



Interactions changement climatique, pollution de l'air et agriculture

Pierre CELLIER, Sophie GENERMONT, Laurent HUBER
UMR Ecosys

(Ecologie fonctionnelle et écotoxicologie des agroécosystèmes)

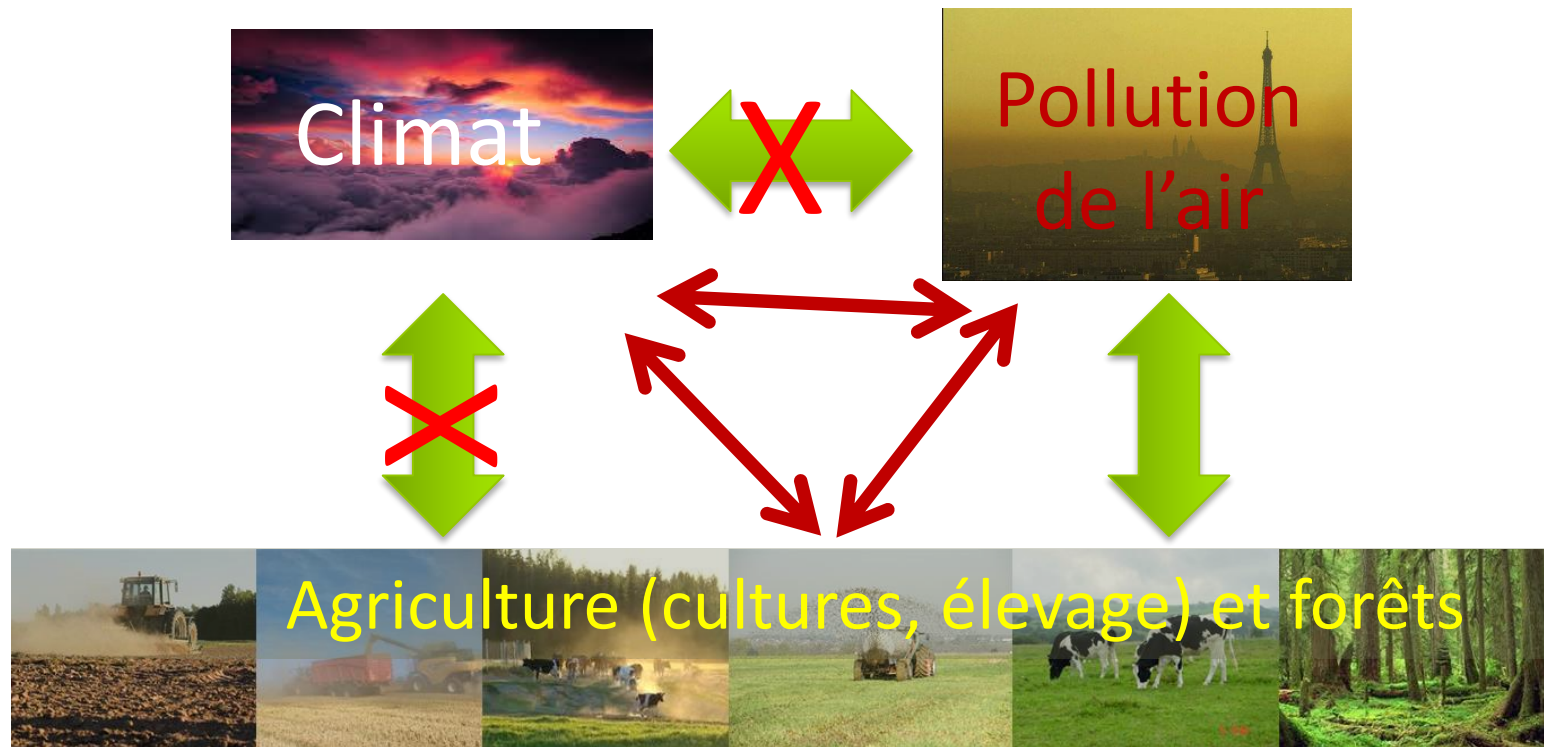
INRA-AgroParisTech-Université Paris-Saclay

Thiverval-Grignon, France



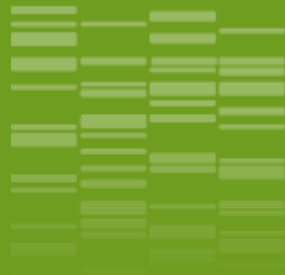
Colloque AIC 2016 / Besançon-Lausanne ** 6 juillet 2016

Agriculture/forêts, pollution de l'air et changement climatique : des interactions et rétroactions multiples et complexes



SOMMAIRE

- ❖ Introduction : l'agriculture, source, puits et impactée par la pollution de l'air et le changement climatique
- ❖ L'agriculture, source de polluants atmosphériques. Impacts possible du changement climatique.
- ❖ L'agriculture, puits de polluants atmosphérique et conséquences pour le changement climatique
- ❖ Des besoins d'approches intégrées
- ❖ Mais aussi des impacts indirects moins attendus
- ❖ Une activité soumise à d'autres politiques publiques
- ❖ Conclusions

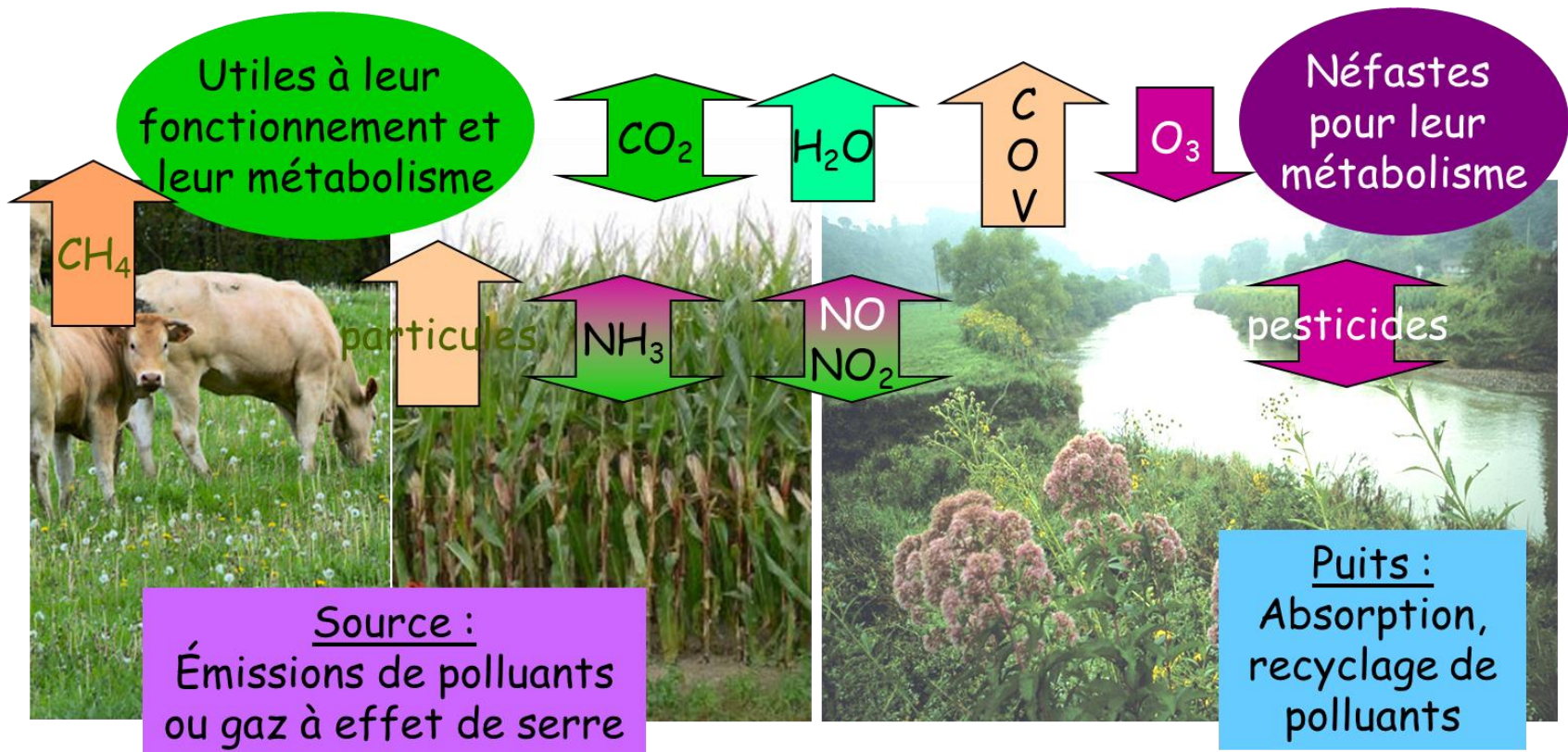


Introduction (1/3)

01

L'agriculture, une activité humaine impliquée dans la pollution de l'air et l'effet de serre

Les plantes, les sols et les animaux émettent et absorbent naturellement de nombreux polluants ou gaz à effet de serre



Activités agricoles : des flux souvent diffus, faibles ...

(flux = quantités émises par unité de surface et de temps)

H ₂ O	→ 10 ⁴ -10 ⁵ kg / ha/ jour
CO ₂	→ 10 ² -10 ³ kg / ha/ jour
COV	→ 10 ¹ -10 ² kg / ha/ jour
NH ₃	→ 10 ⁻³ -10 kg / ha/ jour
N ₂ O	} → 10 ⁻³ -10 ⁻¹ kg / ha/ jour
NO	
Pesticides	

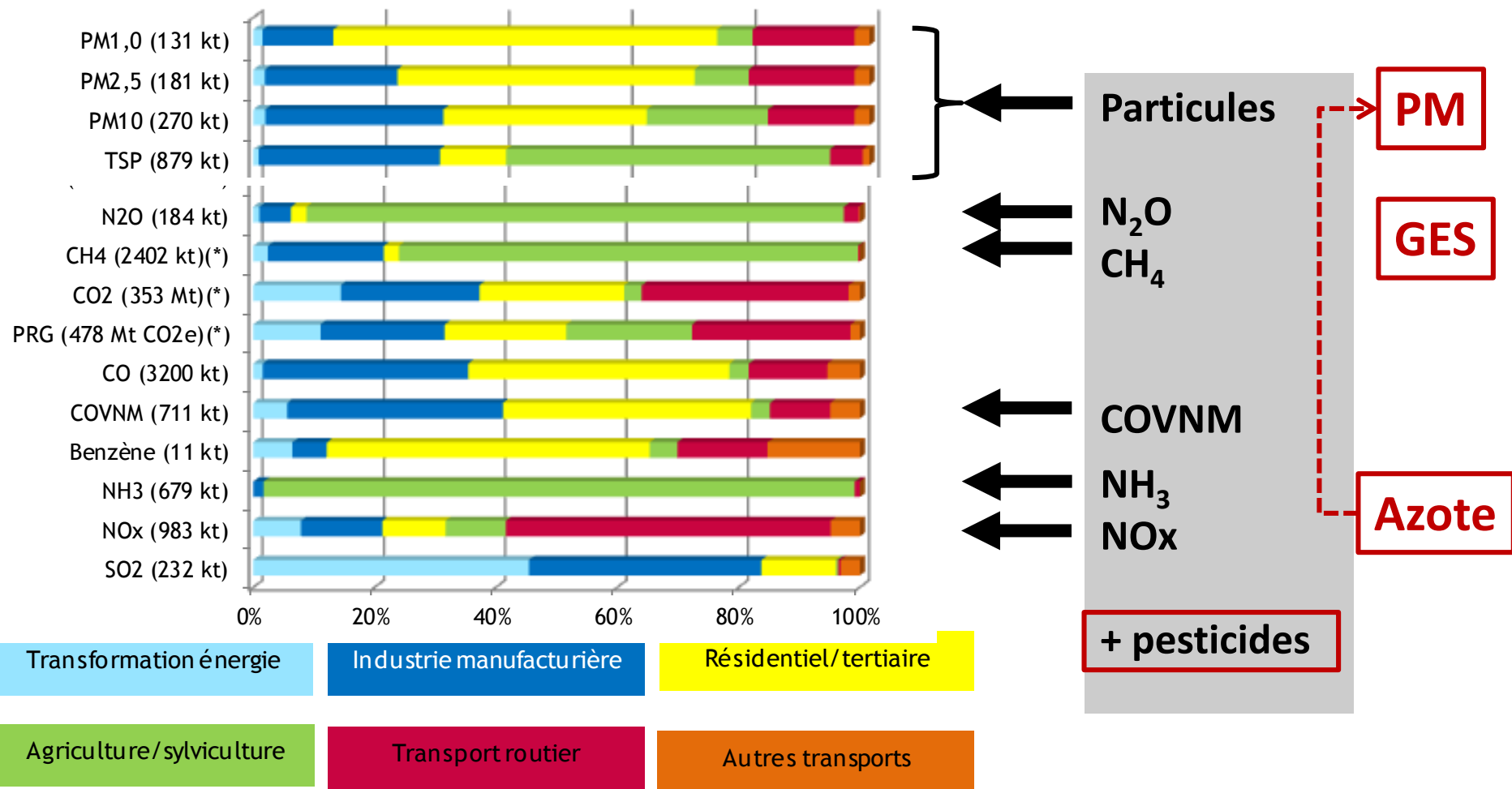
Systemes cultivés = 50%

(Source IFEN)	Superficie 2000 (en km ²)
Sols artificiels non bâtis	15 580
Sols artificiels bâtis	10 590
Routes et parkings	16 830
Forêts	150 490
Cultures annuelles	152 990
Roches et eaux	18 250
Cultures pérennes	12 830
Prairies	109 800
Landes, parcours et alpages	41 710
Haies, arbres épars et peupleraies	18 870

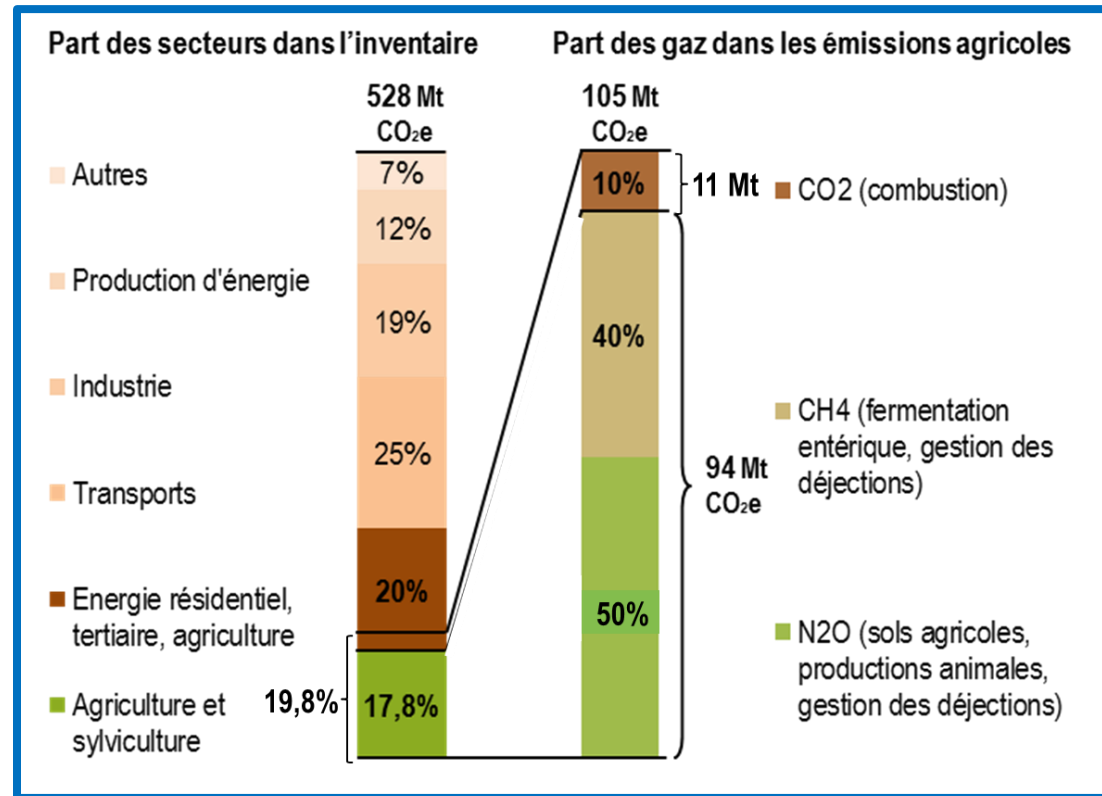
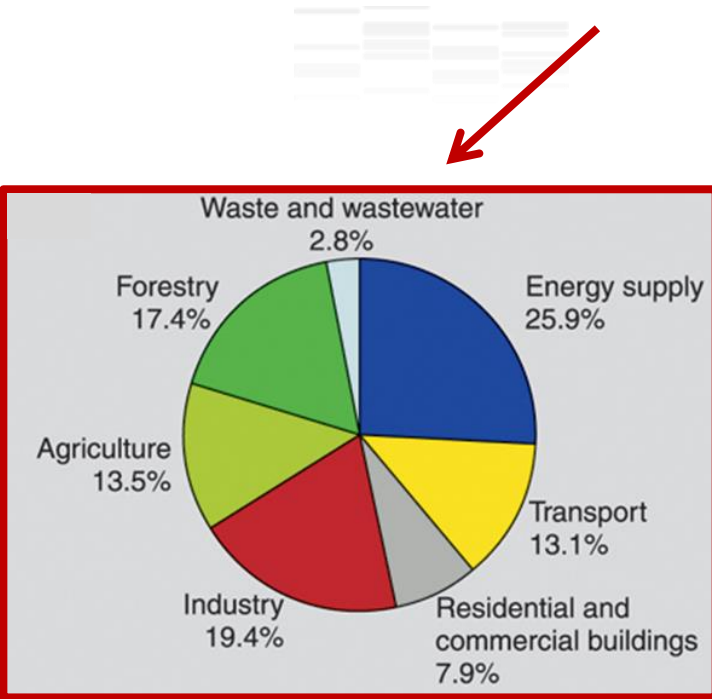
92%

... mais significatifs,
car ils se produisent sur des grandes étendues ou
concernent de grands nombres d'animaux

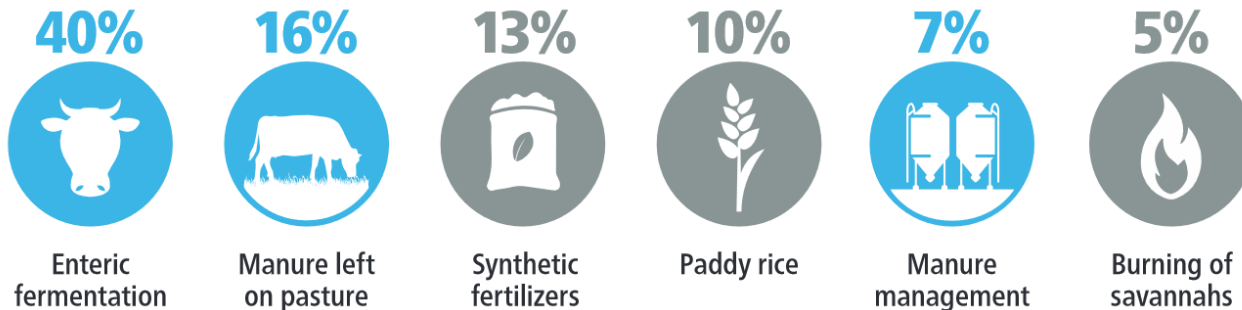
L'agriculture, une activité source de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre



Que représente l'agriculture dans les sources globales et nationales de gaz à effet de serre ?

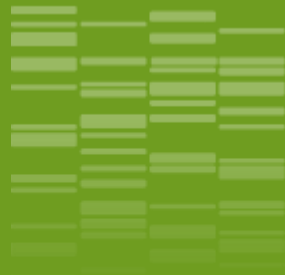


The largest emitters in agriculture are:



Figures are averages for the period 2001-2010

base des chiffres du CITEPA, 2012

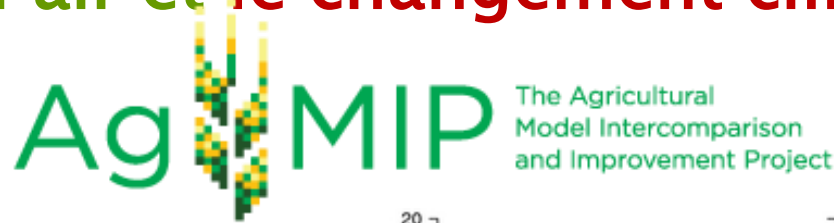


Introduction (2/3)

01

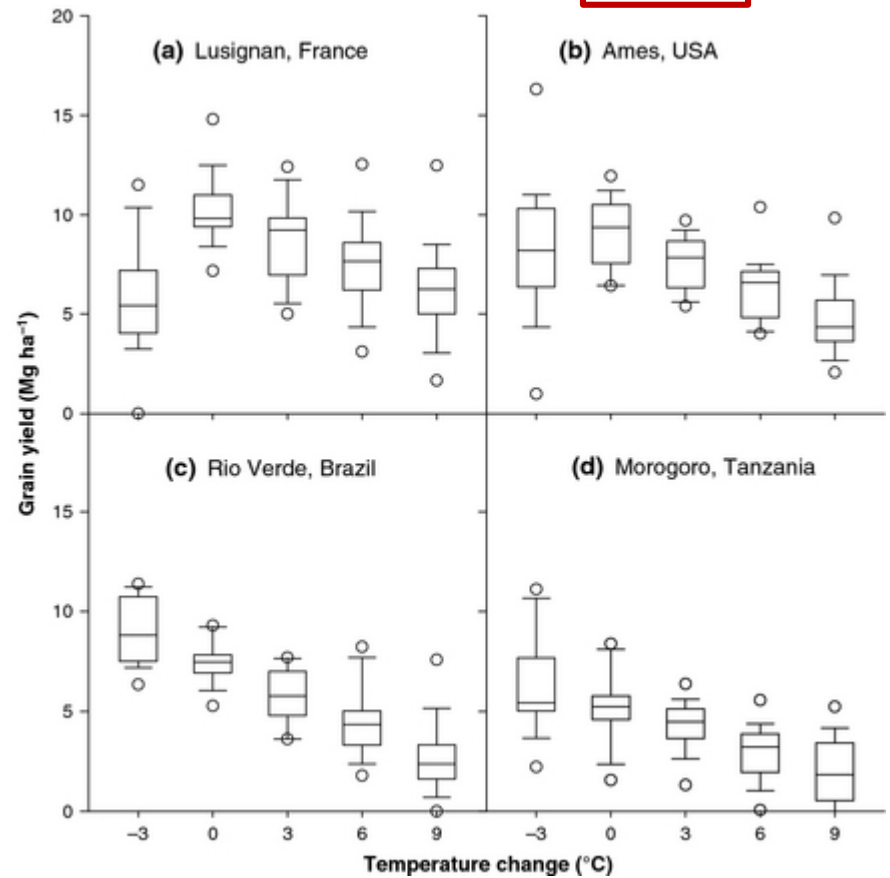
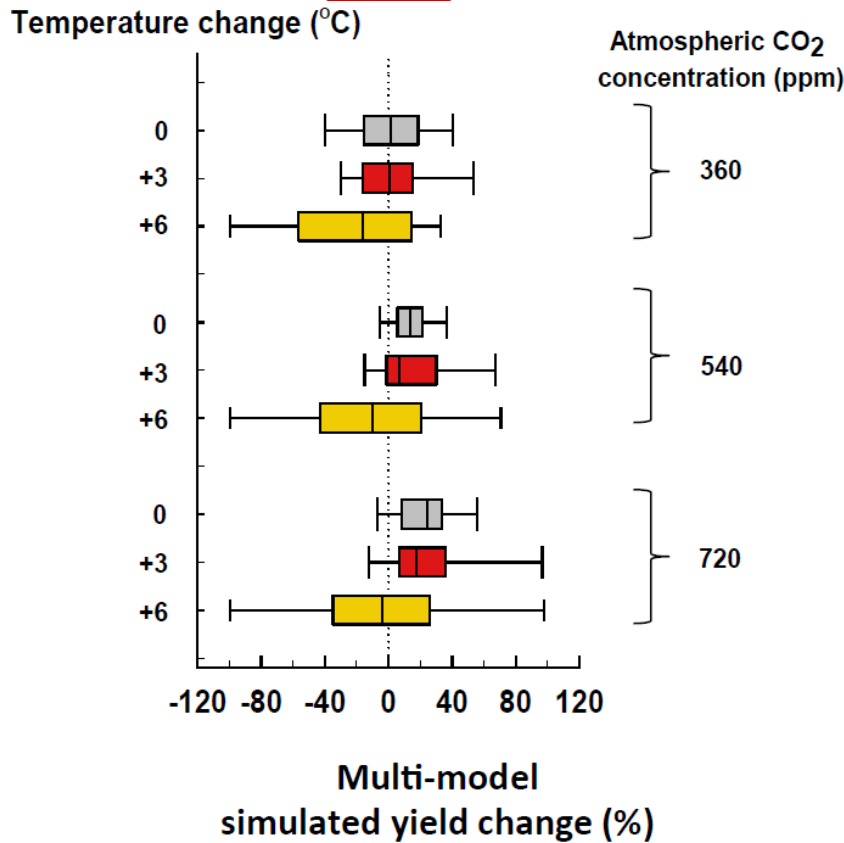
L'agriculture est très dépendante du climat et peut être affectée par la pollution de l'air

L'agriculture est directement affectée par la pollution de l'air et le changement climatique

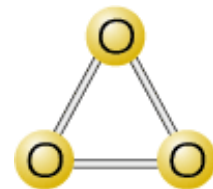


Blé

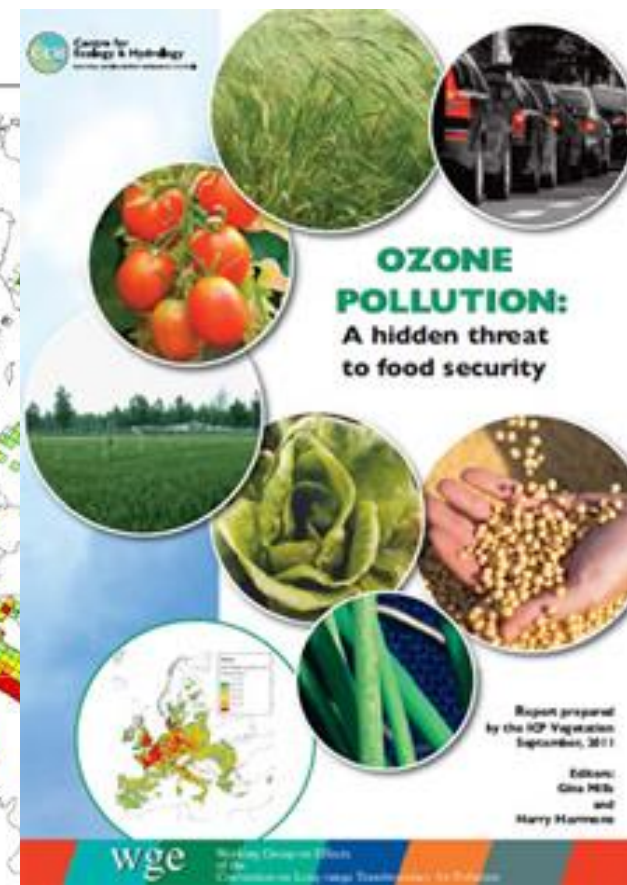
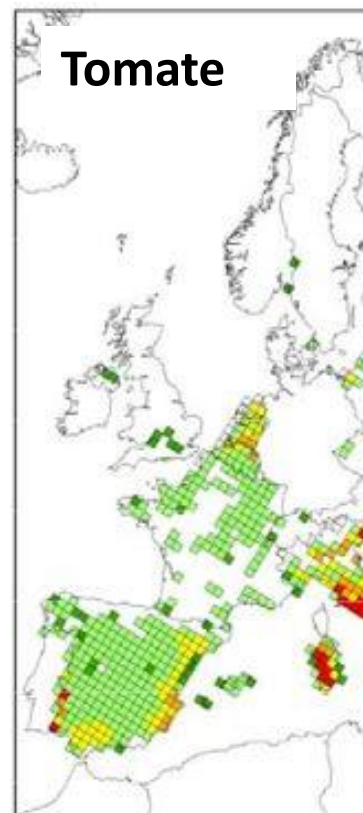
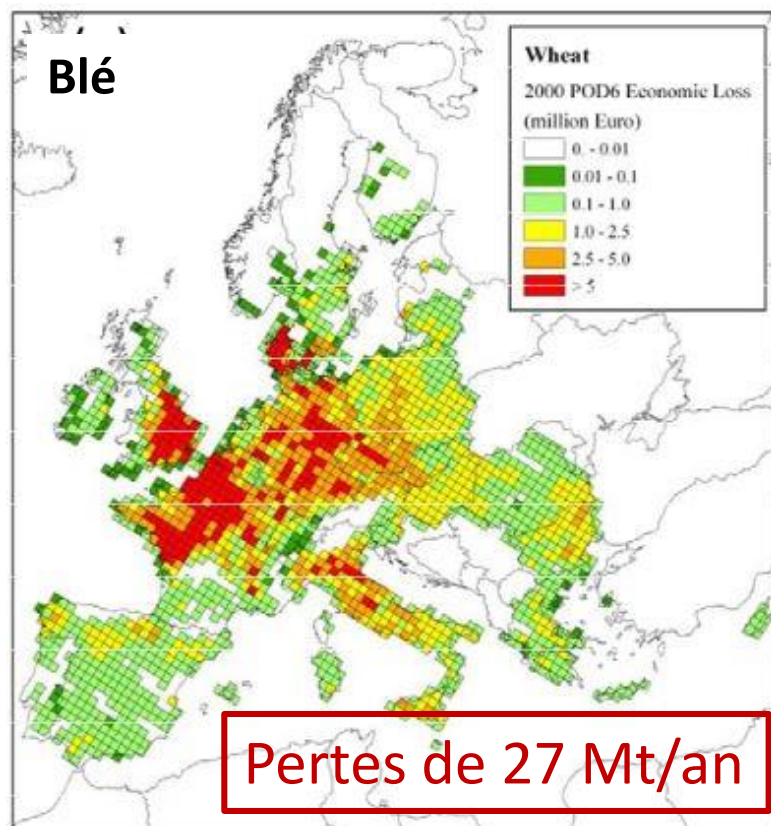
Maïs



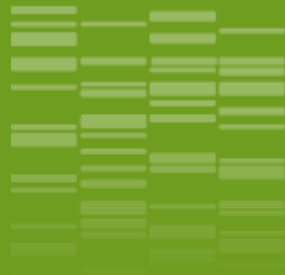
L'agriculture est directement affectée par la pollution de l'air et le changement climatique



Pour les variétés sensibles, les pertes de rendement sont de l'ordre de 10% dans nos régions, et peuvent dépasser 30% en zone méditerranéenne



Estimation des pertes économiques dues à l'ozone pour le blé et la tomate en Europe (ICP Vegetation, 2011)



Introduction (3/3)

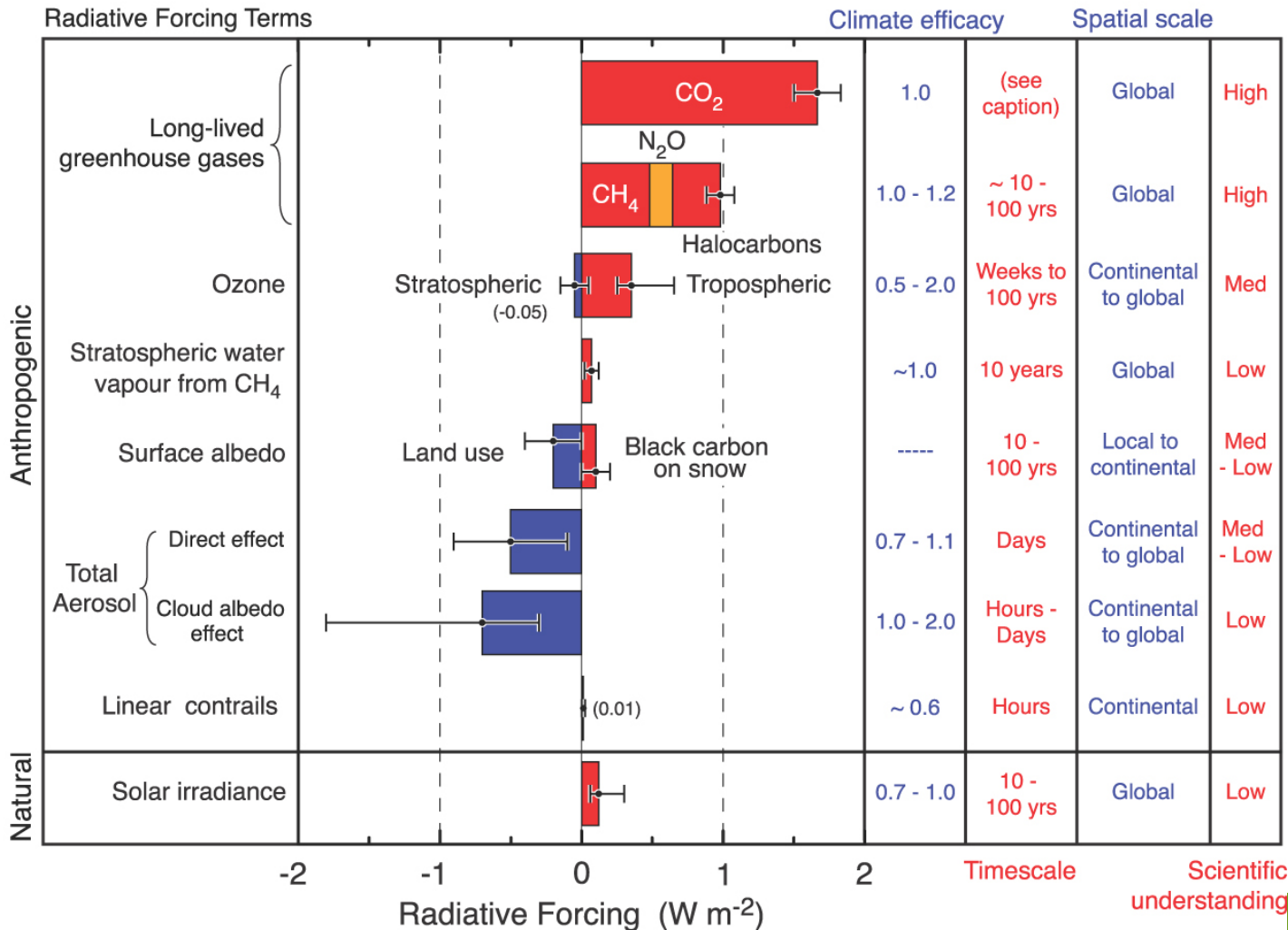
01

Les émissions et dépôts de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre peuvent être très liés dans les systèmes agricoles

Pouvoir de réchauffement global et émissions de polluants atmosphériques dans les agroécosystèmes et les forêts

A.

Radiative forcing of climate between 1750 and 2005



Dépôts, feux

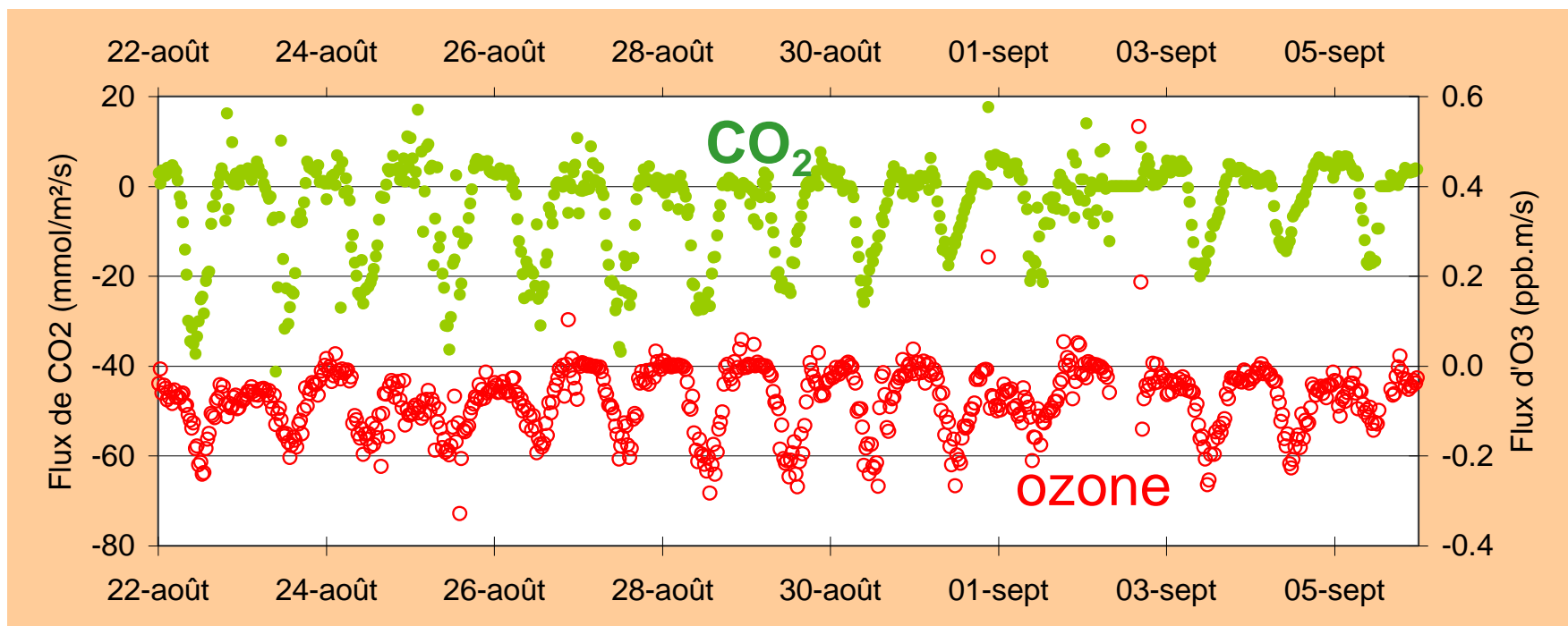
COV végétation
NO_x sols
N₂O sols

Changement d'usage des sols

NH₃ sol, élevage
COV végétation

Les écosystèmes absorbent des gaz à effet de serre et des polluants atmosphériques (dépôt)

Culture de Maïs, Grignon, 2002

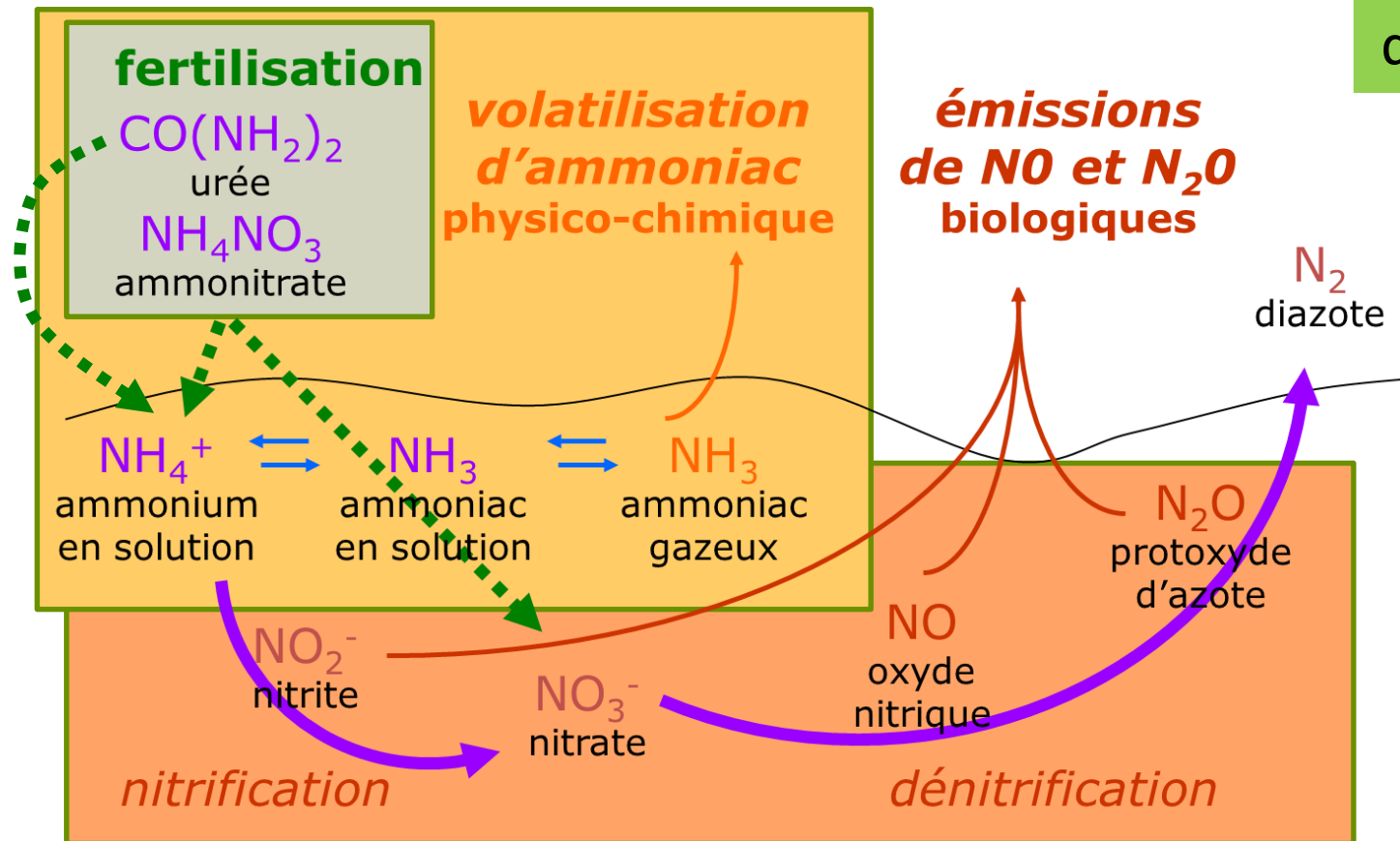


Les couverts végétaux peuvent absorber de 10 à 25% de l'ozone produit sur une journée

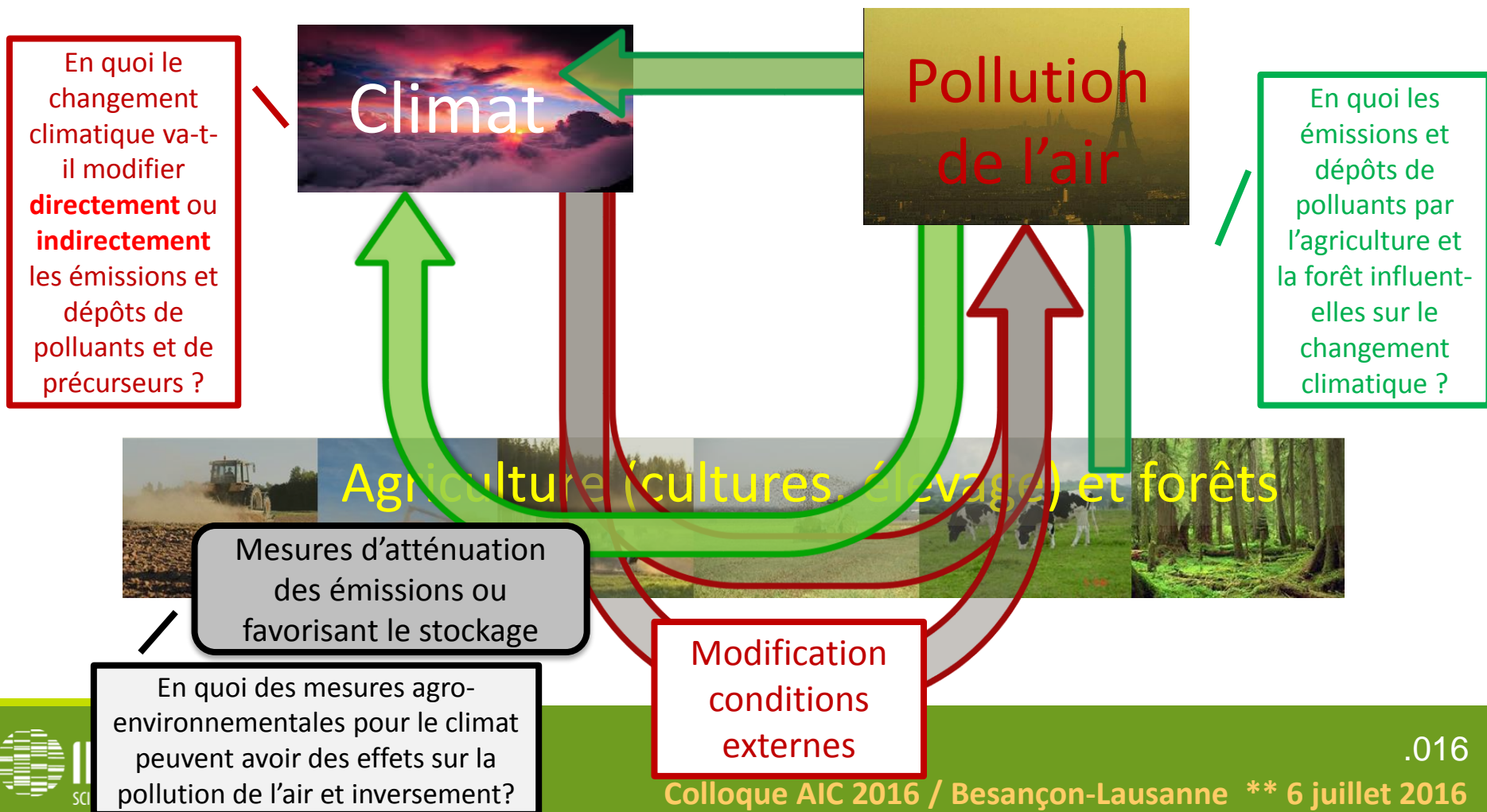
Des processus communs à l'origine d'émissions :

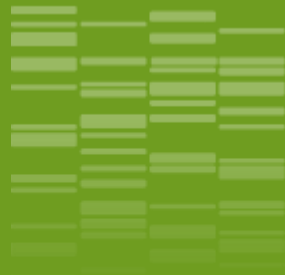
- de polluants (NH_3 , NO_x)
- de gaz à effet de serre (N_2O)
- de précurseurs ($\text{NH}_3 \rightarrow$ particules)

Exemple
du cycle
de l'azote



Agriculture/forêts, pollution de l'air et changement climatique : des interactions et rétroactions multiples et complexes

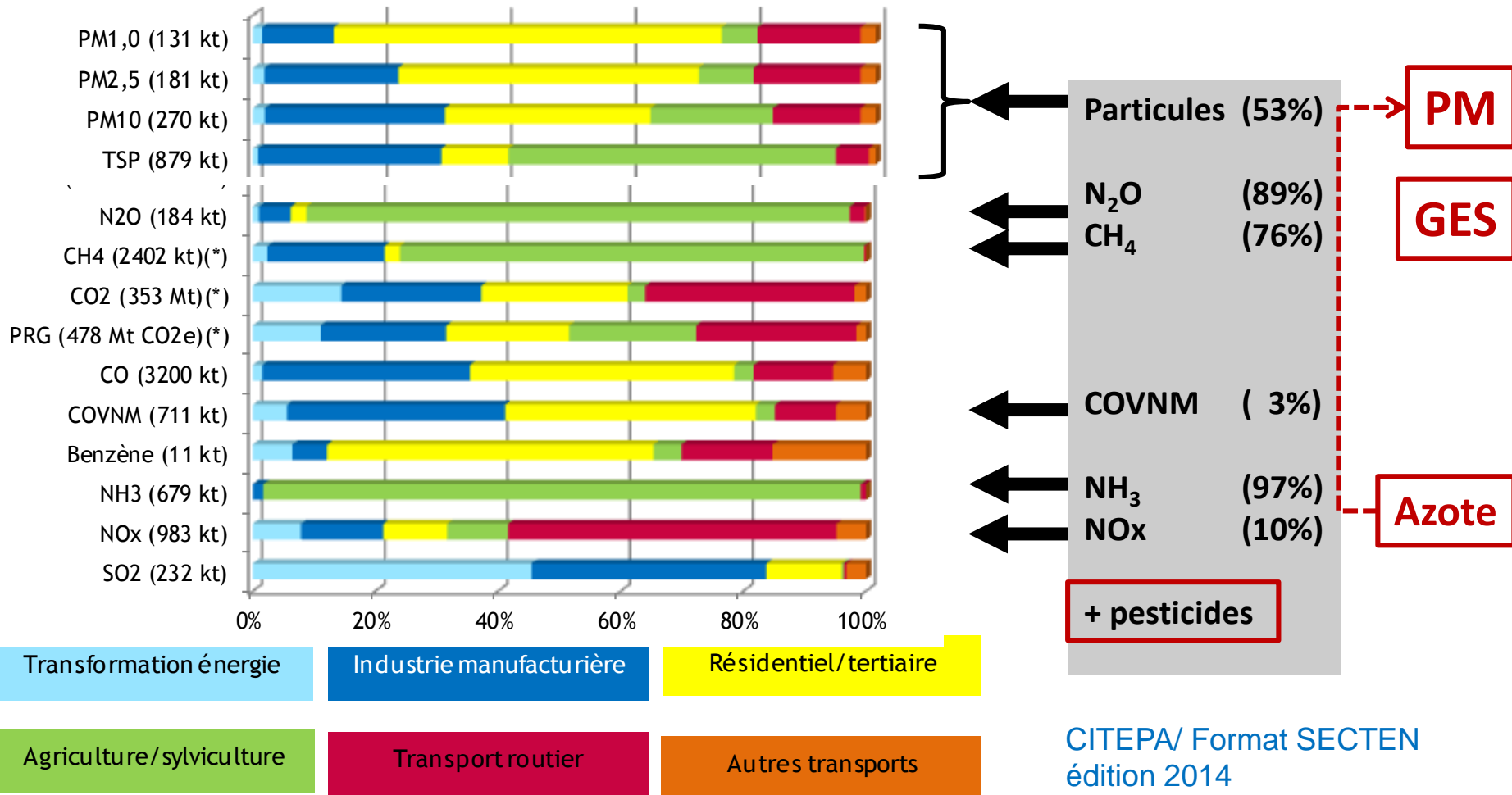




02

L'agriculture, source de polluants atmosphériques. Impacts possible du changement climatique.

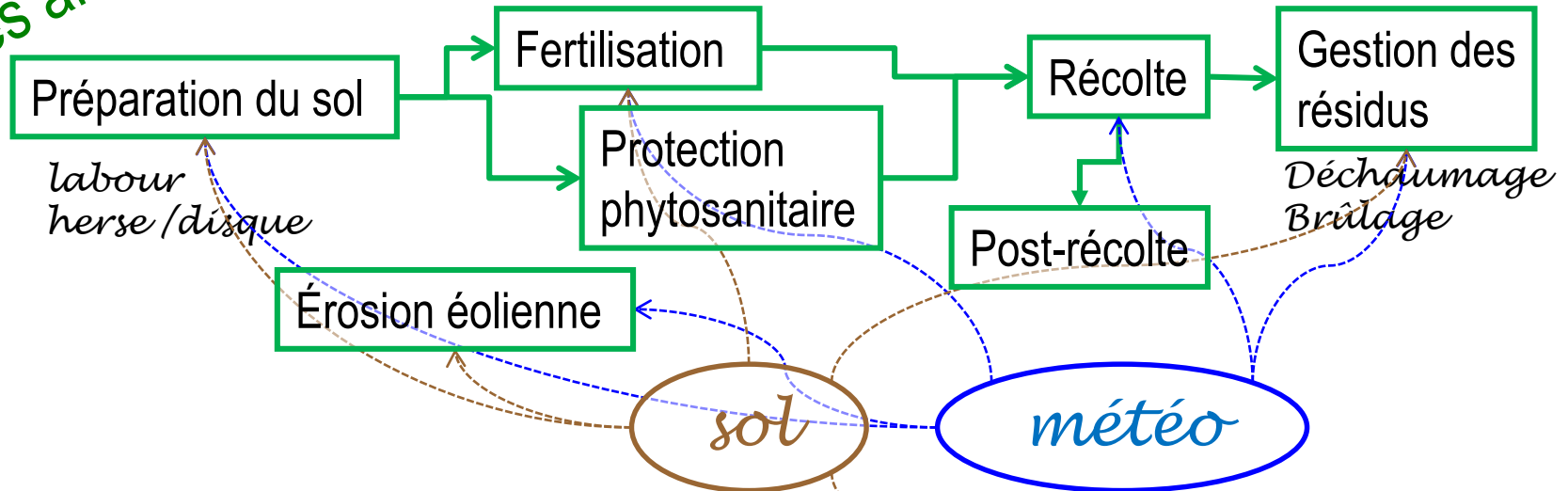
L'agriculture, une activité source (directe et indirecte) de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre



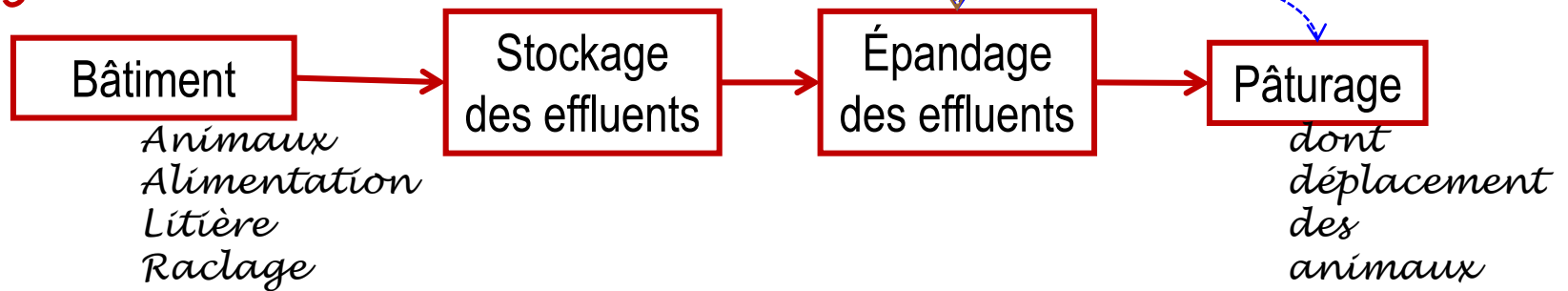
CITEPA/ Format SECTEN
édition 2014

Une multiplicité de sources, fortement impactées par le climat, le sol et les pratiques agricoles

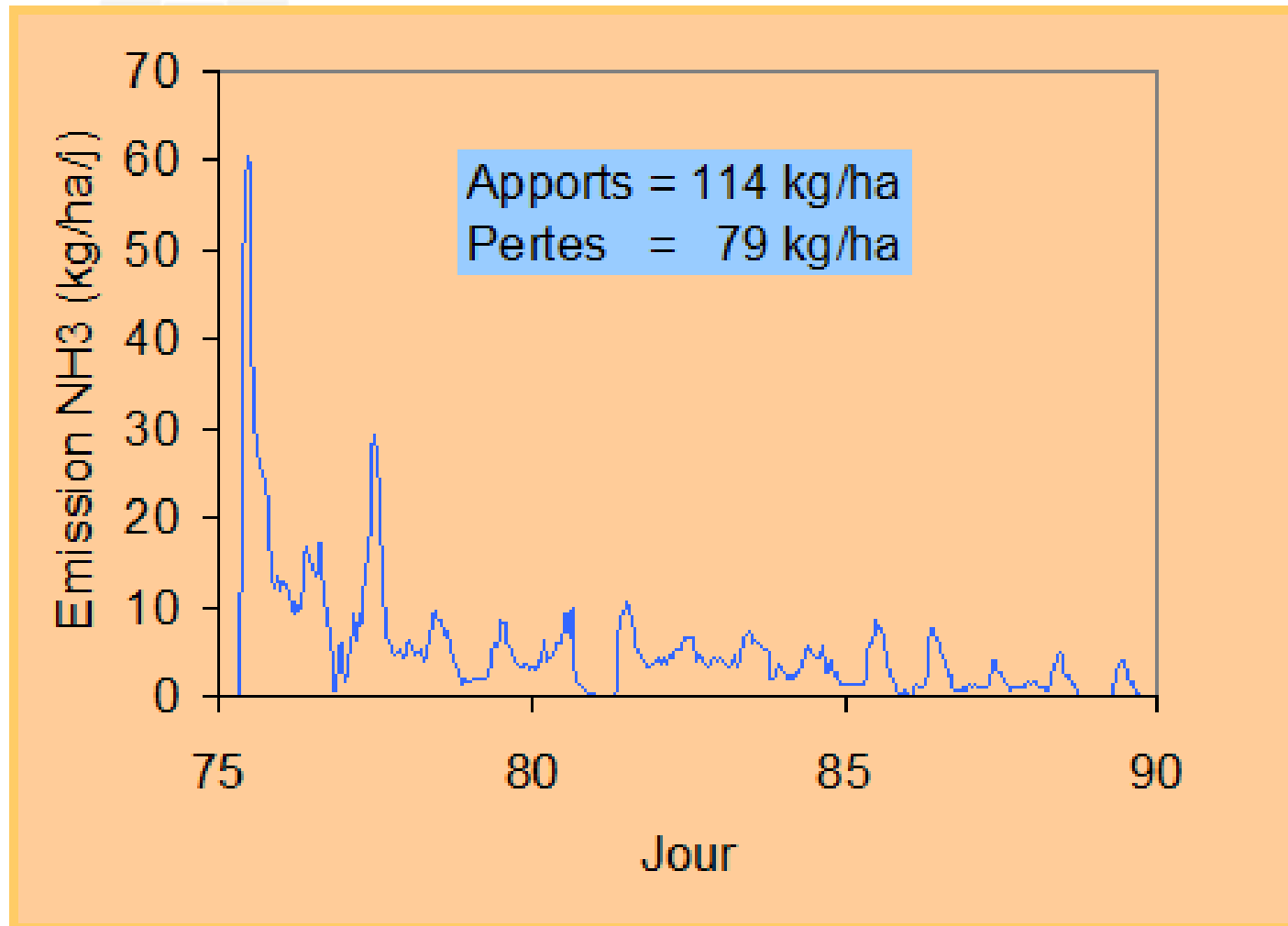
Terres arables



Elevage

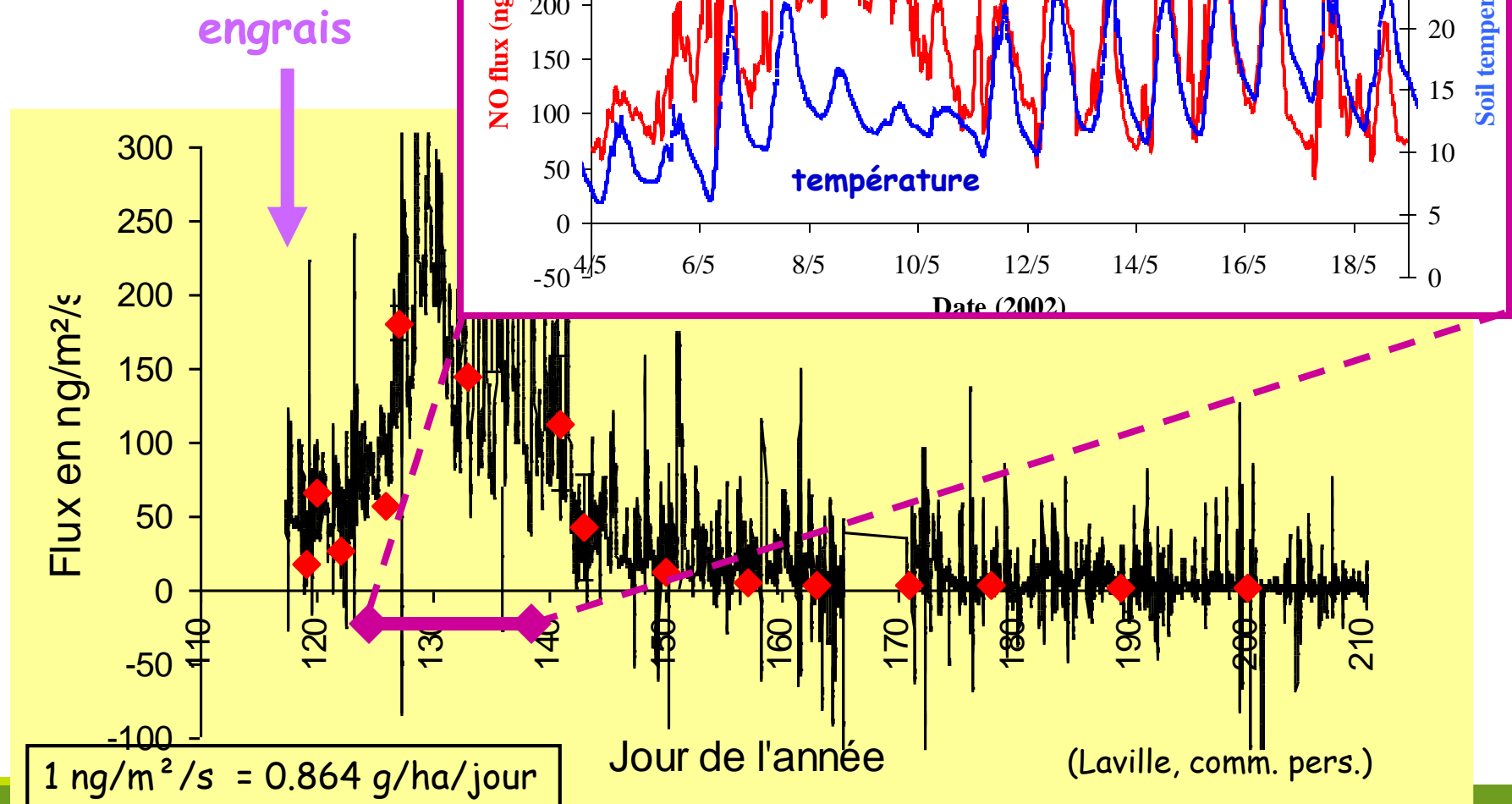


Un exemple : émissions d'ammoniac après un apport de lisier bovin en surface



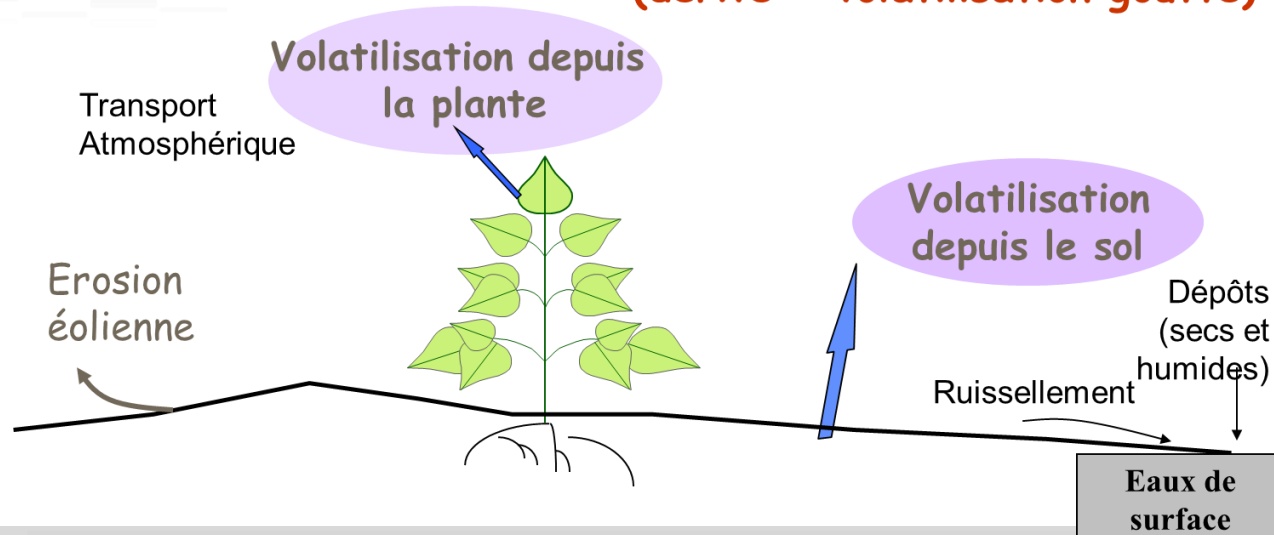
Un exemple : émissions de NO par le Maïs

Grignon, 2002

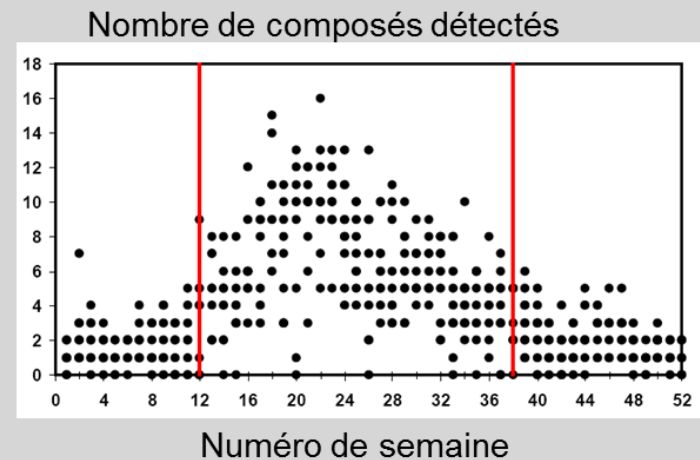
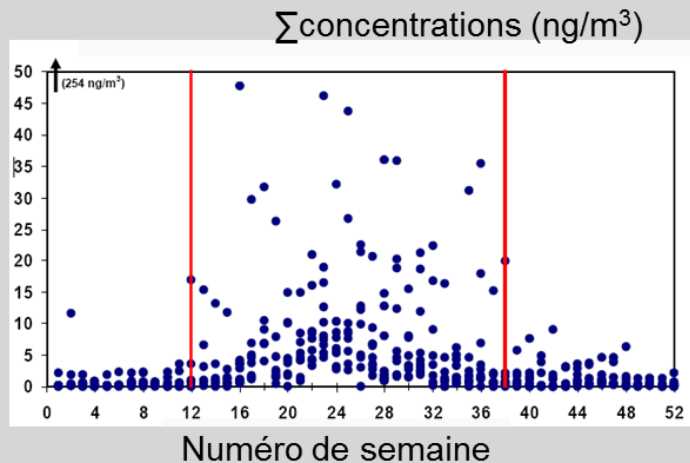


Émissions de pesticides vers l'atmosphère

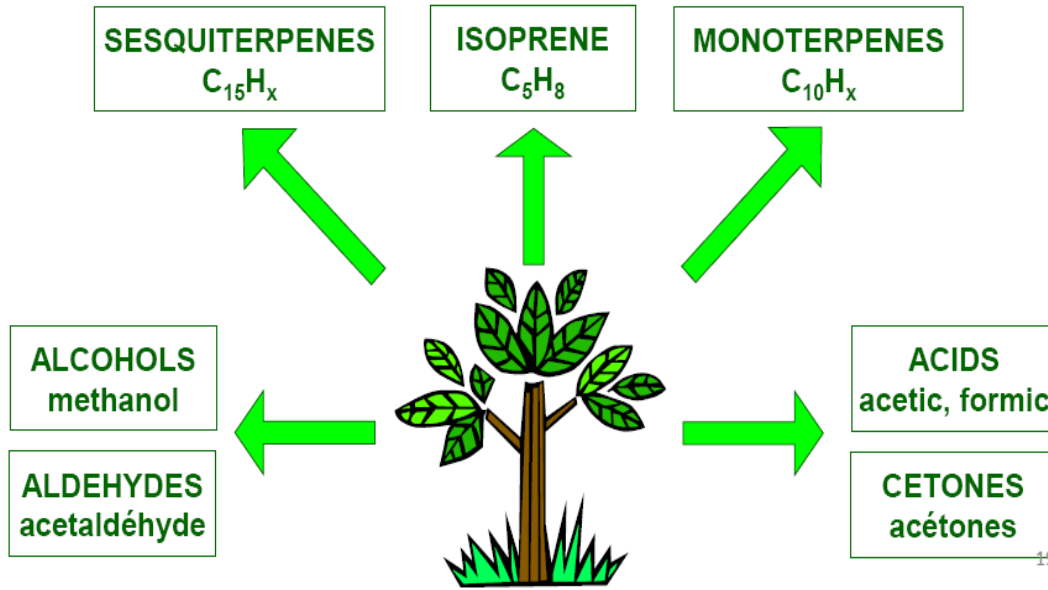
Pertes à l'application
(dérive + volatilisation goutte)



Données annuelles pour 2 sites



Émissions de composés organiques volatils par les écosystèmes



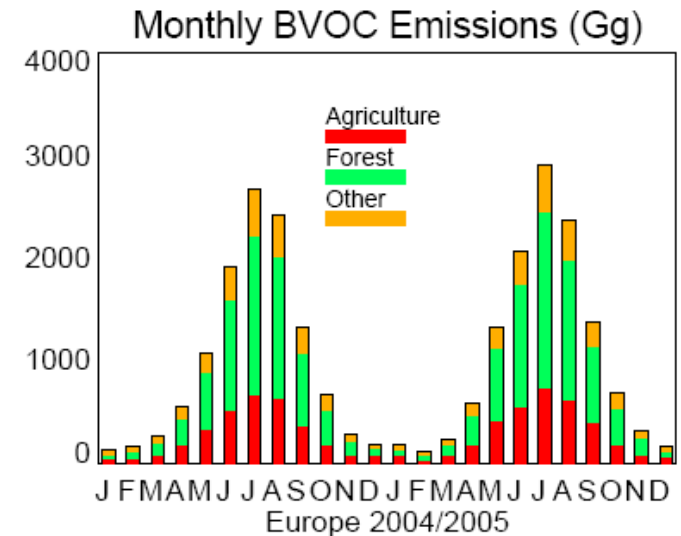
Facteurs :

- Température
- Rayonnement
- Type de plante
- Âge de la plante

.....

⇒ Variations

Spatio- temporelles



Variation saisonnière de la contribution des usages des sols aux émission totales de COV biogéniques (Europe)

Karl et al., 2009

Agriculture/forêts, pollution de l'air et changement climatique : des interactions et rétroactions multiples et complexes



En quoi le changement climatique va-t-il modifier les émissions et dépôts de polluants et de précurseurs ?

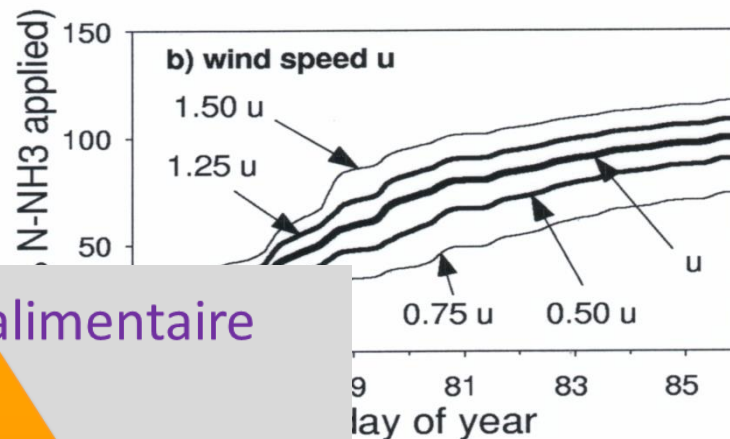
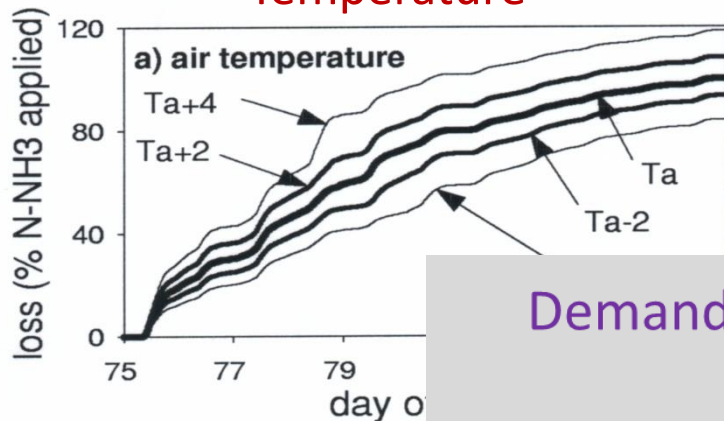


- Modification des conditions de température
- Modification de la pluviométrie → teneur en eau des sols, irrigation, ...
- Modification de l'ensoleillement
- ...

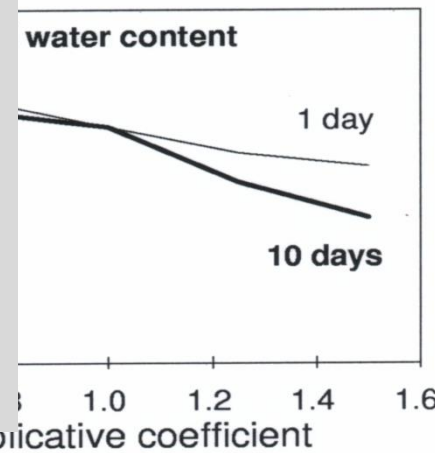
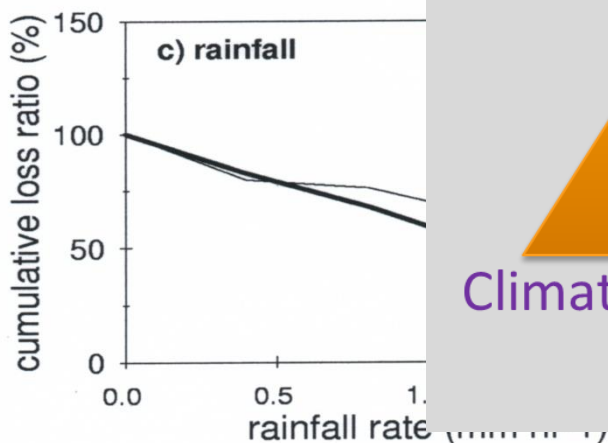
Sensibilité de la volatilisation d'ammoniac aux facteurs climatiques

Modèle Volt'Air (Génermont *et al.*, 1997)

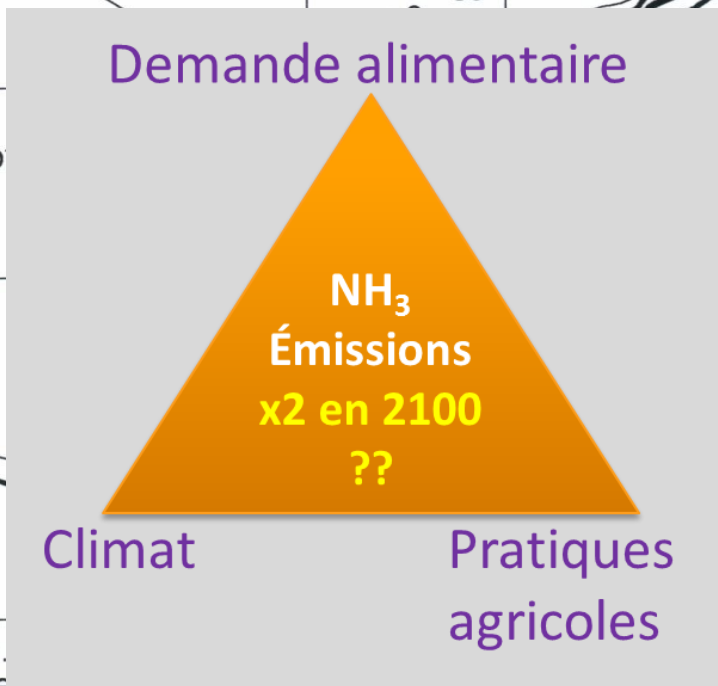
Température

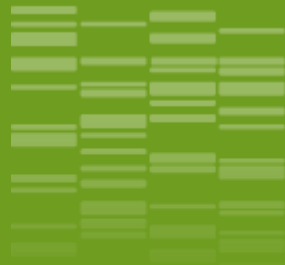


Vent



Teneur en eau du sol





03

L'agriculture, un puits pour les polluants atmosphériques. Impacts possibles sur le changement climatique.

Agriculture/forêts, pollution de l'air et changement climatique : des interactions et rétroactions multiples et complexes

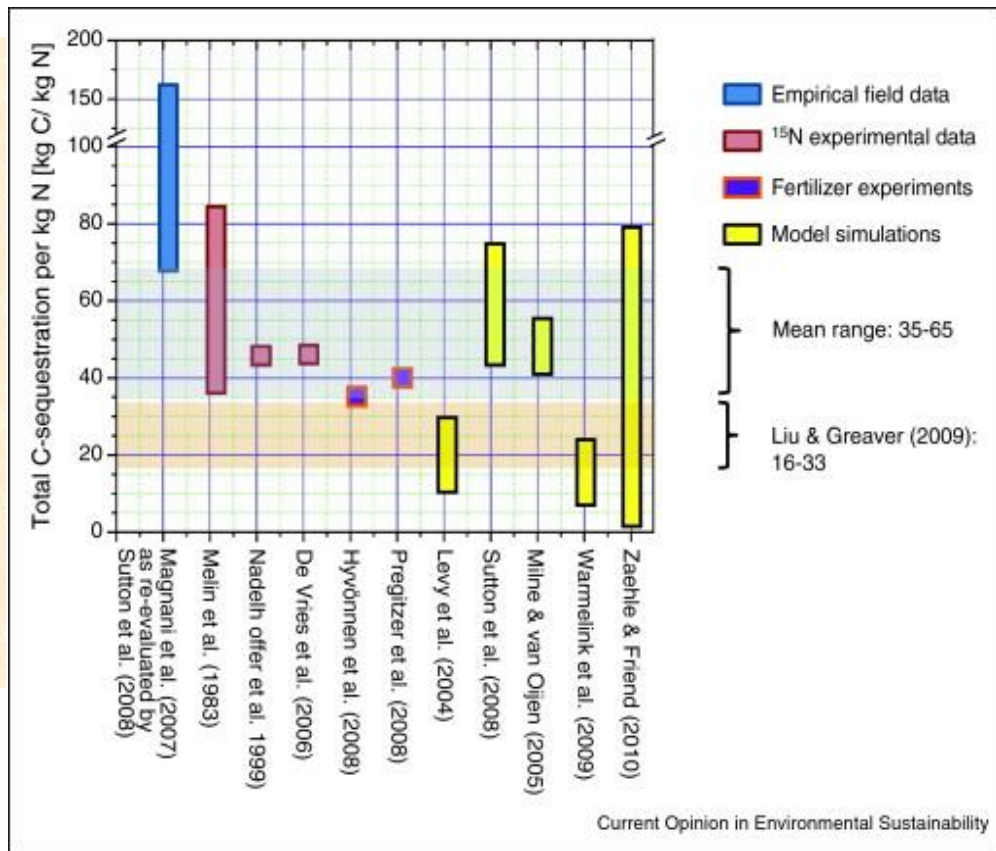
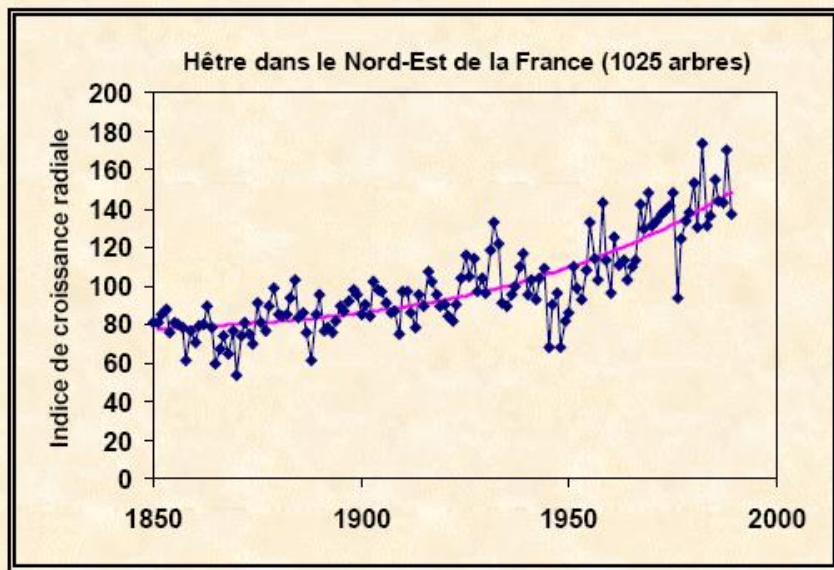
En quoi les émissions et dépôts de polluants sur les écosystèmes influent-ils sur le changement climatique ?



- Dépôts atmosphériques et stockage de carbone
- Modification du potentiel de stockage de carbone par les écosystèmes (ozone, ...)
- ...

Dépôts d'azote, productivité des écosystèmes et stockage de carbone

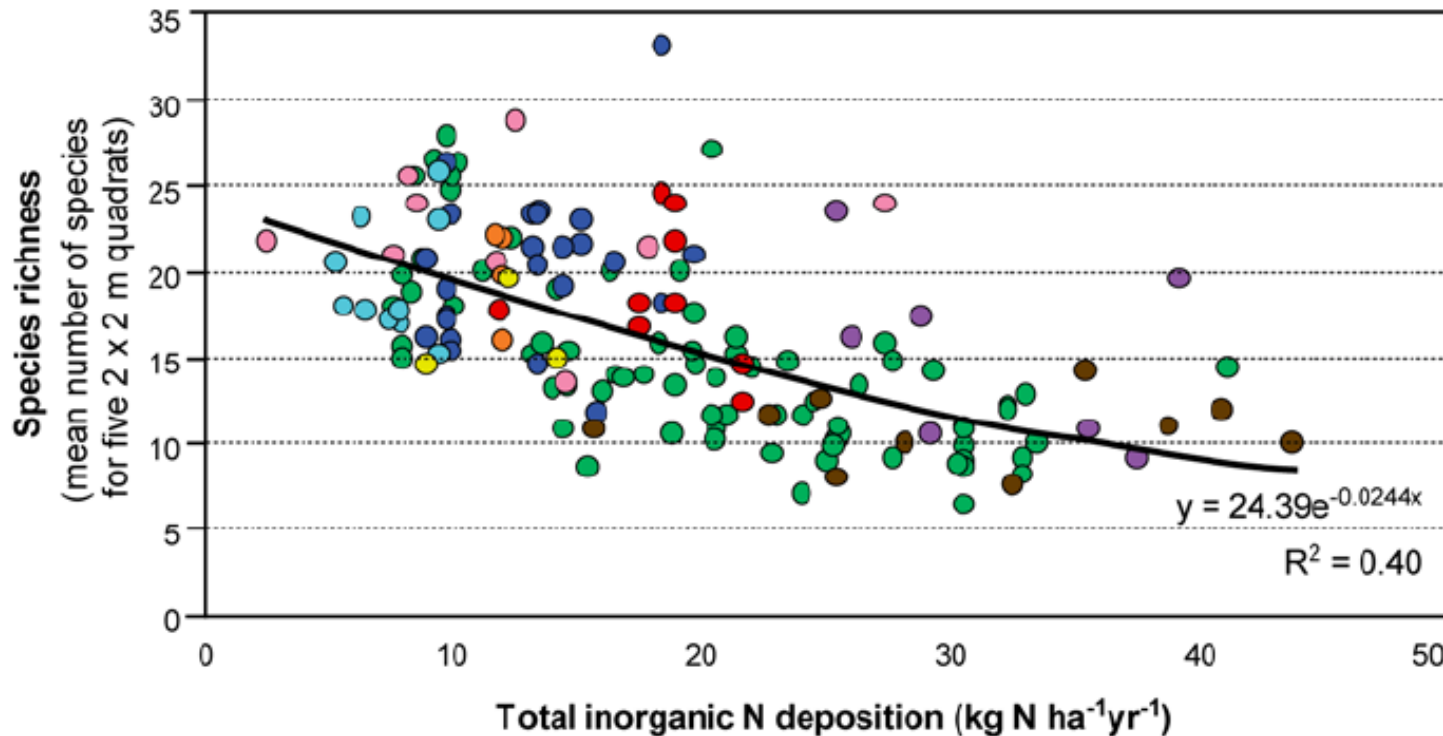
Beech productivity in the North East of France



Sutton et al., GCB 2008 : C:N = 50-75:1
De Vries et al., 2008 : C:N = 30-70:1
Erisman et al., 2011 : C:N = 30-65:1

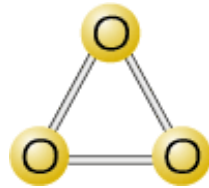
Gammes observées ou calculées de la séquestration de carbone par kg d'azote apporté dans la biomasse aérienne et le sol pour des forêts et des landes (Erisman et al., 2011)

Mais l'azote, et en particulier les dépôts atmosphériques sont l'une des principales menaces sur la biodiversité



Richesse botanique en fonction du dépôt total de N inorganique pour 153 prairies sur sols acides en Europe de l'Ouest (Stevens et al, 2010)

Un autre effet marqué de la pollution de l'air sur la production végétale : l'exemple de l'ozone



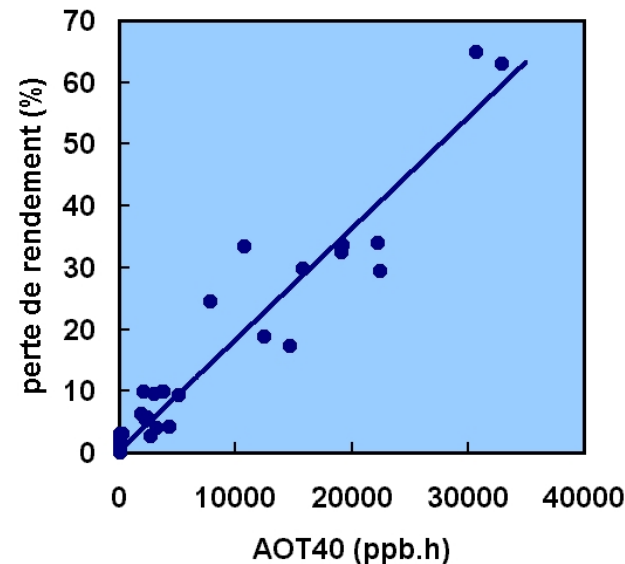
Des effets qui varient avec la concentration et le temps d'exposition

Fortes concentrations : dégâts foliaires (régions méditerranéennes)



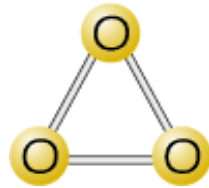
Photo : ICP Vegetation

Concentrations moyennes : perturbations du métabolisme et diminution des rendements



Relation dose-impact pour le blé

Un autre effet marqué de la pollution de l'air sur la production végétale : l'exemple de l'ozone



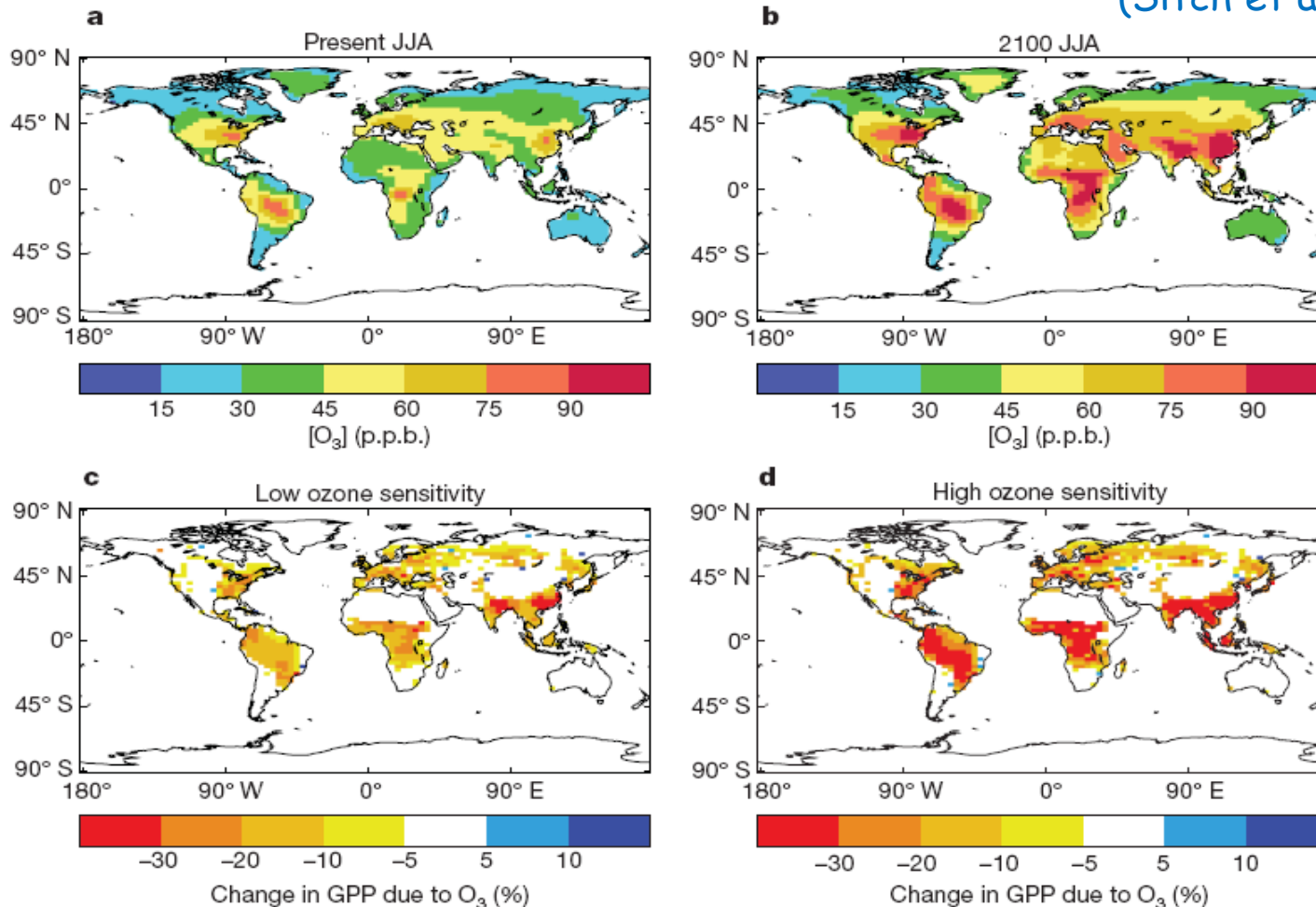
Des effets qui varient en fonction des types de cultures

Espèces sensibles à l'ozone	Espèces modérément sensibles à l'ozone	Espèces tolérantes à l'ozone
Blé Soja Cotonnier Melon Légumes à gousse (Haricots, pois, fèves...) Navet Oignon Laitue Tomate	Betterave Colza Pomme de terre Tabac Riz Vigne Chou Maïs Luzerne	Orge Prunier Fraisier Seigle Broccoli

Sensibilité à l'ozone des principales espèces agricoles et horticoles (Mills *et al*, 2007, ICP Vegetation, 2011). Effet sur le rendement.

L'impact de l'ozone a des conséquences sur le stockage de carbone à l'échelle globale

(Sitch et al., 2007)



**Scénario
SRES-A2**

**Figure 1 | Temporal c
primary productivity.
p.p.b. averaged over J
the year 2100 under t**

**Perte de productivité des écosystèmes (GPP)
pour différentes hypothèses de sensibilité à l'ozone à échéance 2100**

L'impact de l'ozone a des conséquences sur le stockage de carbone à l'échelle globale

Comparaison entre l'effet radiatif de l'ozone (symboles) et la diminution de stockage de C due à la perte de GPP (production primaire des écosystèmes) pour différentes hypothèses de sensibilité à l'ozone

(Sitch et al., 2007)

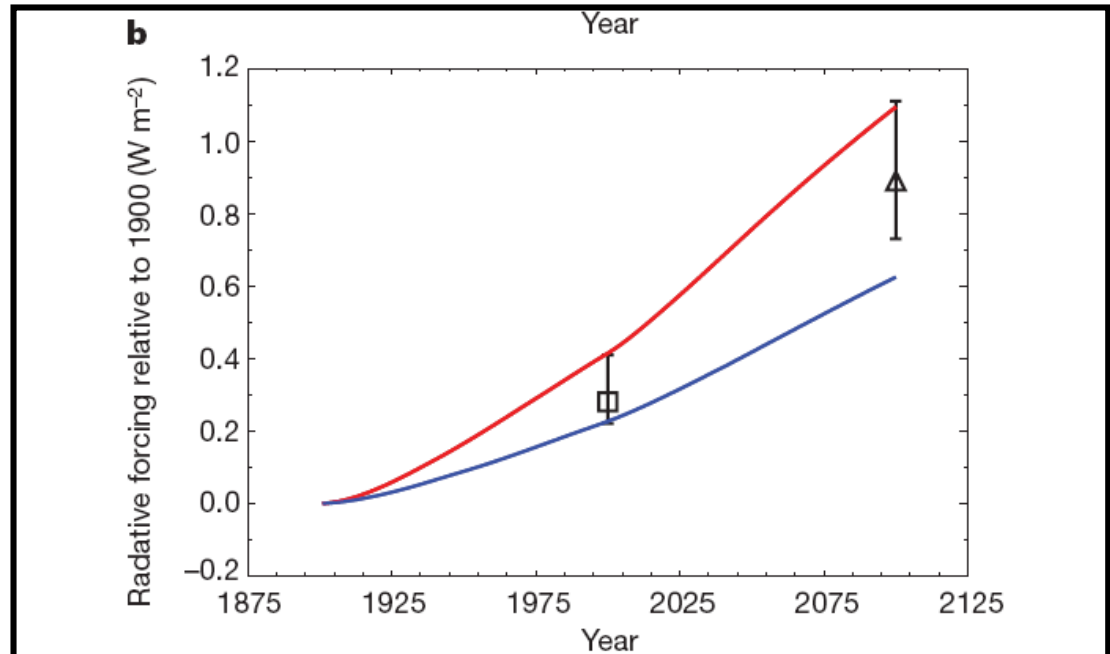
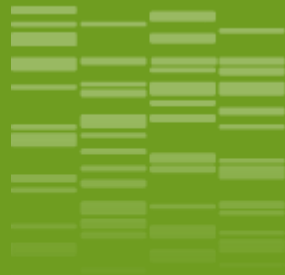


Figure 2 | Temporal changes in land carbon storage and radiative forcing due to ozone. a, b, Simulated change in land carbon storage (a) and indirect radiative forcing due to O₃ increases alone (b), for 'high' (red) and 'low' (blue) plant sensitivities to ozone. These results are diagnosed from model simulations using a fixed pre-industrial CO₂ concentration. For comparison, estimates of the direct radiative forcing due to O₃ increases are shown by the bars in b. Present-day direct radiative forcing comes from the

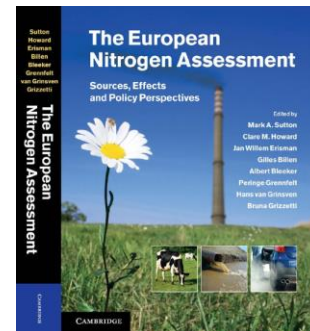
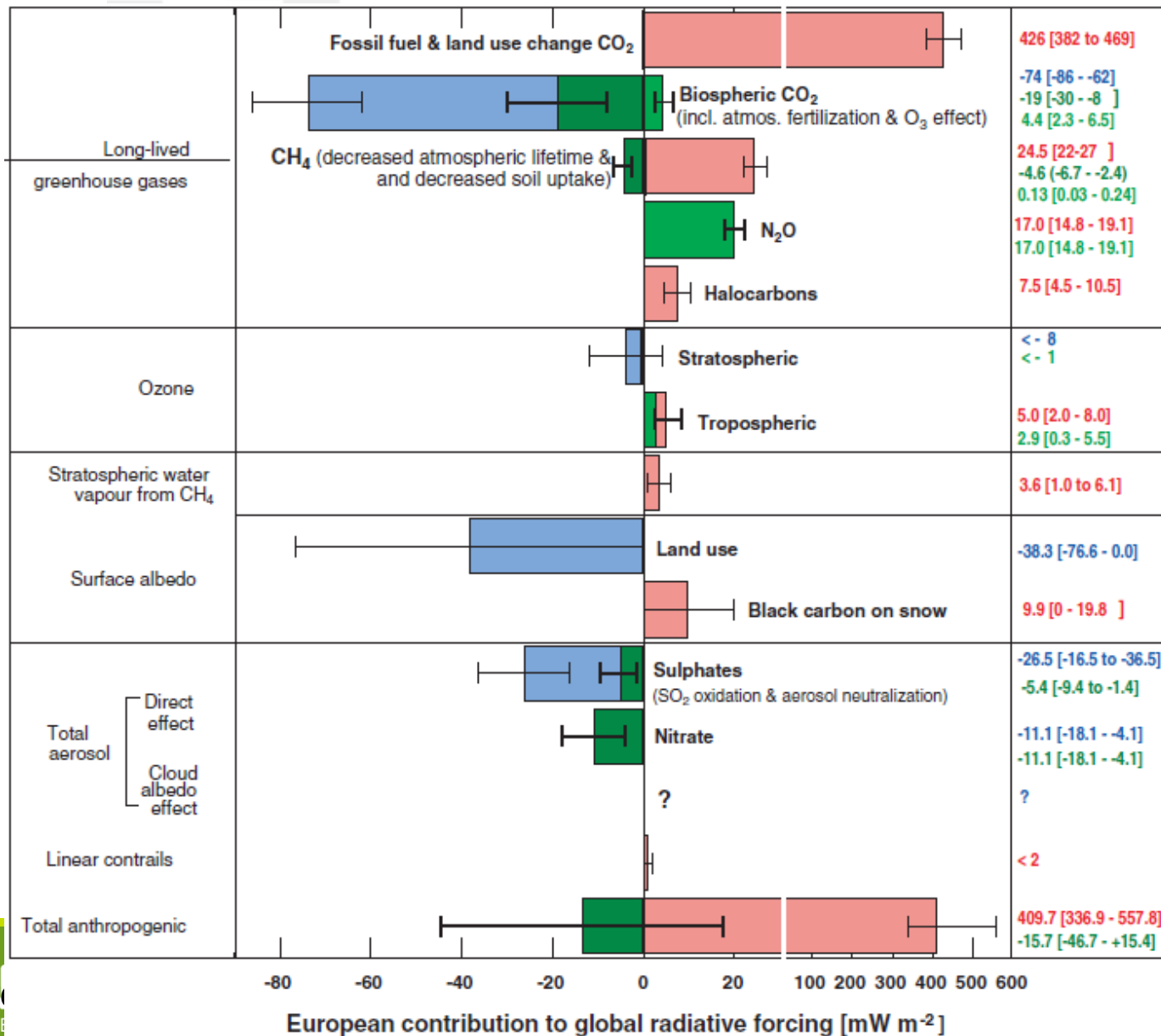
035



04

Agriculture, changement climatique et pollution de l'air : besoins d'évaluations intégrées.

Azote et changement climatique : un bilan complexe, des interactions avec d'autres problématiques environnementales

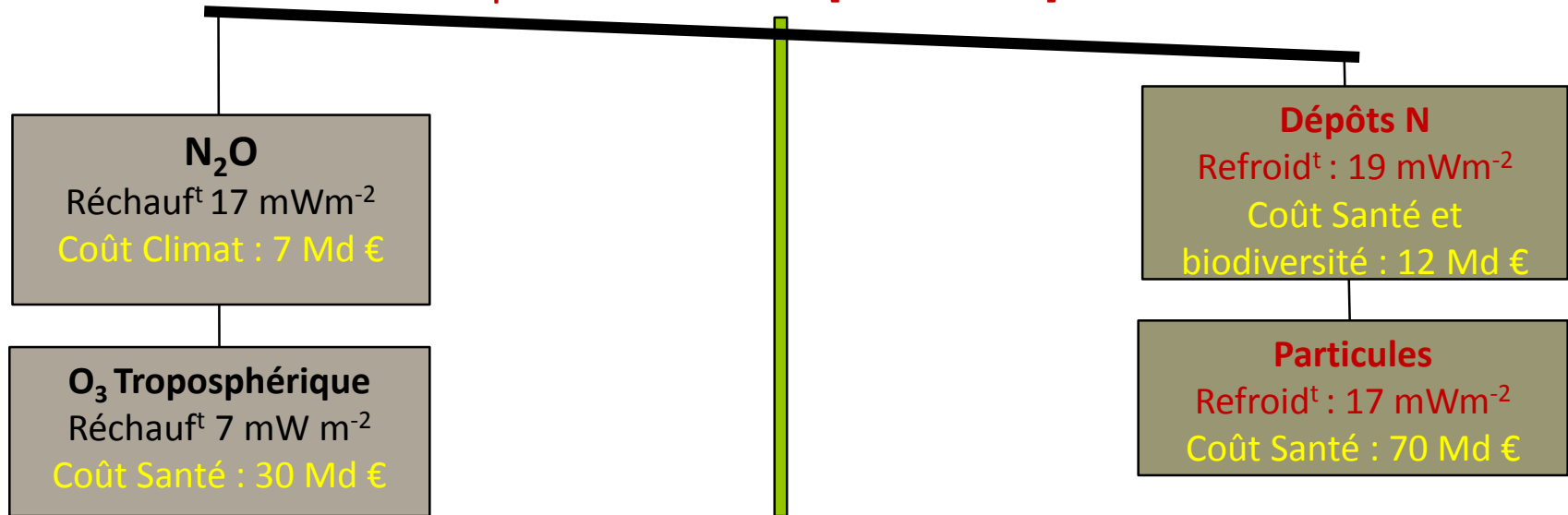


Butterbach-Bahl
et al. (2011)

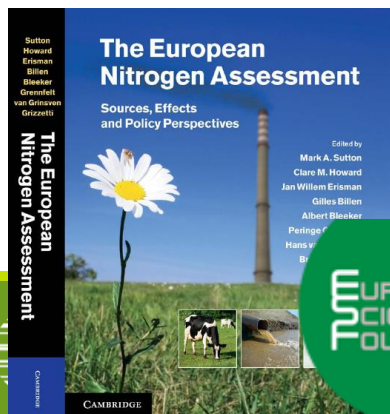
Azote et changement climatique : un bilan complexe, des interactions avec d'autres problématiques environnementales

d'après Sutton et al., 2011.
The European N assessment

Bilan du PRG pour l'UE27: -12 $[-47$ to $+16]$ mW m^{-2}



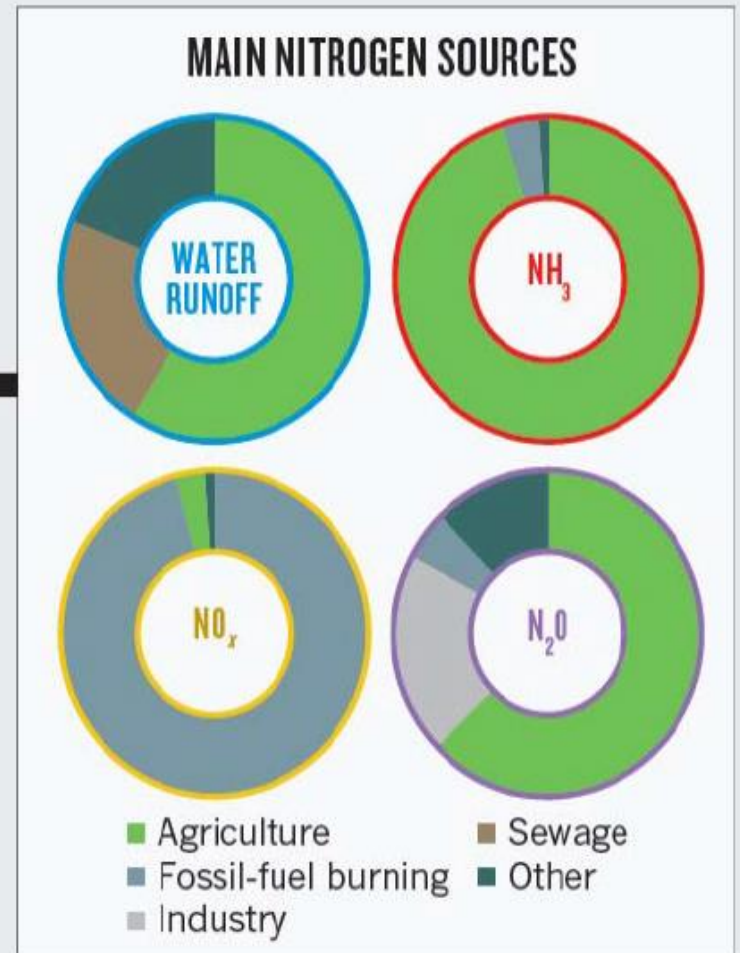
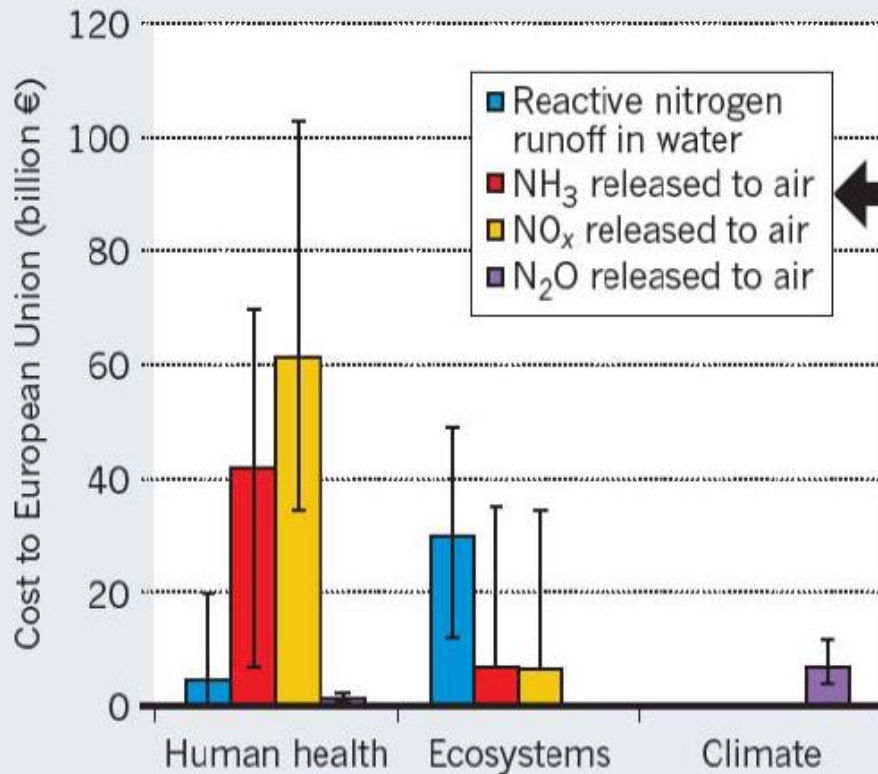
Les effets de l'azote sur le climat s'équilibrent plus ou moins, mais on ne peut pas compter sur les effets refroidissants des aérosols et des dépôts atmosphériques, qui ont des coûts sociétaux très importants pour la santé et les écosystèmes.



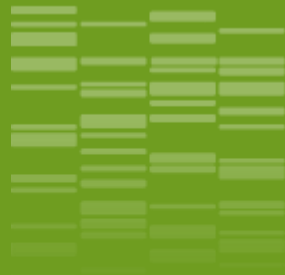
Ces impacts ont des coûts importants pour la société

DAMAGE COSTS OF NITROGEN POLLUTION

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



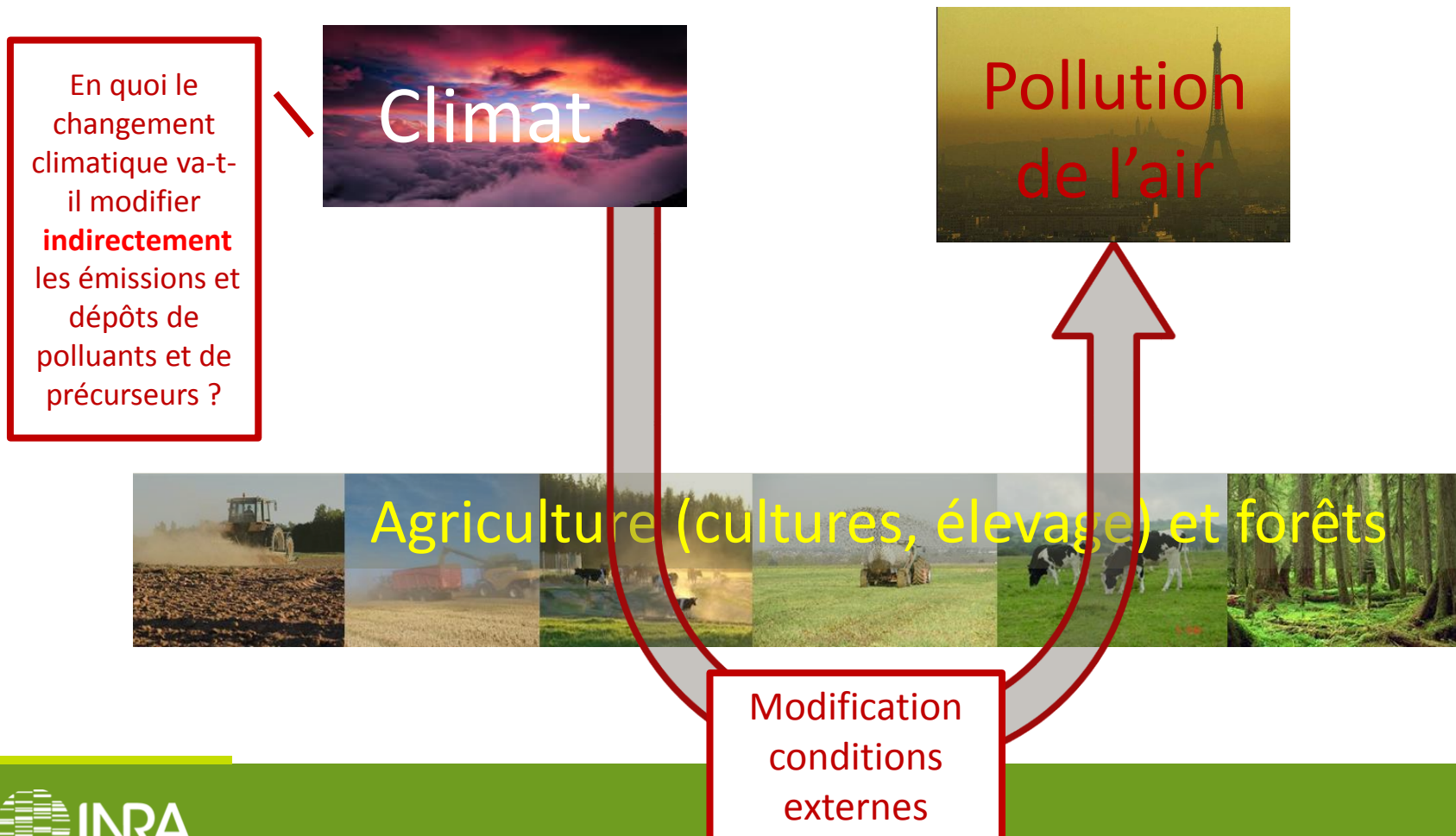
Van Grinsven et al. (2011), European N assessment



05

**Agriculture, changement
climatique et pollution de l'air :
des effets indirects, pas
forcément attendus.**

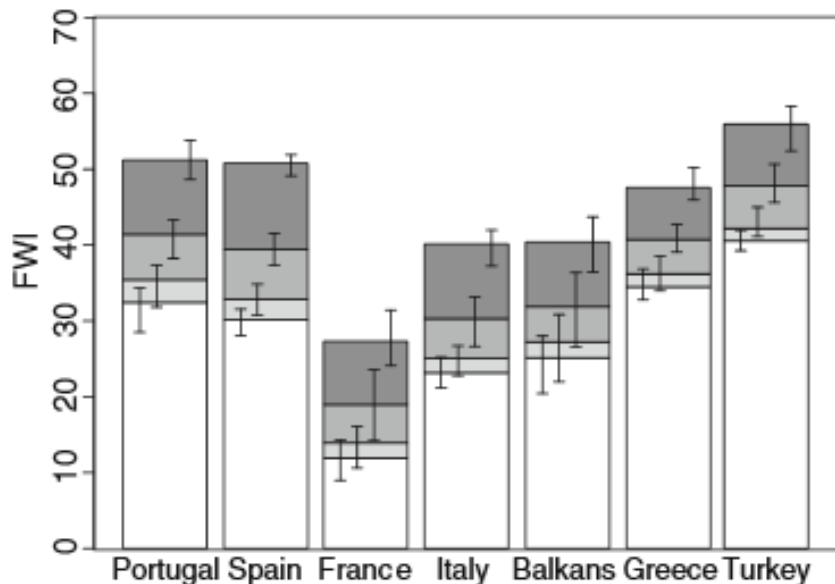
Agriculture/forêts, pollution de l'air et changement climatique : des interactions et rétroactions multiples et complexes



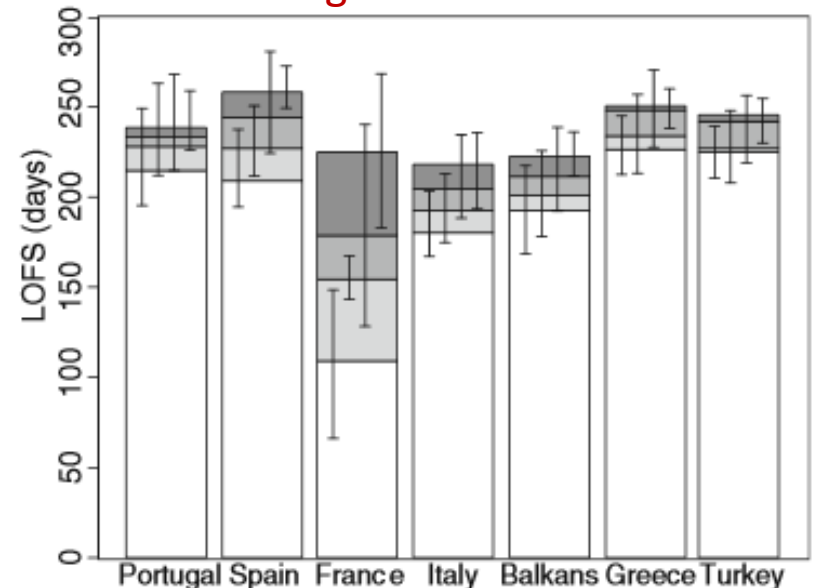
Risques d'augmentation de la fréquence de feux

Changement climatique → augmentation du risque de sécheresse et de la longueur de la saison propice aux feux

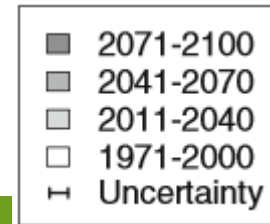
FWI = Fire Weather Index



LOFS = Length of Fire Season

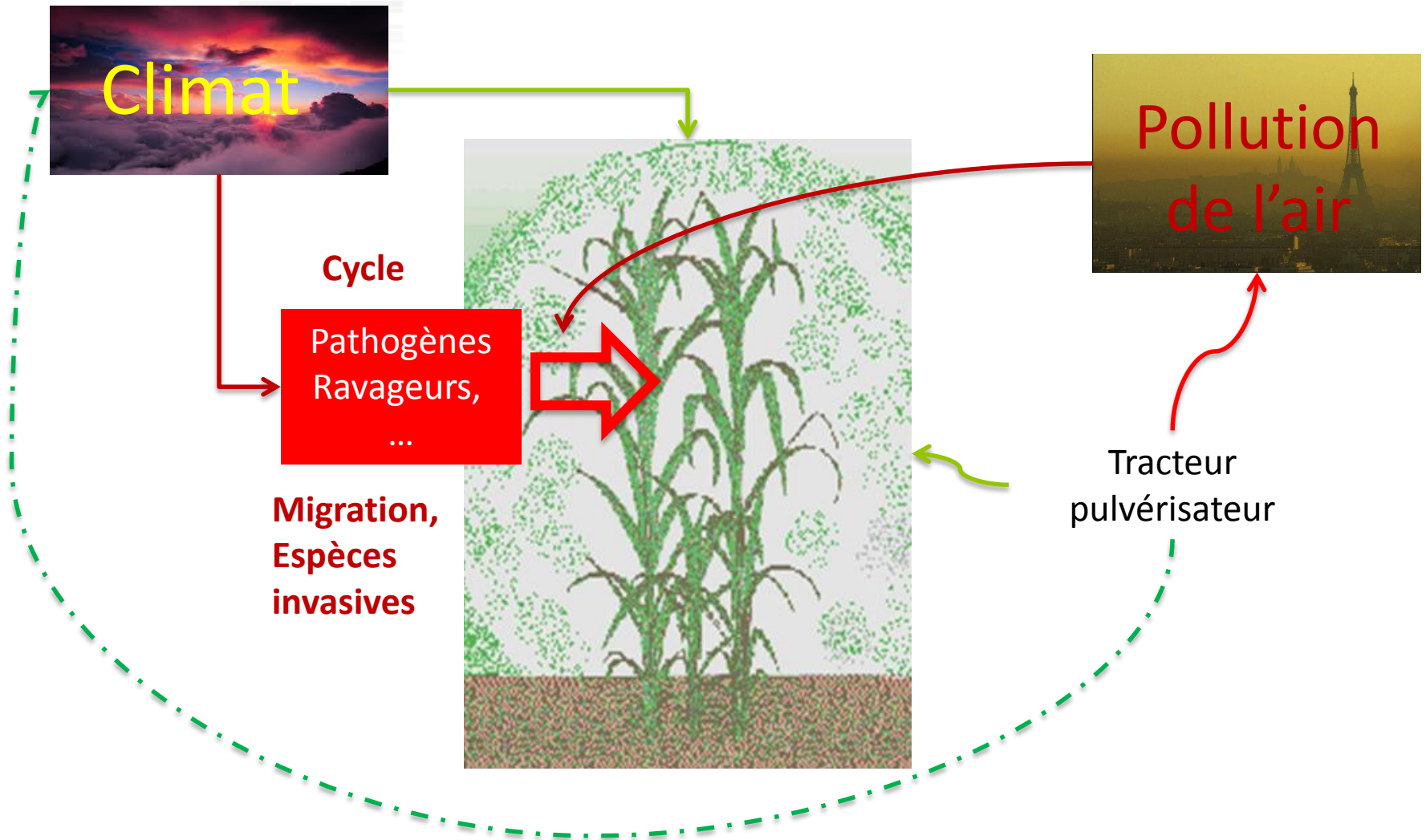


FWI = f(météo, humidité végétation)
pour un scénario climatique (SRES-A1B)



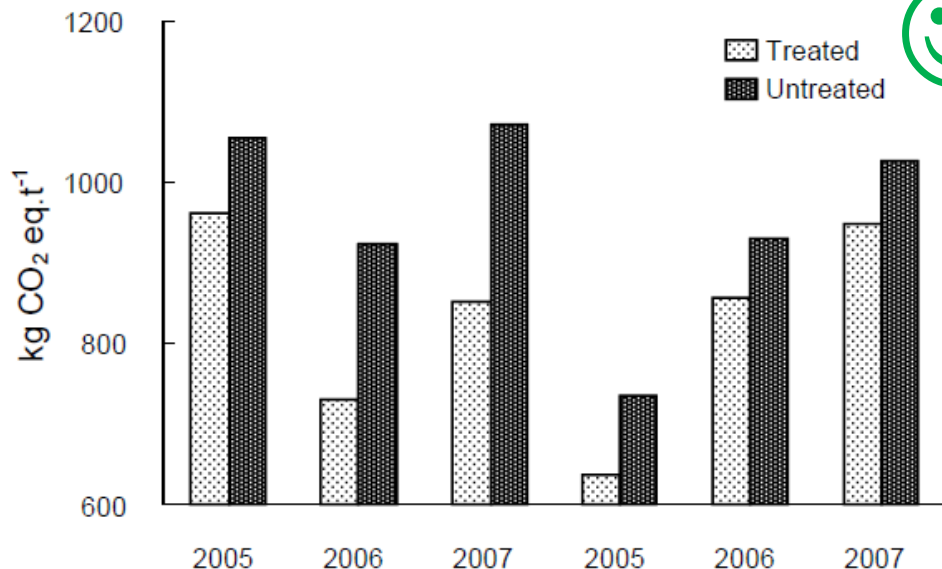
Bedia et al. (2014)

Des changements dans la protection des plantes



Des changements dans la protection des plantes

Effet de traitements fongicides sur le bilan GES d'une culture de colza

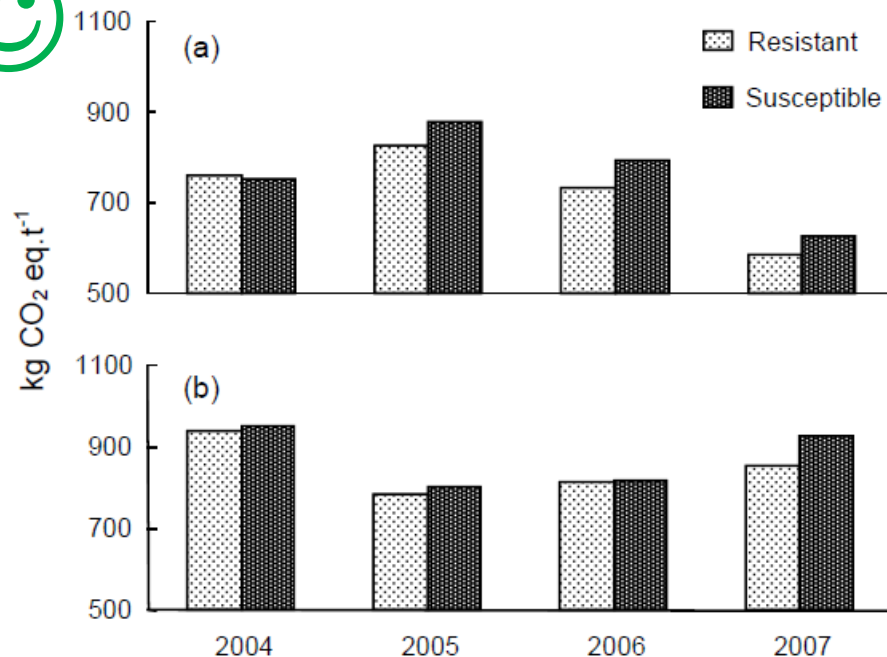


Rothamsted

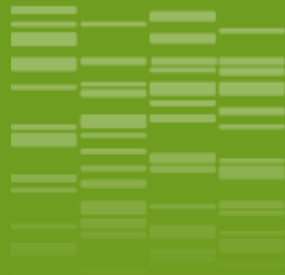
ADAS



Effet de l'utilisation de variétés résistantes sur le bilan GES d'une culture de colza



Mahmuti *et al.*, 2009



06

**Agriculture, changement
climatique et pollution de l'air :
des actions possibles ... à
resituer dans de multiples
mesures de politiques publiques.**

Agriculture, pollution de l'air et changement climatique : des interactions et rétroactions multiples et complexes



Mesures d'atténuation des émissions ou favorisant le stockage

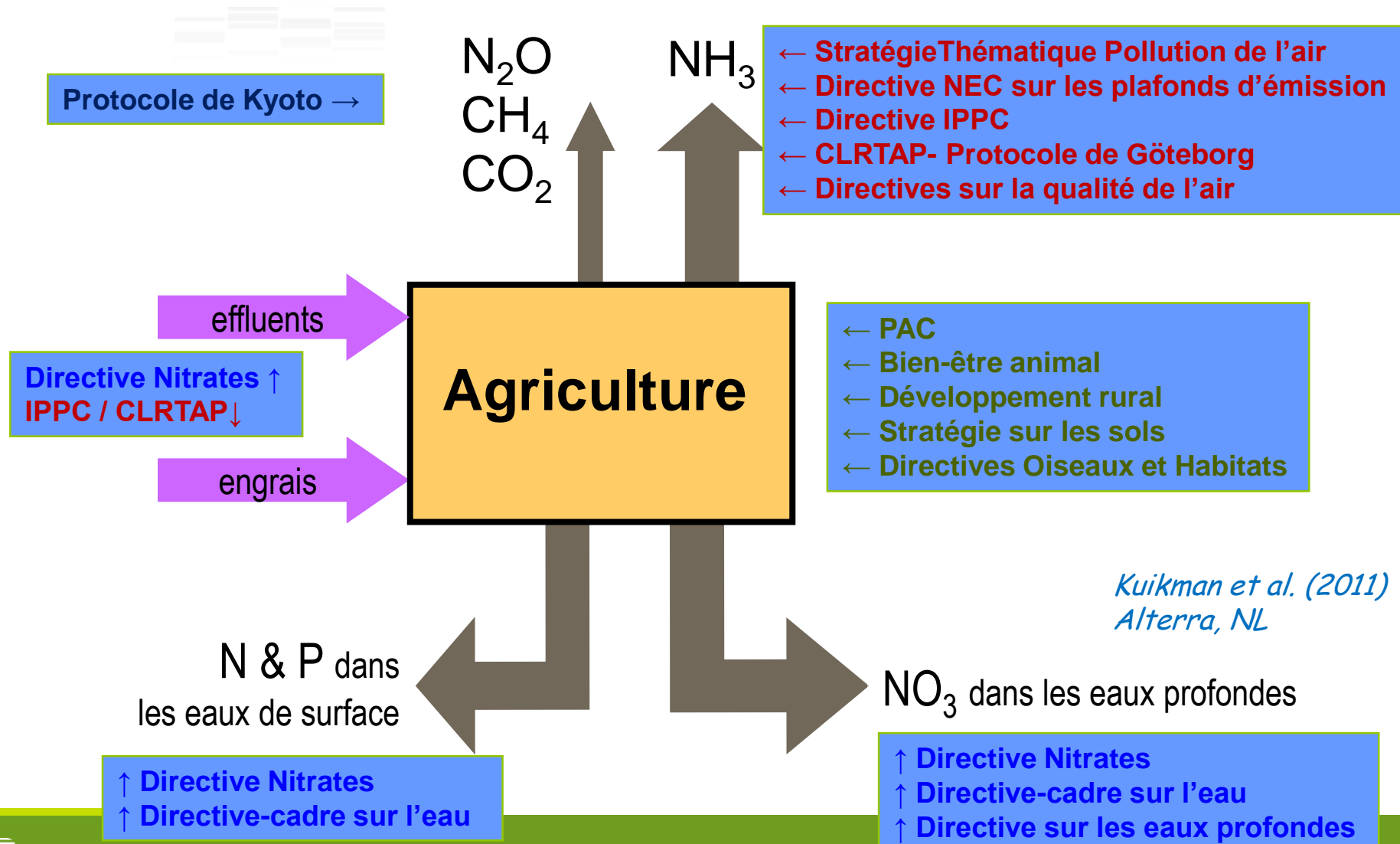
En quoi des mesures agro-environnementales pour le climat peuvent-elles avoir des effets sur la pollution de l'air et inversement?



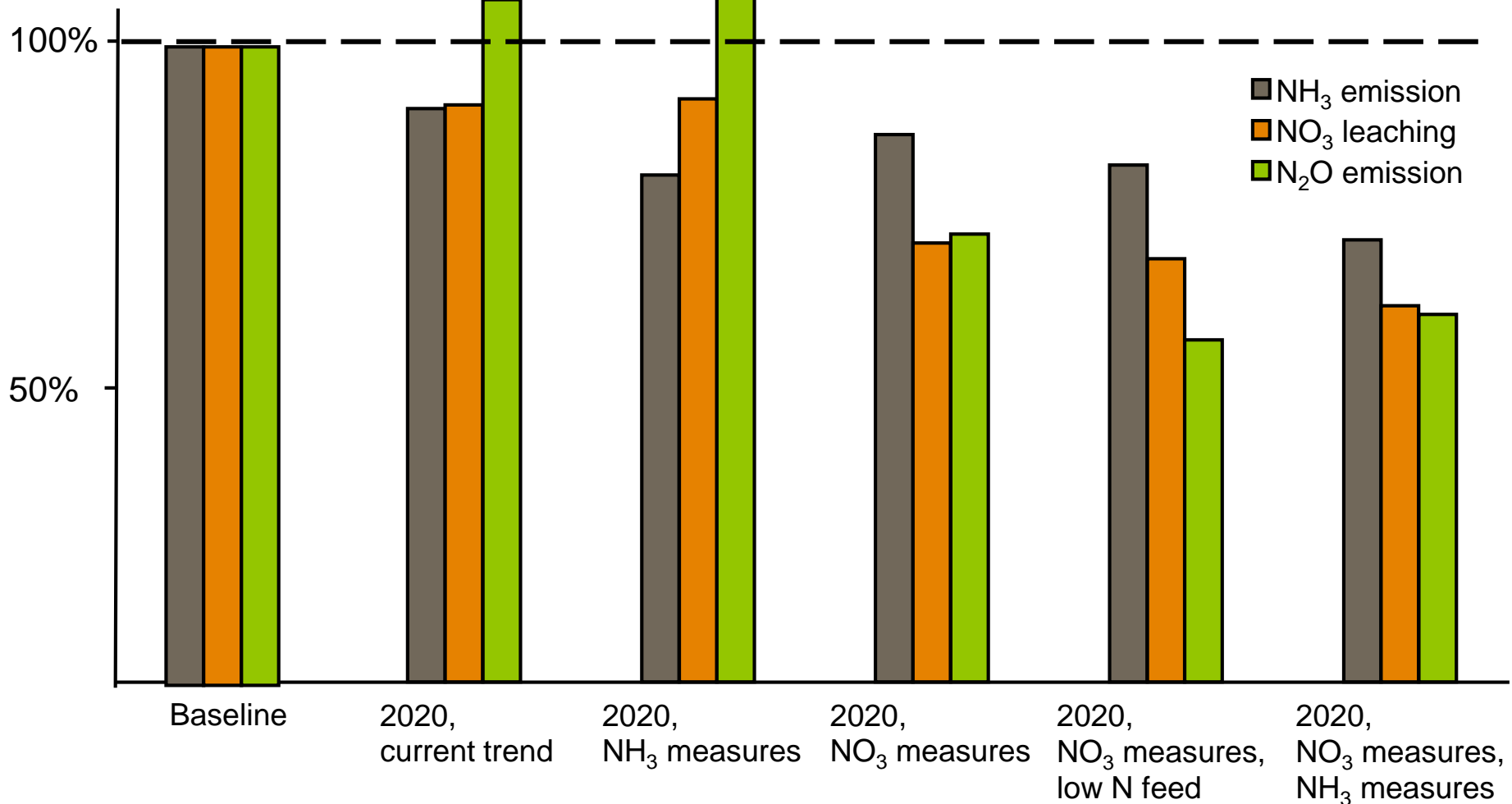
Quelles synergies et quels antagonismes ?

- Travail du sol réduit : ↗ stockage C, ↘ particules
- Enfouissement engrais N : ↘ NH₃, ↗ N₂O
- ...

L'agriculture et la fertilisation sont concernées par de nombreuses politiques publiques (qualité des eaux, qualité de l'air, changement climatique)



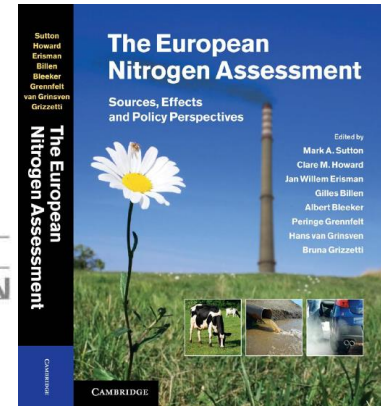
Résultats de différents scénarios de mesures agroenvironnementales



Besoins de concertation pour éviter des transferts d'impacts



EUROPEAN
SCIENCE
FOUNDATION



Task Force on Reactive Nitrogen





Conclusions

- Des émissions de polluants qui contribuent positivement ou négativement au changement climatique
 - Des augmentations attendues des émissions dues au changement climatique (tendances moyennes et événements extrêmes)
 - Des effets sur le climat passant aussi par des impacts sur les écosystèmes : stockage de carbone, émissions indirectes de N₂O, impact sur la biodiversité
 - En termes d'action publique, une situation complexe due aux nombreuses politiques publiques s'adressant à l'agriculture
- Besoin d'approche intégrées faisant le lien entre tous les compartiments de l'environnement et prenant en compte les décisions des acteurs
- Une nécessaire harmonisation des actions publiques entre changement climatique et pollution de l'air (et autres questions)



Merci de votre attention