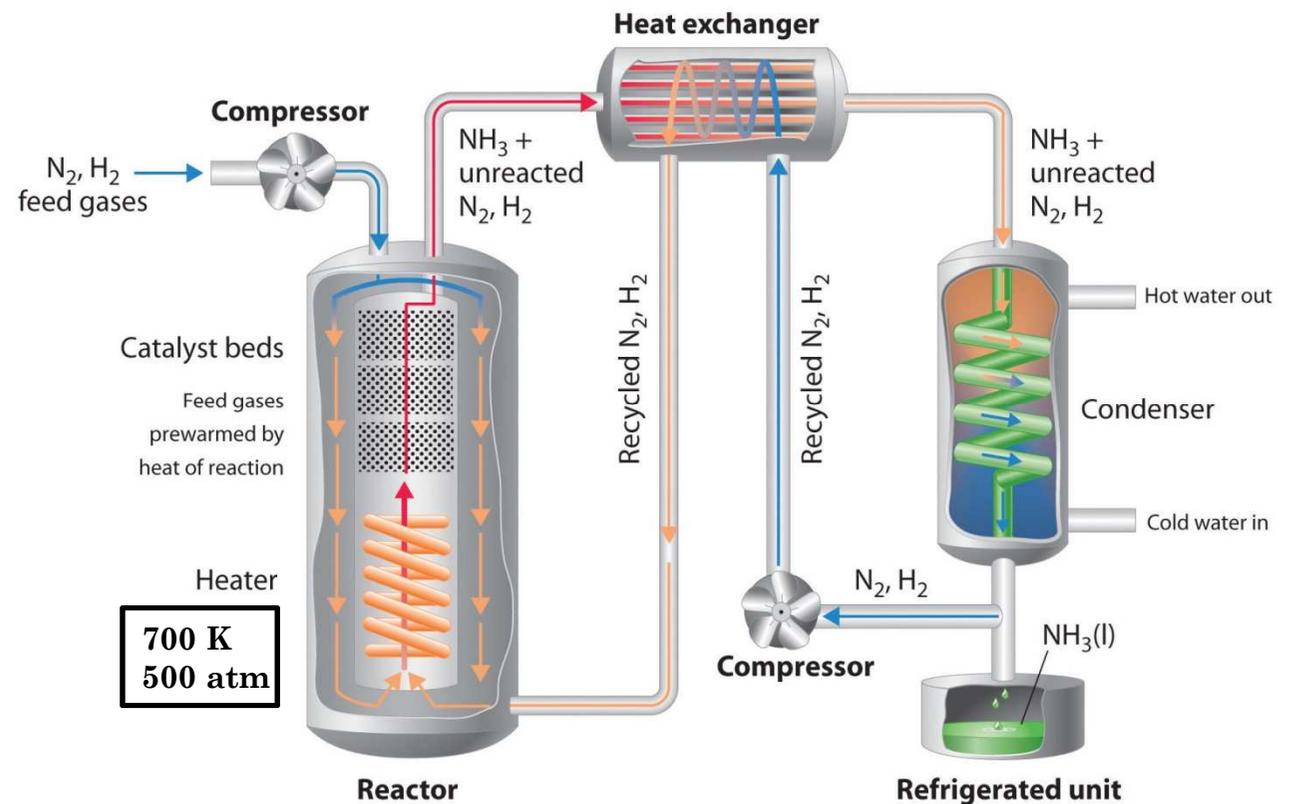
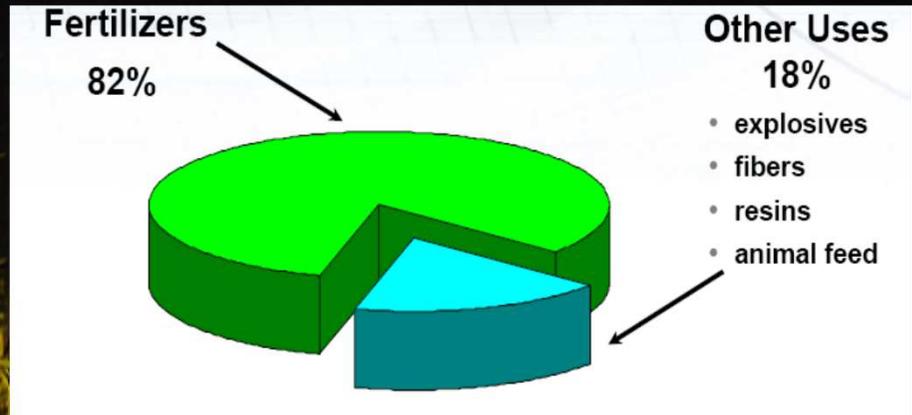
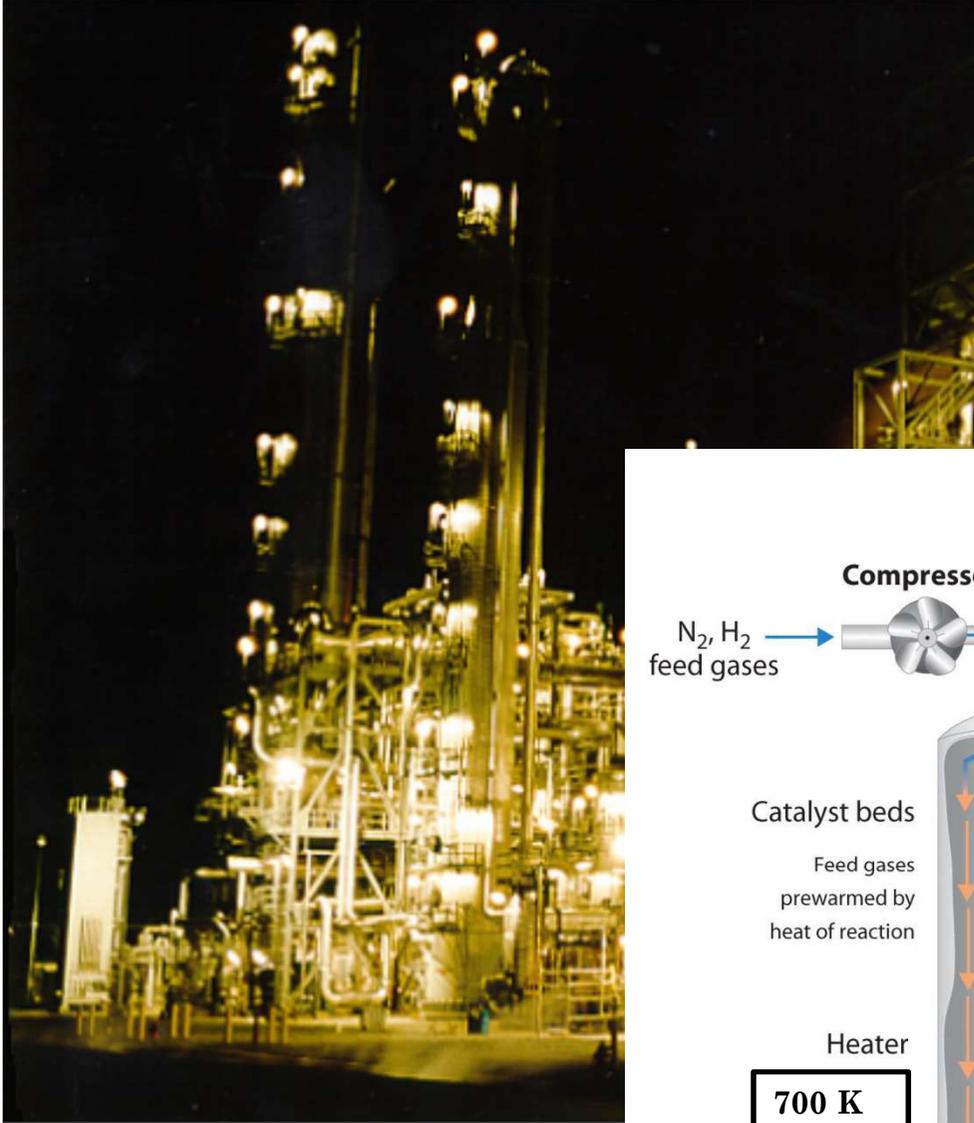
Large scale production, 1913

Ammonia to nitrate transform , 1914

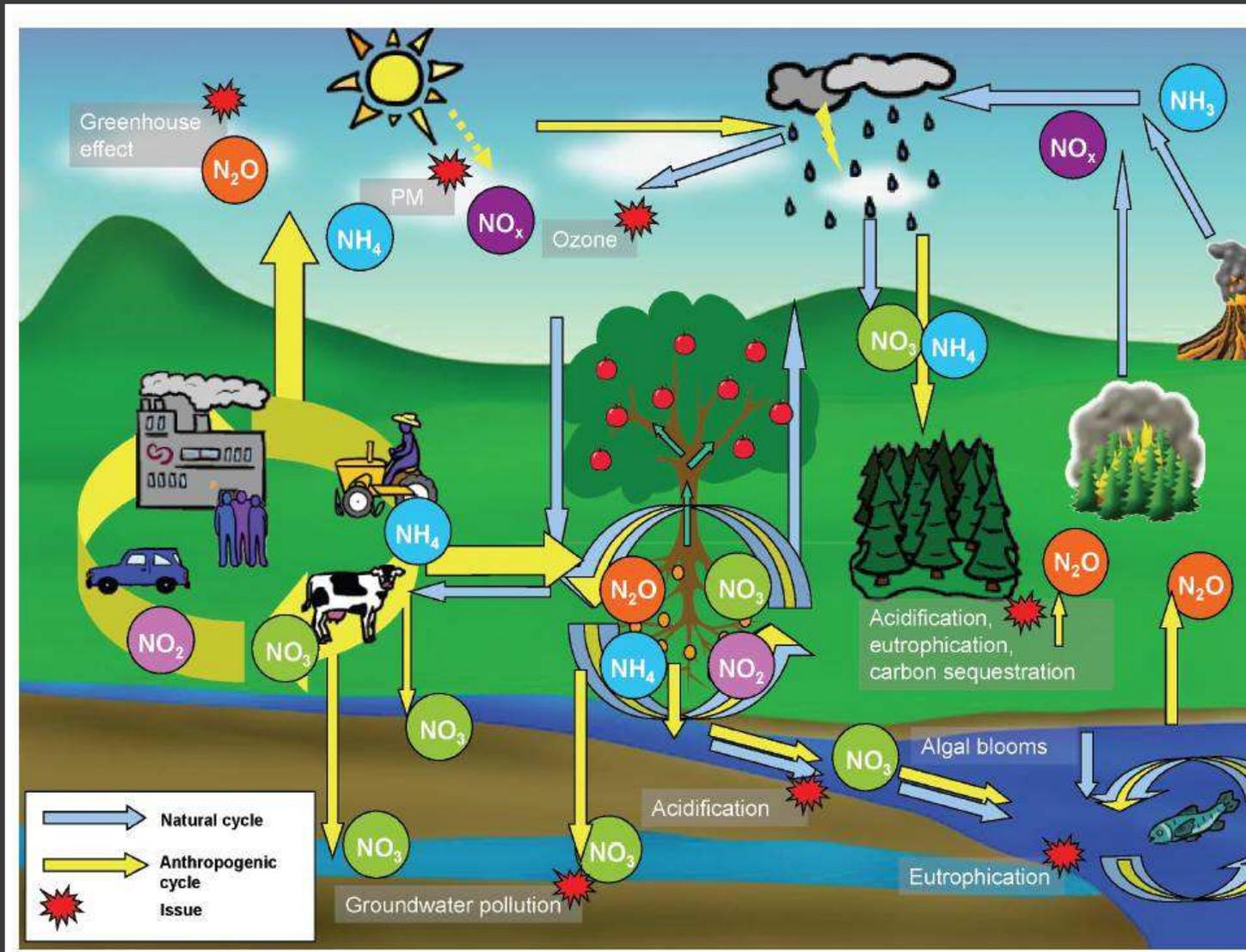
Nobel price in chemistry, 1931

-”High pressure production methods ”

Industrial production of NH_3

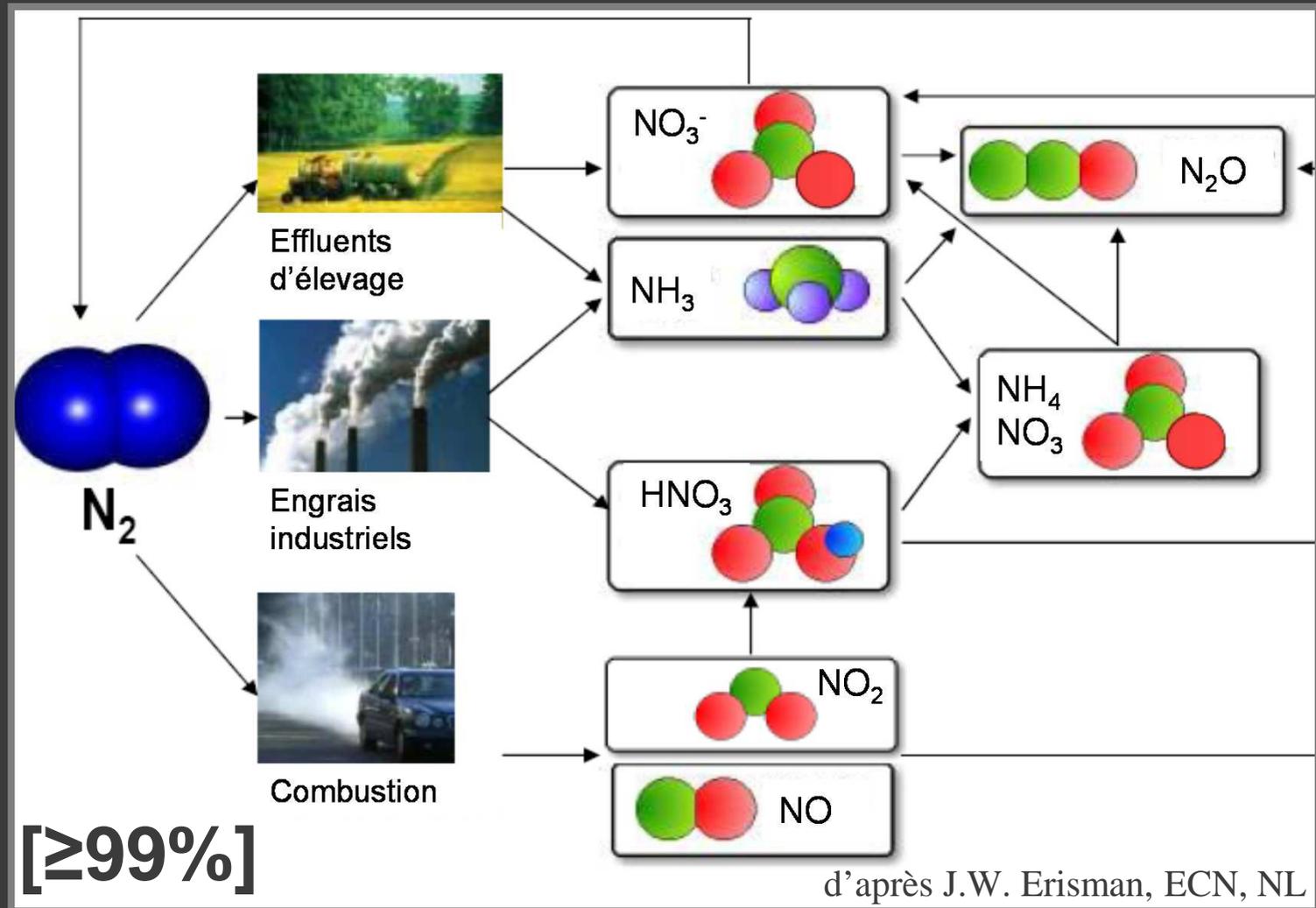


LE CYCLE DE L'AZOTE : UN CYCLE PERTURBÉ PAR L'HOMME



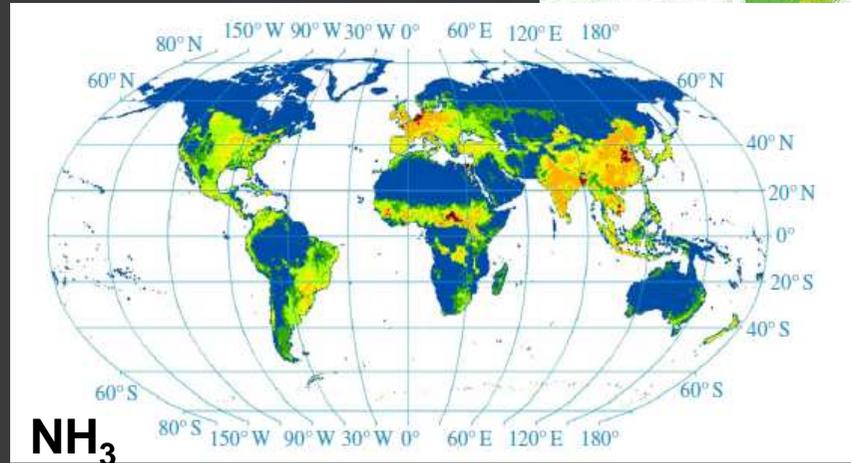
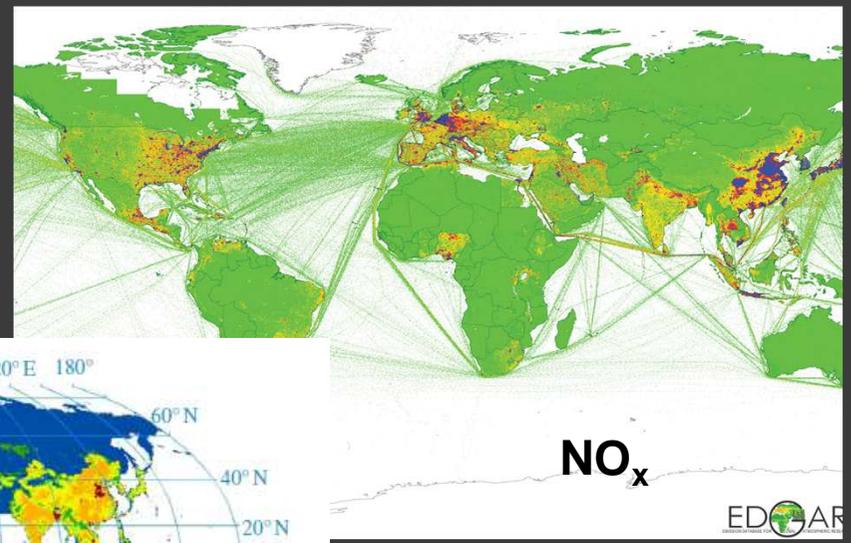
L'AZOTE « RÉACTIF » EST ESSENTIEL DANS LE CYCLE

- nécessaire à la vie
- Formes variées
- Plus ou moins stables



LES SOURCES D'AZOTE RÉACTIF

Erismann et al. 2005	Global
	Tg N (%)
Biological N fixation	90 (24)
Lightning	5 (1)
Total	95 (25)
Haber-Bosch N fertilizer & industry	85 (23)
Biological N fixation in agriculture	33 (9)
Animal feed imports	—
Combustion in industry and transportation	21 (6)
Total	140 (37)
Natural N fixation in oceans	140 (37)
Total	375

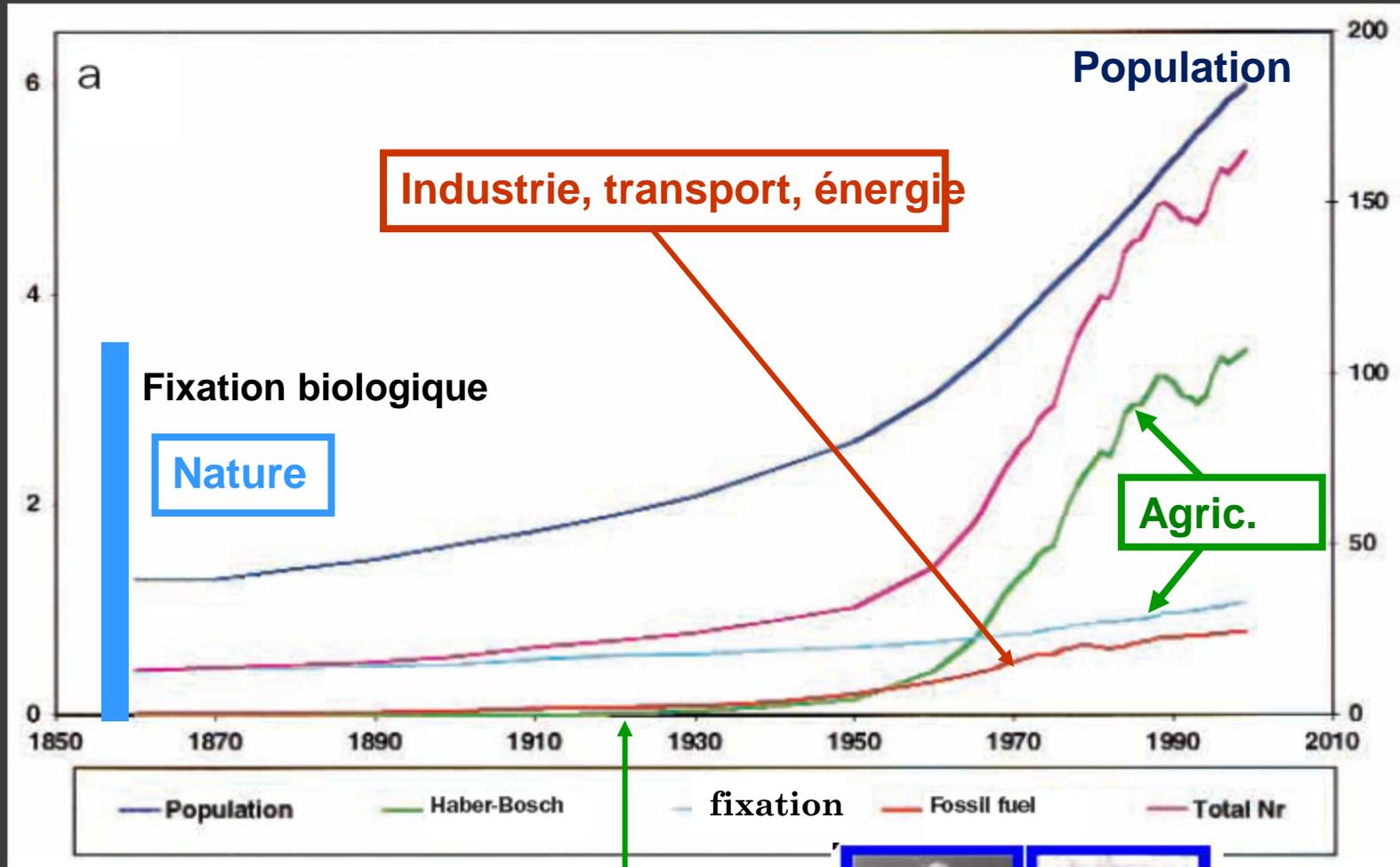


- Fort terme de **fixation biologique** naturelle
- Les principaux termes anthropiques: Production par **Haber-Bosch** et **combustion**
- Une **répartition spatiale inégale**

The European Nitrogen Assessment

L'AZOTE RÉACTIF EST D'ABORD PRODUIT PAR L'AGRICULTURE

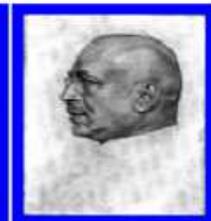
Population mondiale (milliards)



Production d'azote réactif (Tg an⁻¹)



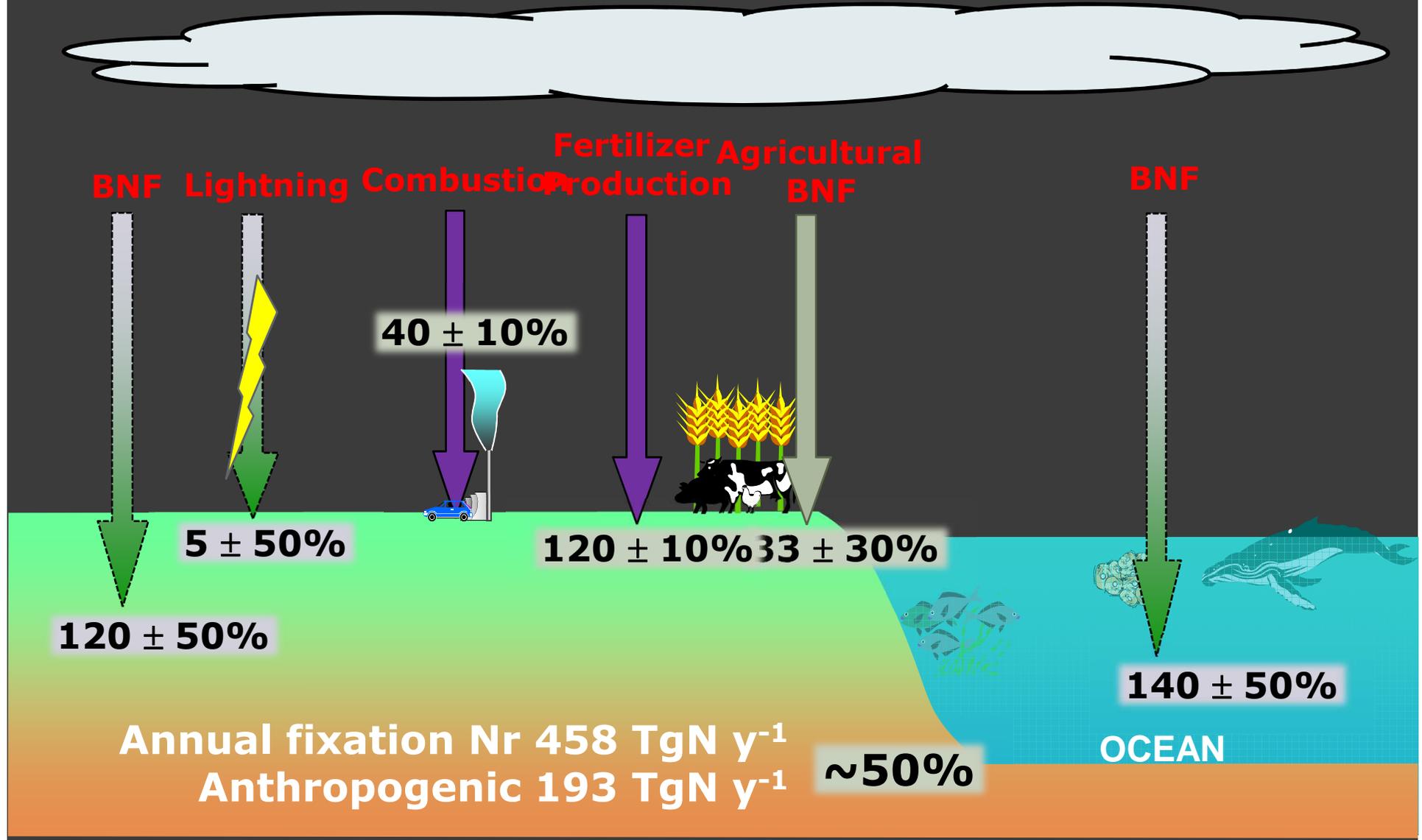
Carl Bosch



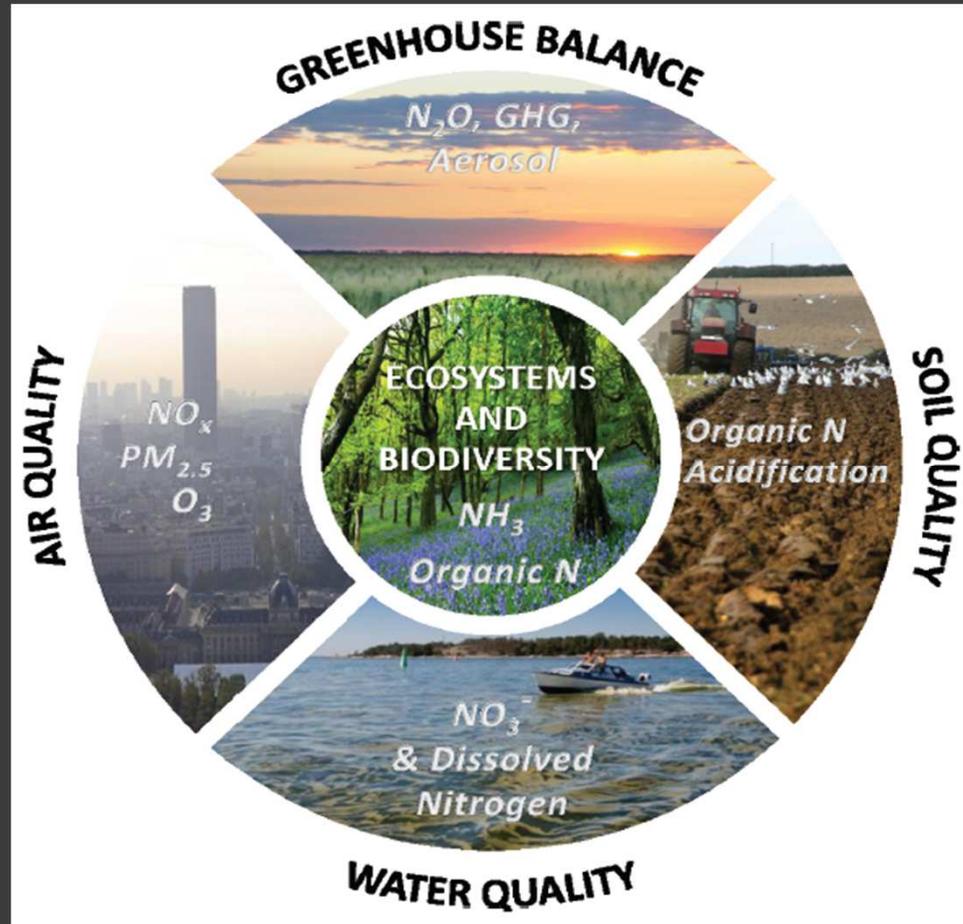
Fritz Haber

Le cycle de l'azote

MAIN FLUXES : NITROGEN FIXATION $N_2 \rightarrow TO N_R$ (Tg-N)



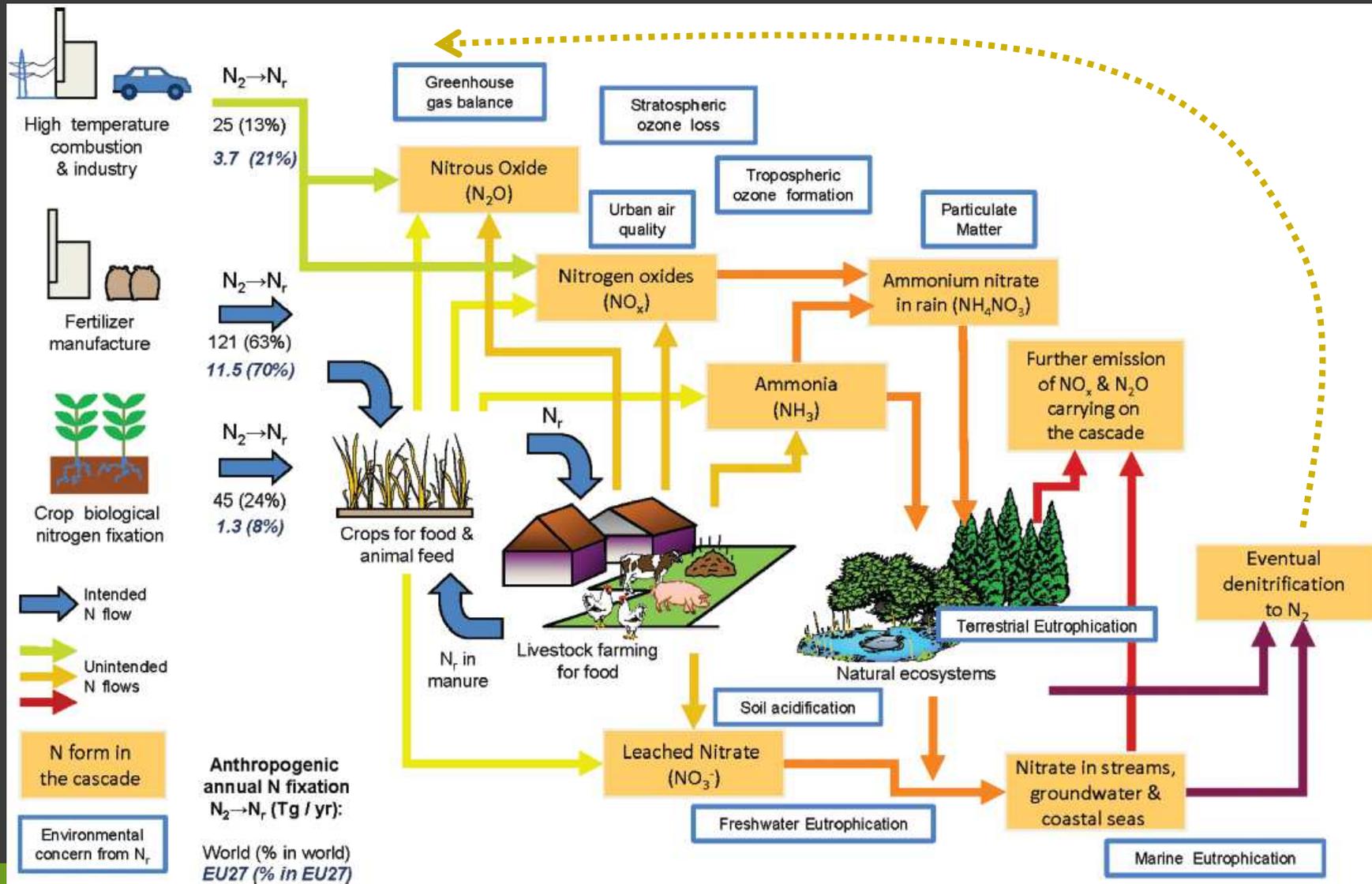
L'AZOTE RÉACTIF A DE MULTIPLES IMPACTS



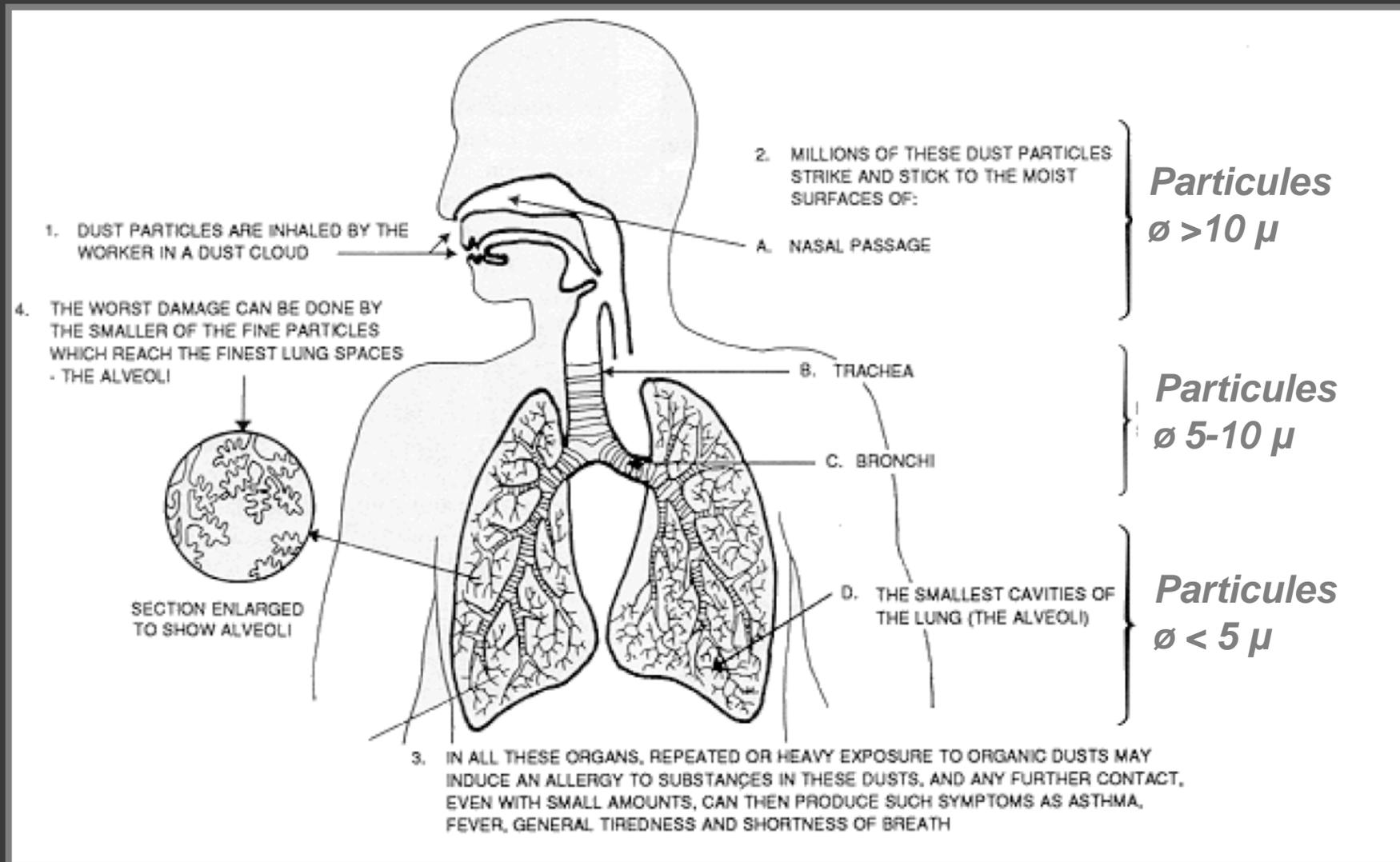
Sutton et al. 2011

- Effet de serre
- Qualité de l'air
- Qualité des eaux
- Qualité des sols
- Biodiversité & écosystèmes
- Des impacts à différentes échelles de temps et d'espace
- Des interactions entre impacts

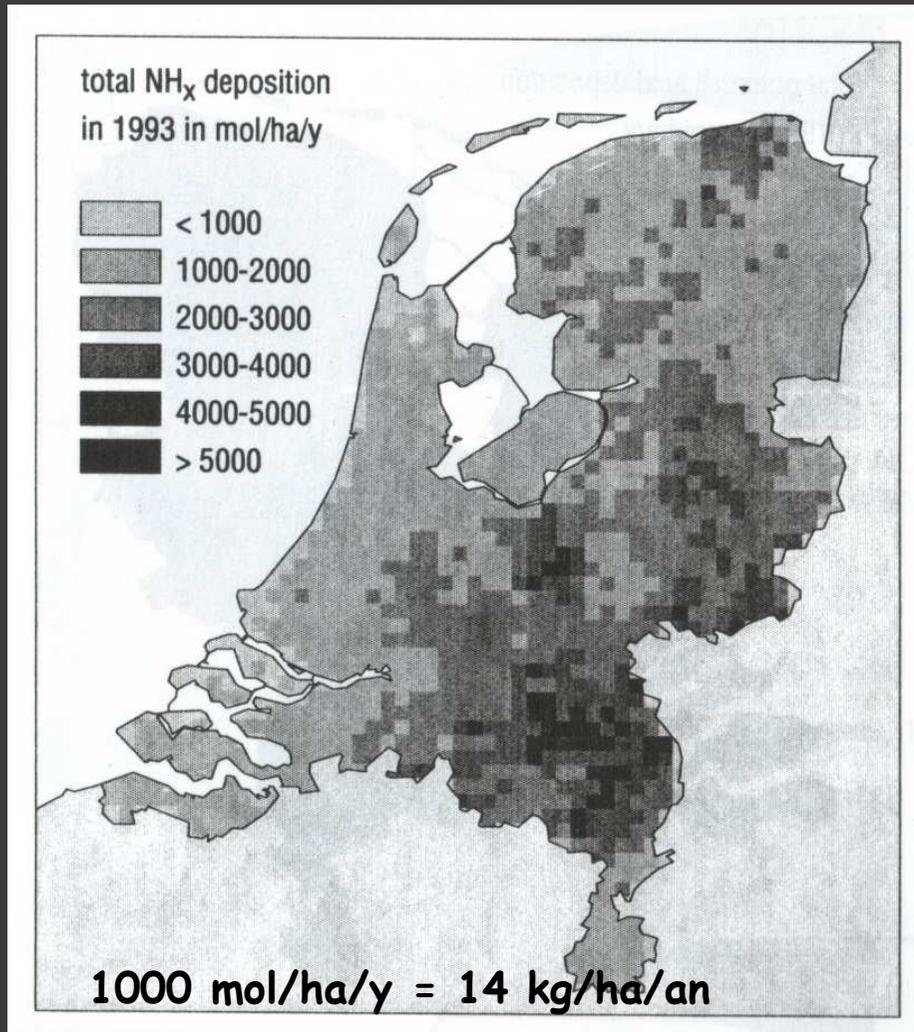
DES IMPACTS EN « CASCADE » : UNE IMBRICATION D'ÉCHELLES ET D'IMPACTS



IMPACTS SUR LA SANTÉ DES AÉROSOLS



LES DÉPÔTS ATMOSPHÉRIQUES D'AZOTE



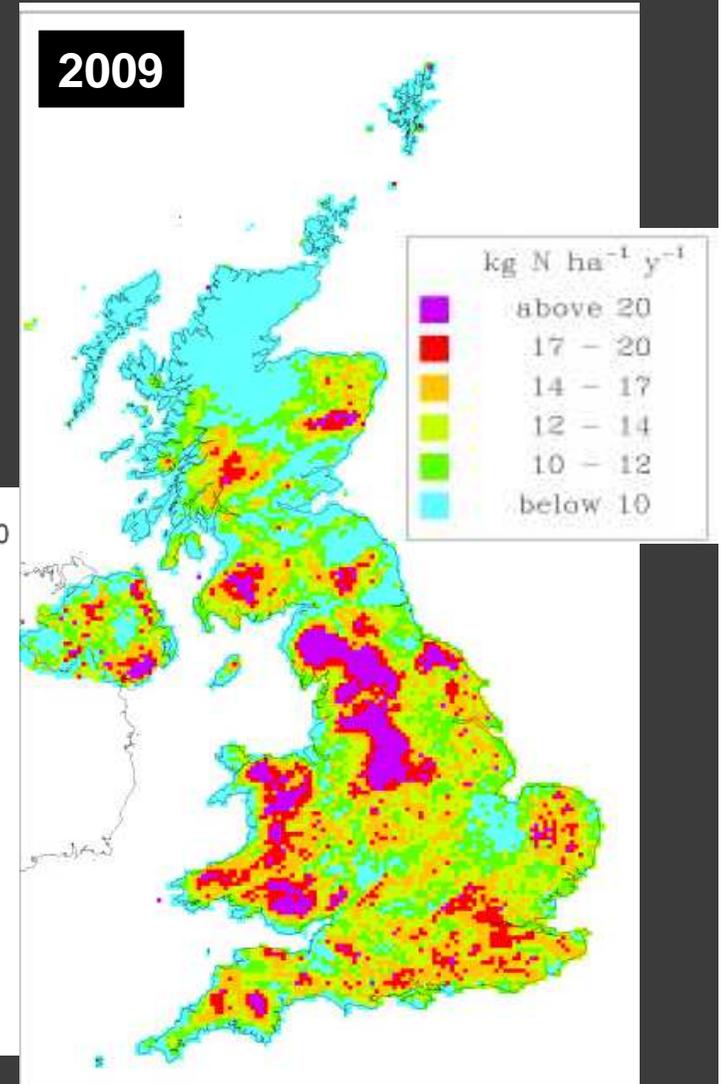
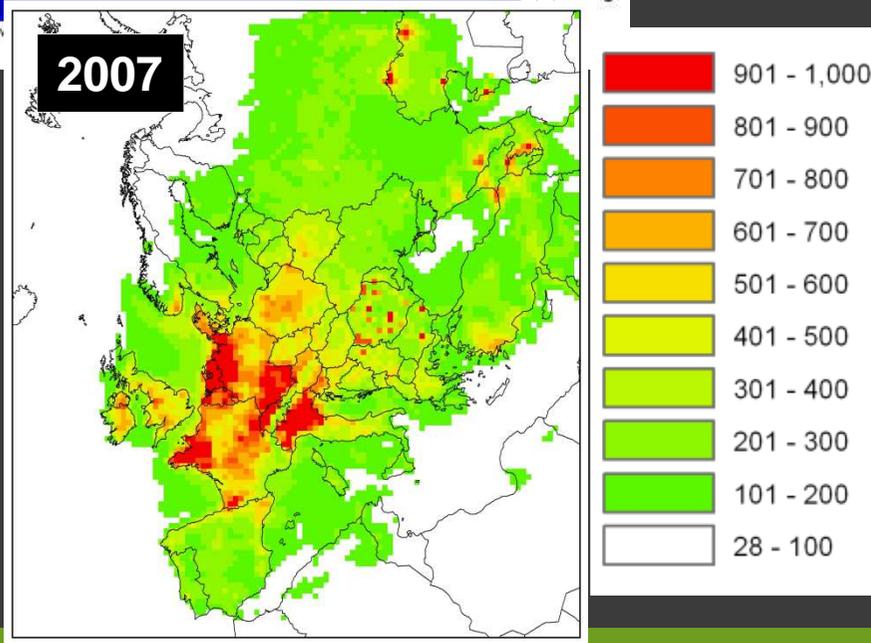
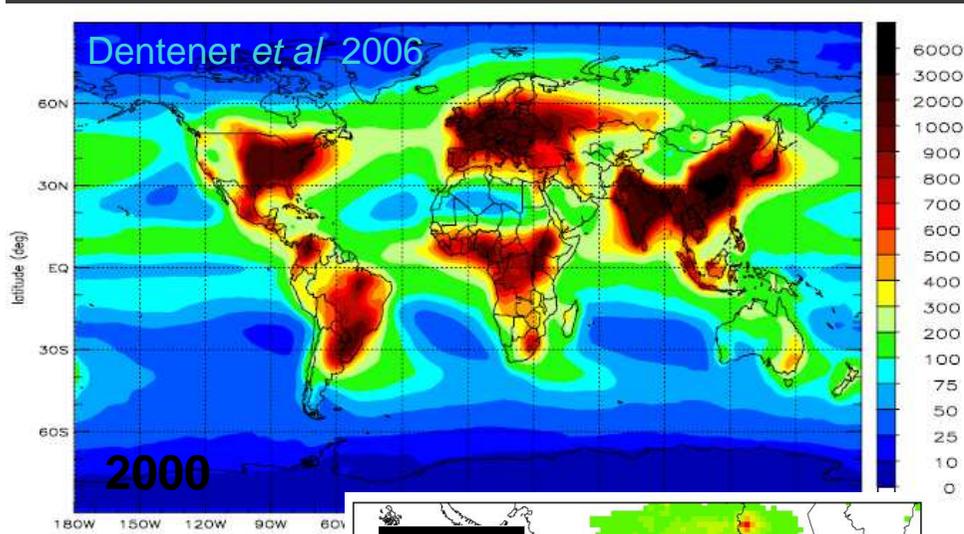
NH_3 (en Tg/an)	Sources	67
	Puits :	
	• <i>Dépôt hum (sol)</i>	35
	• <i>Dépôt hum (océans)</i>	10
	• <i>Dépôt sec (sol)</i>	20
	• <i>réaction avec OH</i>	3

NO_x (en Tg/an)	Sources	48
	Puits	
	• <i>Dépôt humide (sol)</i>	19
	• <i>Dépôt hum (océans)</i>	8
	• <i>Dépôt sec (sol)</i>	16

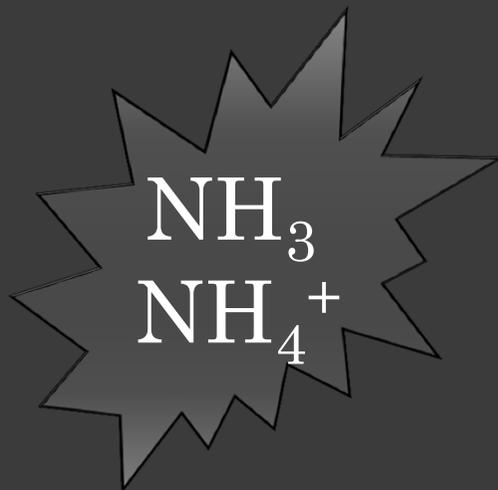
(-) Une source de polluants pour l'environnement naturel

(+) Une manière efficace de « dépolluer » l'atmosphère

ATMOSPHERIC NITROGEN DEPOSITION: GLOBAL, REGIONAL, LOCAL (Nr mg-N m⁻²)



DES EFFETS COMPLEXES SUR L'ENVIRONNEMENT EXEMPLE DE L'AMMONIAC



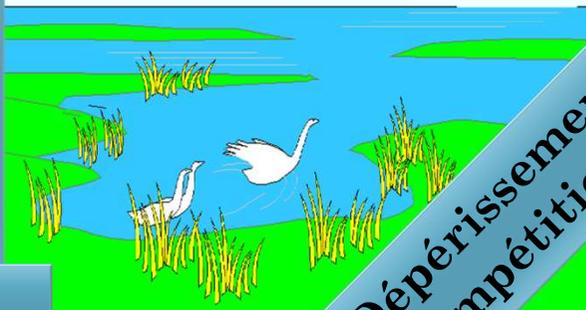
Formation d'aérosols



Acidification

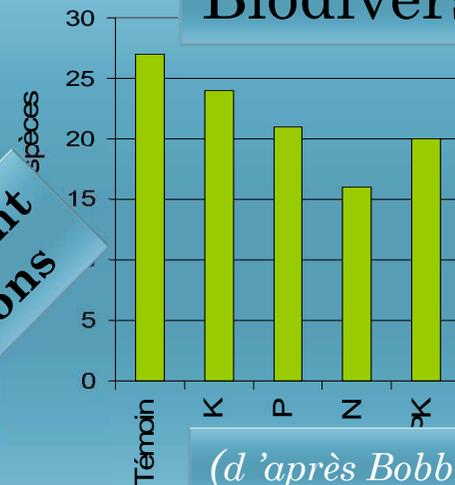


Eutrophisation



Dépérissement
compétitions

Biodiversité



Prairie

(d'après Bobbink, 1991)

ILLUSTRATION D'UN EFFET D'EUTROPHISATION



Gauche: lichen dans un environnement naturel
Droite: lichens remplacés par des algues sous l'effet de l'ammoniac

Excès d'azote en zone côtière sur la formation d'algues (*Phaeocystis globosa*) à l'origine de la formation de mousse gélatineuse

PERTE DE BIODIVERSITÉ

Sous-bois des forêts suédoises

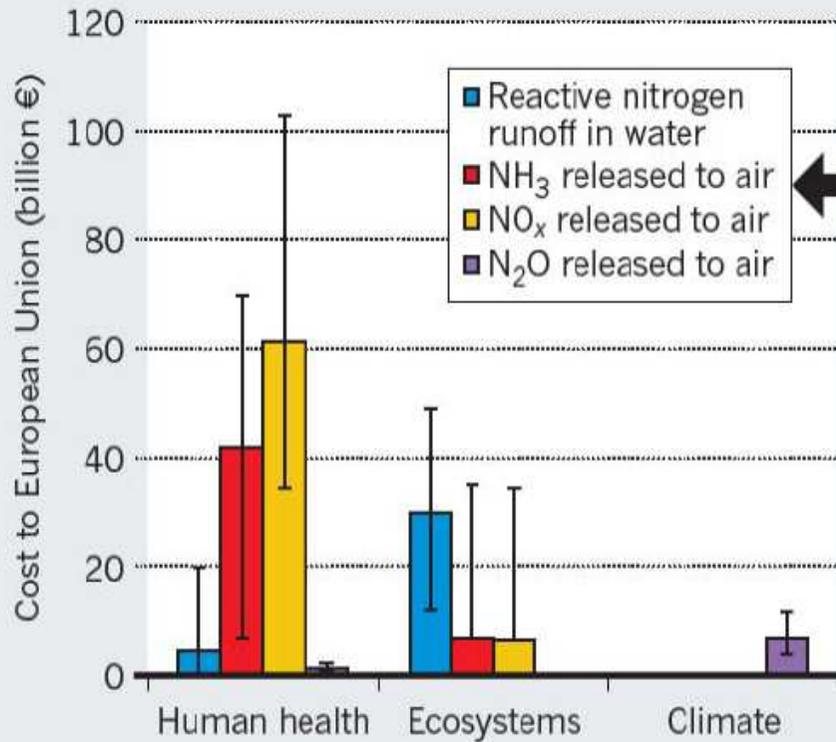
+15 kg N / ha / an



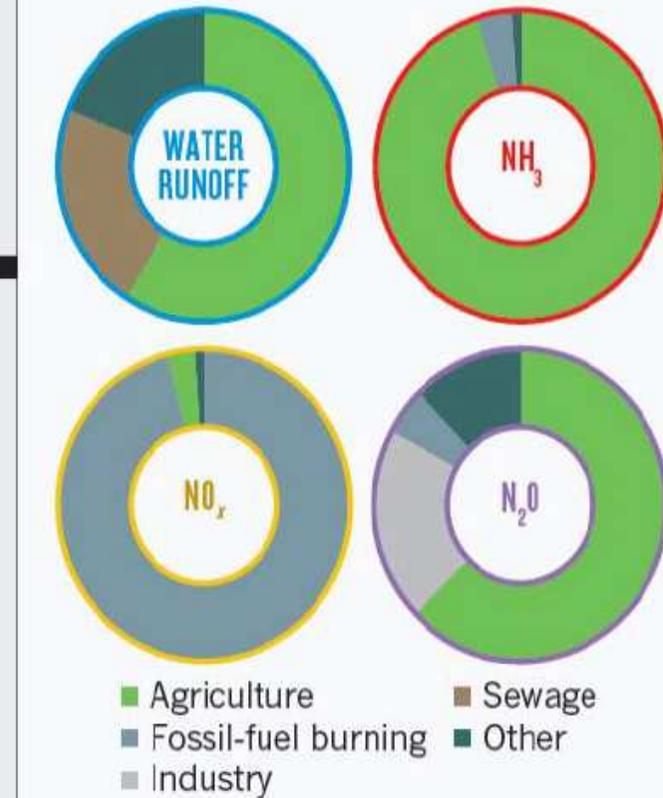
UN COÛT IMPORTANT POUR LA SOCIÉTÉ

DAMAGE COSTS OF NITROGEN POLLUTION

Agriculture and fossil-fuel burning load the environment with reactive nitrogen, affecting water, soils and air.

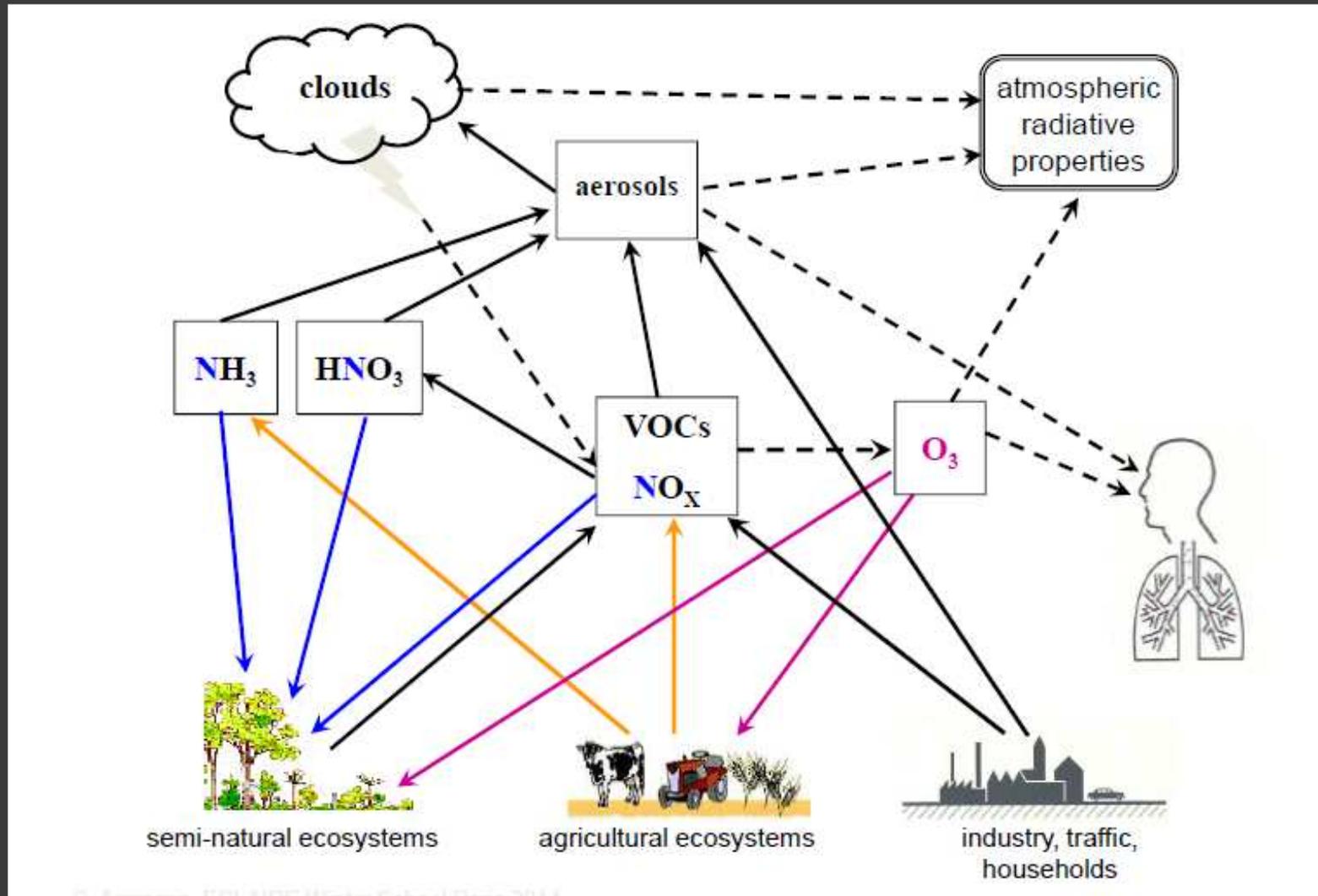


MAIN NITROGEN SOURCES



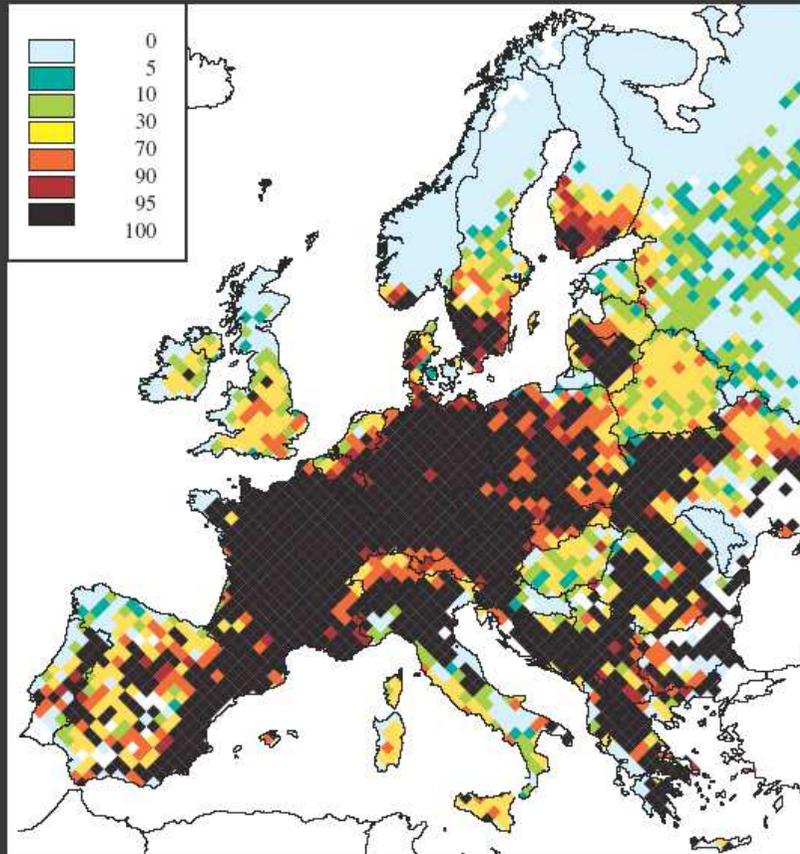
Sutton et al. 2011

DES EFFETS INDIRECTS FORTS



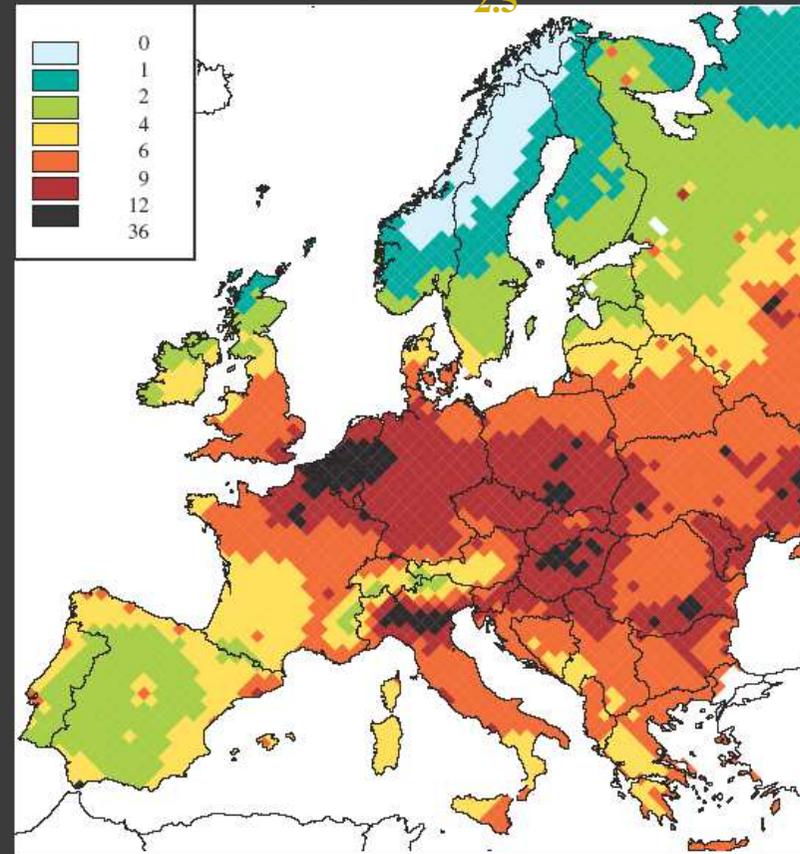
Effets de l'azote à l'échelle Européenne

Critical load exceedance for N effects on ecosystems



% of ecosystems area with grid
average N deposition > eutrophication
(for 2000)

Loss in life expectancy attributable to PM_{2.5}

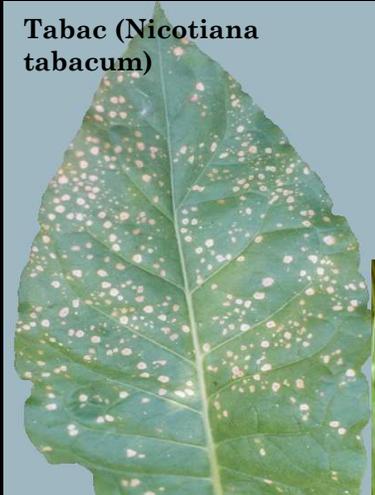


Loss in average life expectancy
in months due to identified
anthropogenic PM_{2.5} (for 2000)

EFFET DE L'OZONE SUR LES PLANTES

Des dégâts foliaires :

Tabac (*Nicotiana tabacum*)



bean (*Phaseolus*)



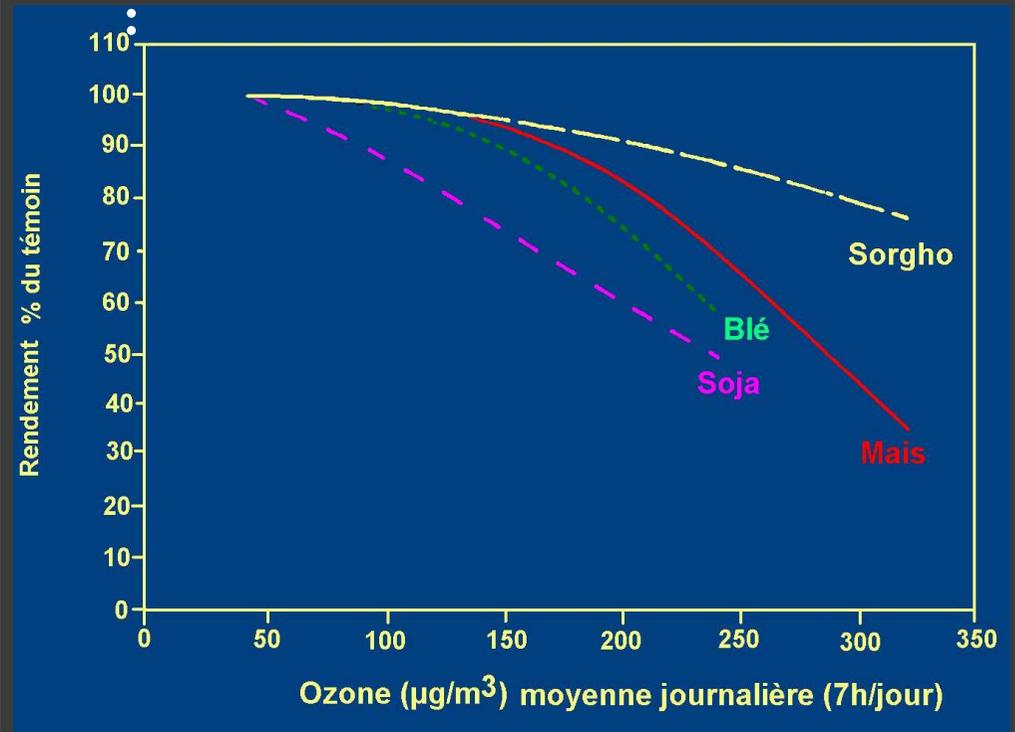
France, J-F Castel
Greece, D. Velissariou

wheat (*Triticum aestivum*)

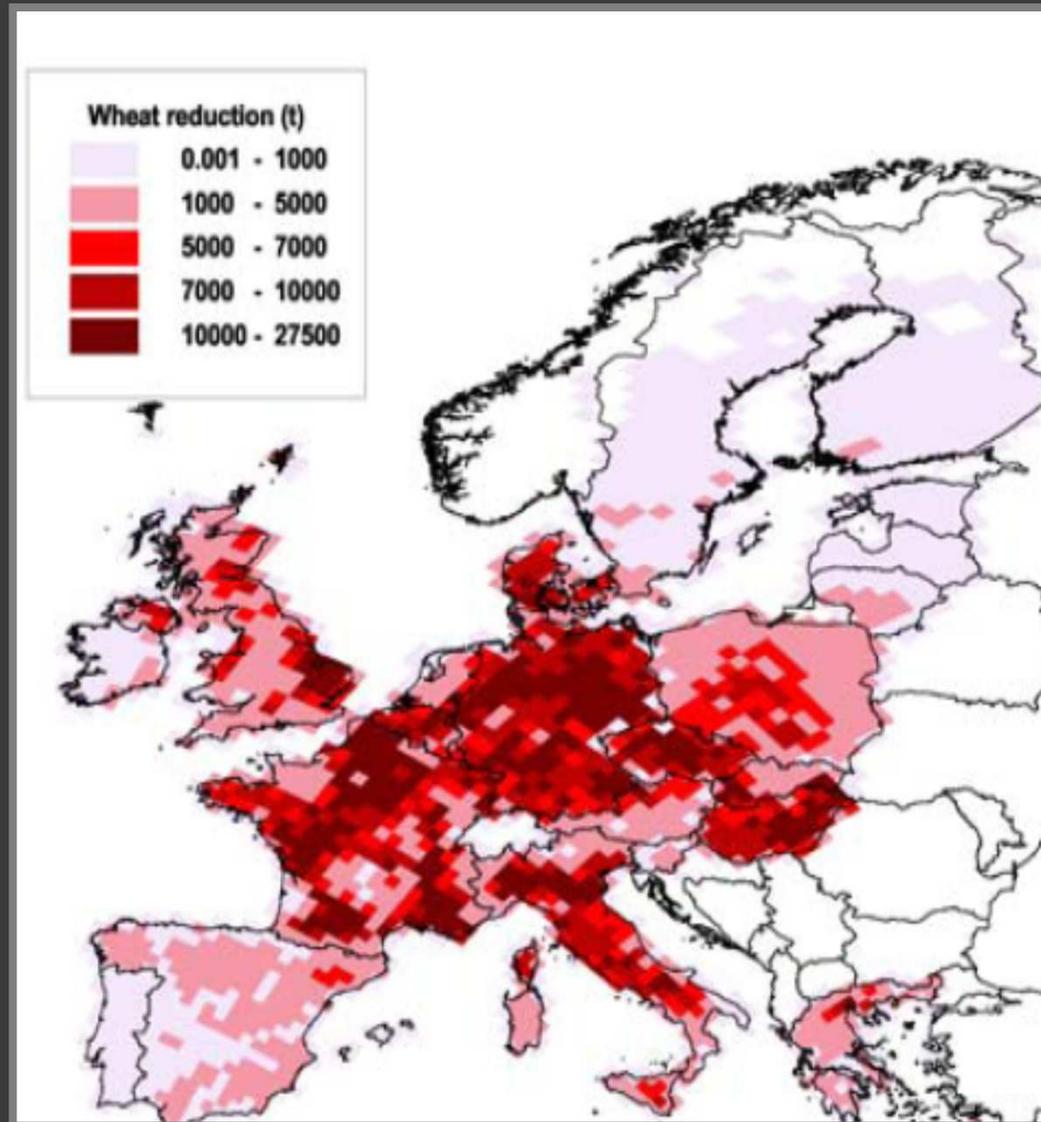


Greece, D. Velissariou

Des impacts agronomiques

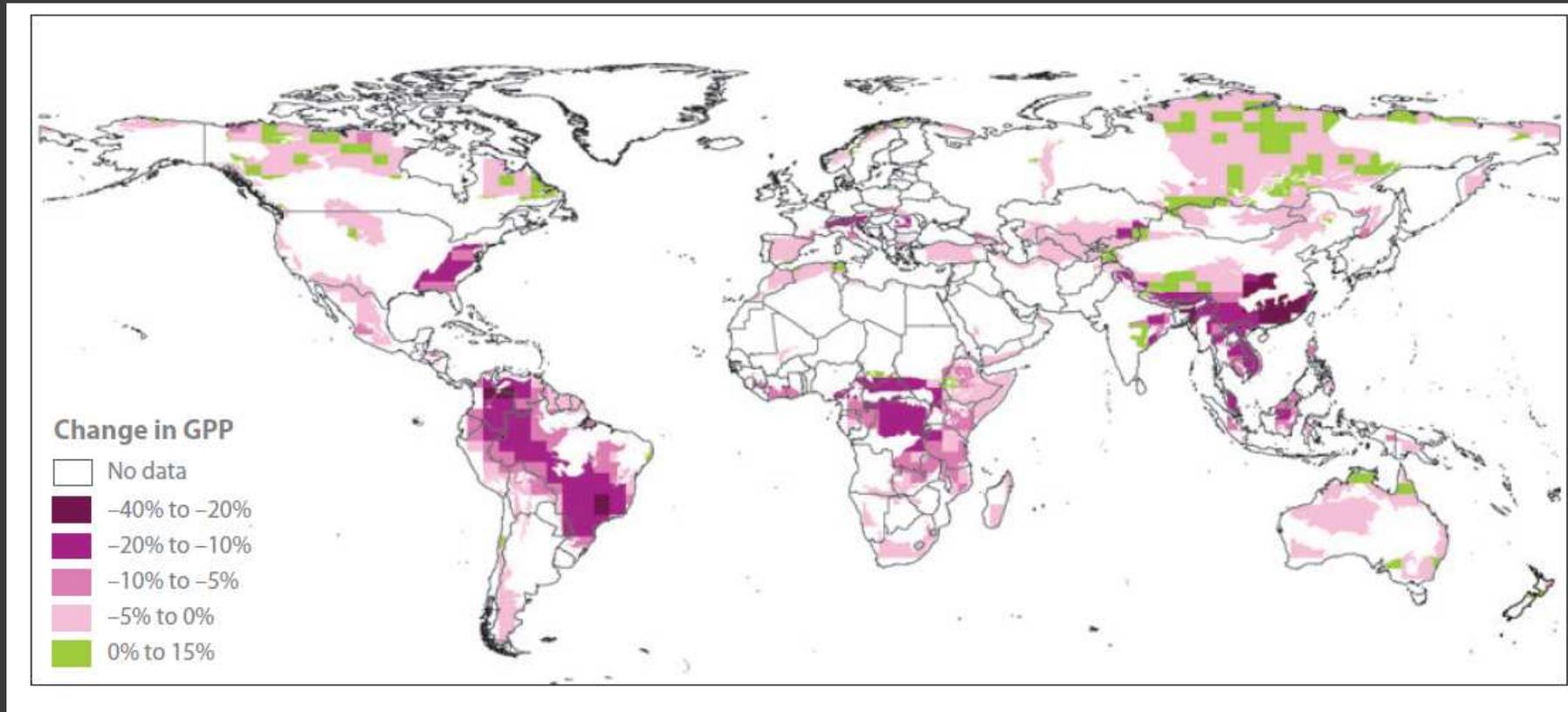


IMPACT DE L'OZONE SUR L'AGRICULTURE



Pertes de production dues à l'impact de l'ozone sur le blé

COMMENT ABORDER LA COMPLEXITÉ?



Impact de l'ozone sur la production des écosystèmes

(travail engagé dans Botox)

Ainsworth et al. 2012

COÛTS DES PERTES DE RENDEMENT LIÉS À L'OZONE EN EUROPE

(EU27+CH+NO)

	2000	2020
Pertes en valeur	3.2 milliards €	2.0 milliards €
Pertes de production	26.9 million t	16.5 million t
Proportion de la surface dépassant les niveaux critiques ¹	84.8 %	82.2%
Surface présentant des risques de pertes ²	24.5 millions ha	24.5 millions ha

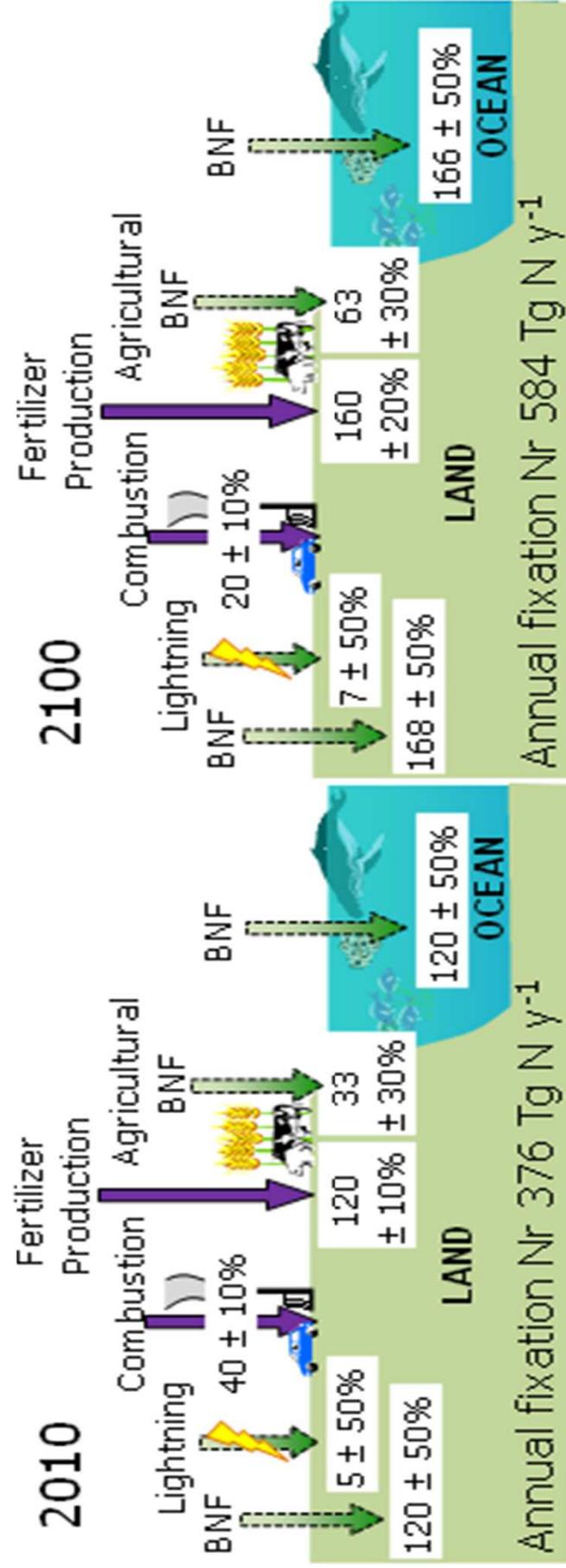
¹ *In wheat-growing areas*



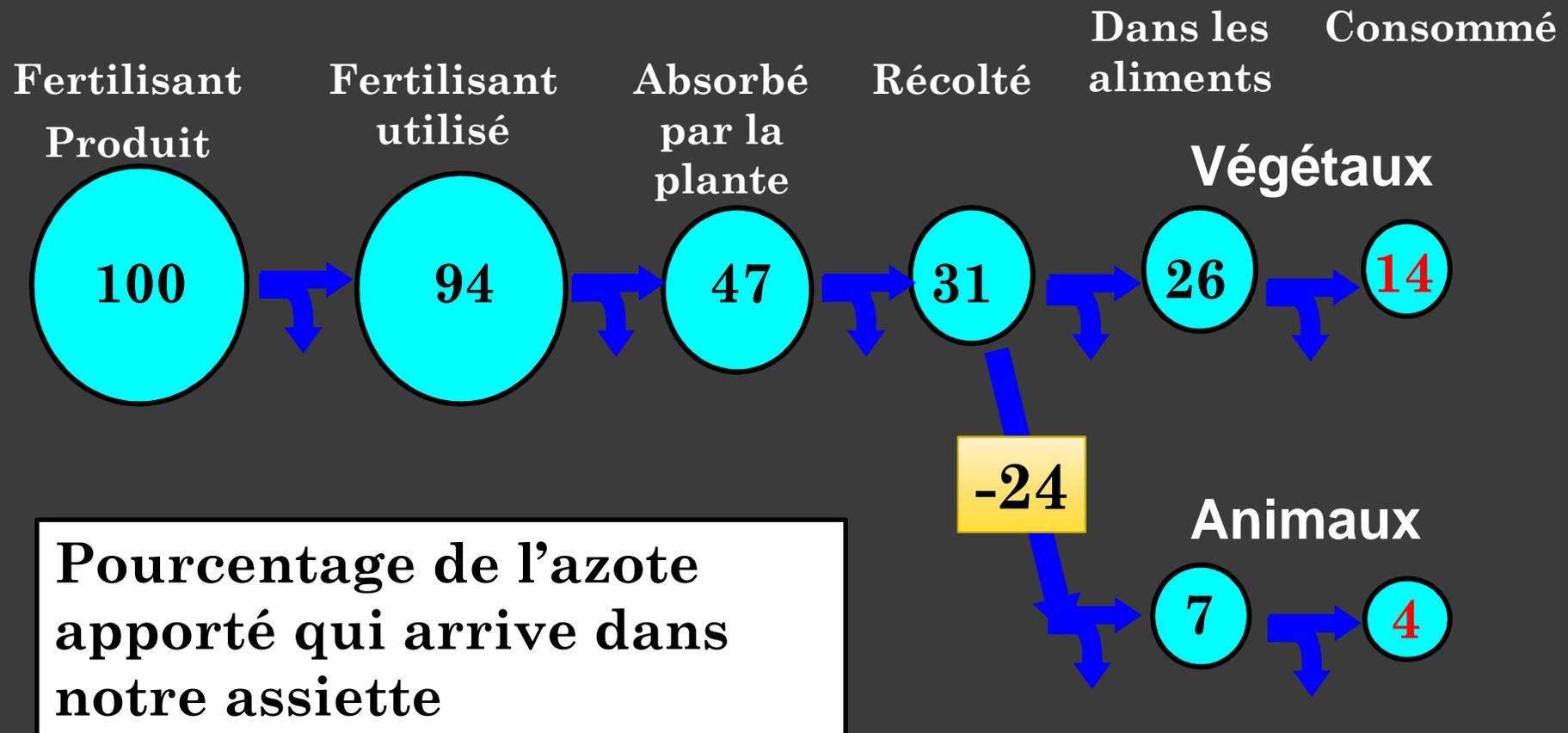
ICP VEGETATION



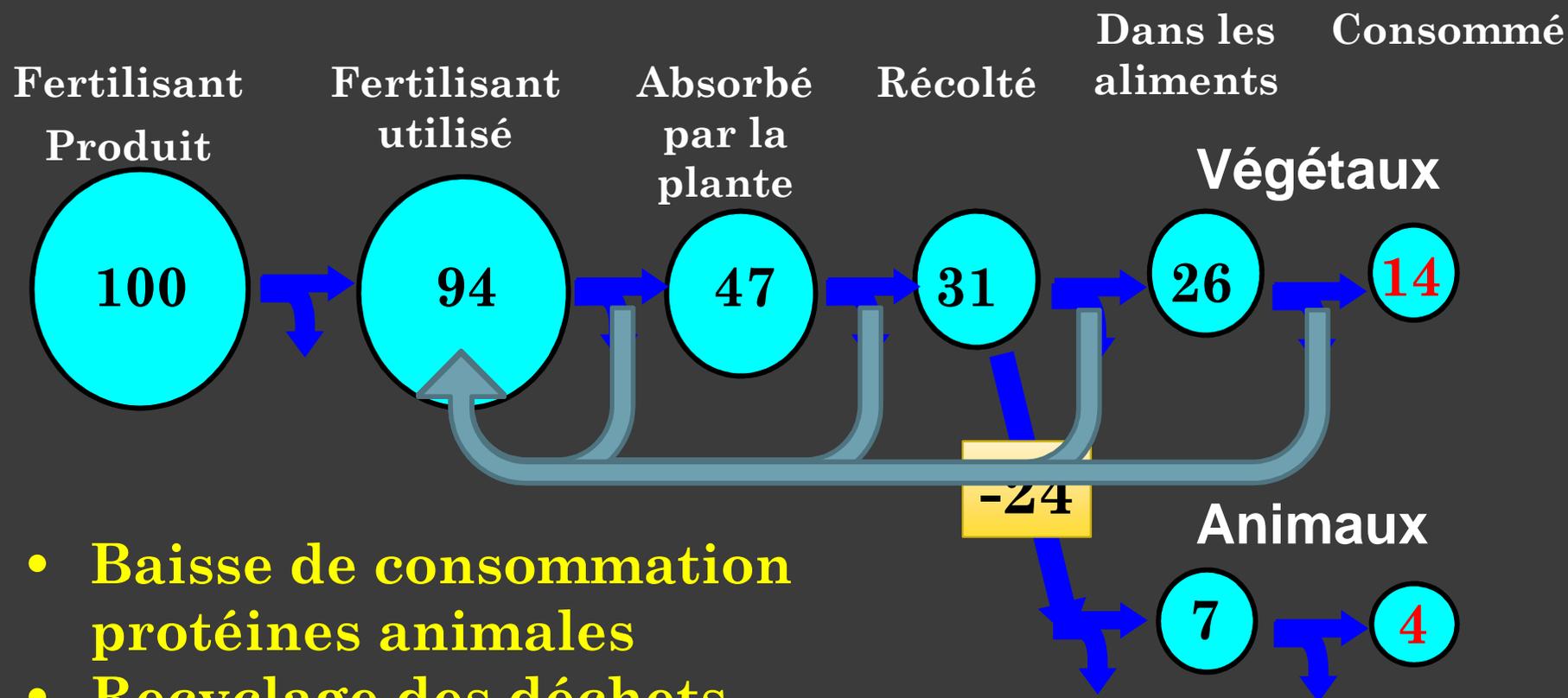
² *Estimated for each grid square from the mean t/ha per country*



QUELLES SOLUTIONS ? .. MIEUX UTILISER L'AZOTE ...

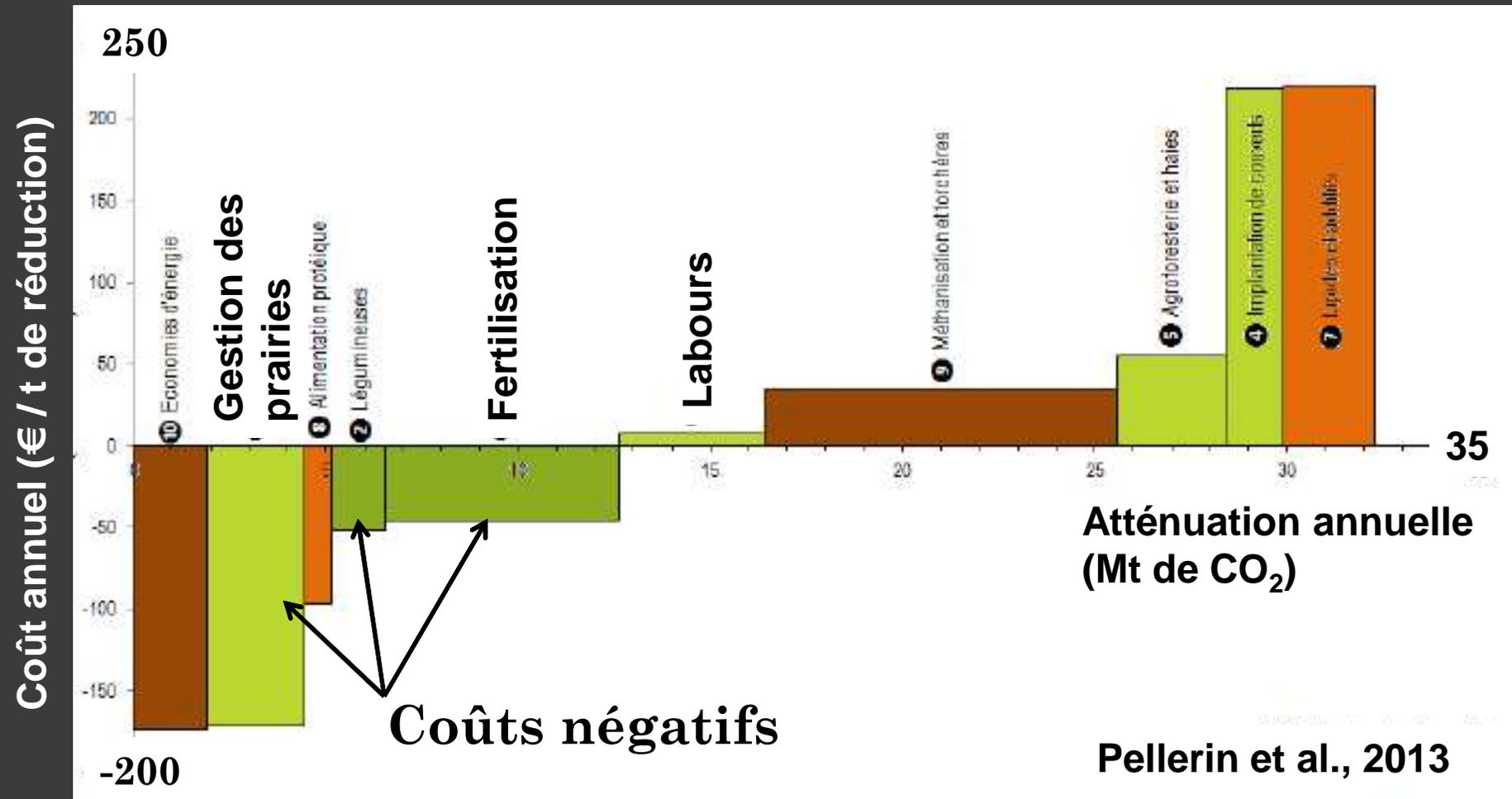


QUELLES SOLUTIONS ? .. MIEUX UTILISER L'AZOTE ...



- Baisse de consommation protéines animales
- Recyclage des déchets
- Apports contrôlés & cultures intermédiaires

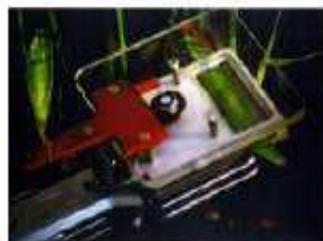
QUELS COÛTS ?



Time Scales and Spatial Scales



branch cuvette



leaf cuvette



soil/vegetation chamber



in-canopy profiles



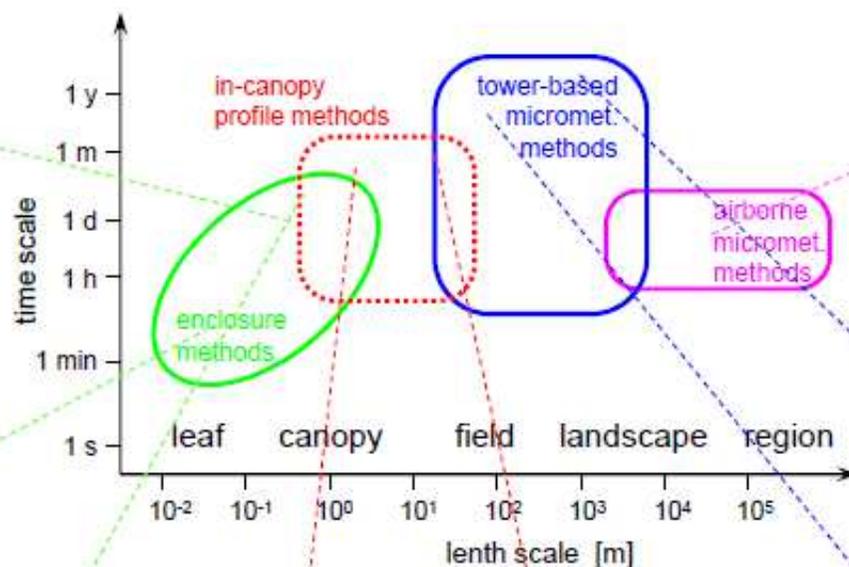
micromet. above agricultural crops



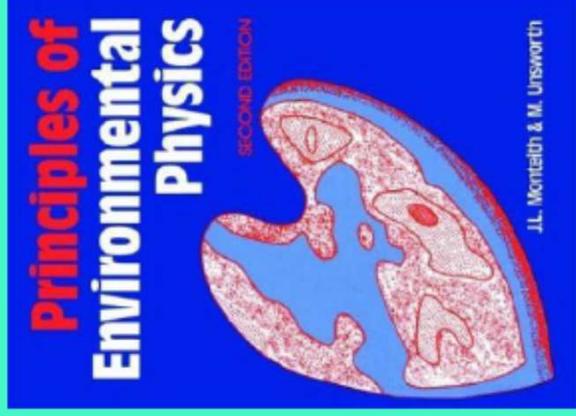
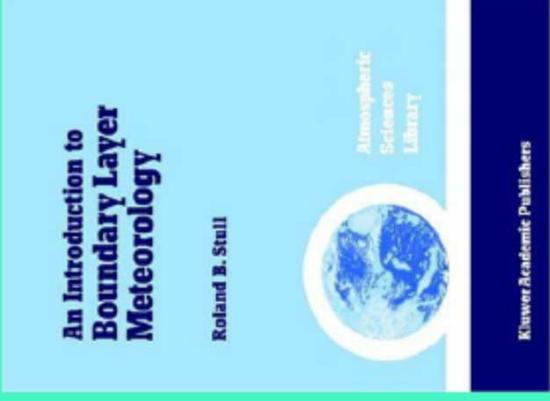
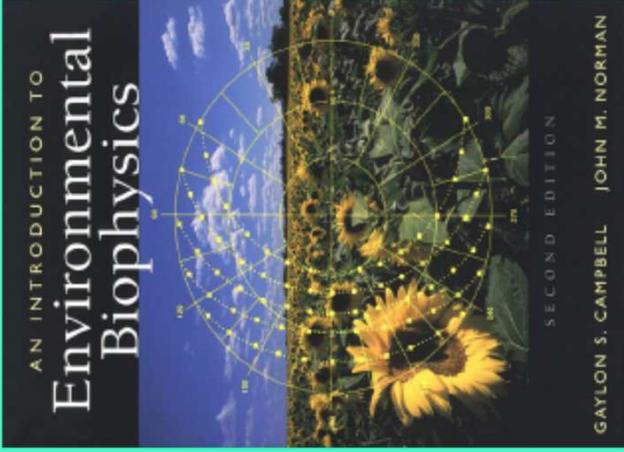
micromet. above forest

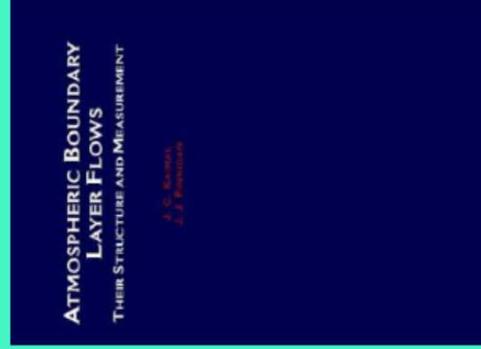
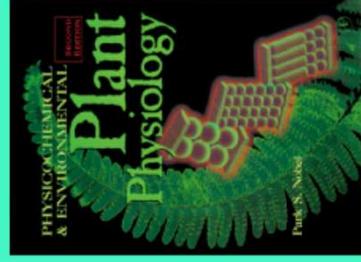


boundary layer micromet. method



C. Ammann, ECLAIRE Winter School Paris 2014





SUPPORT DE COURS

<http://www6.versailles-grignon.inra.fr/ecosys>

(aller dans l'onglet Productions / Cours)

Google :
Loubet INRA ECOSYS

