

Climat, Energie, Environnement  
et

Sciences et ingénierie du vivant pour l'agriculture,  
l'alimentation et l'environnement

# Les surfaces naturelles dans les bilans de GES et polluants atmosphériques

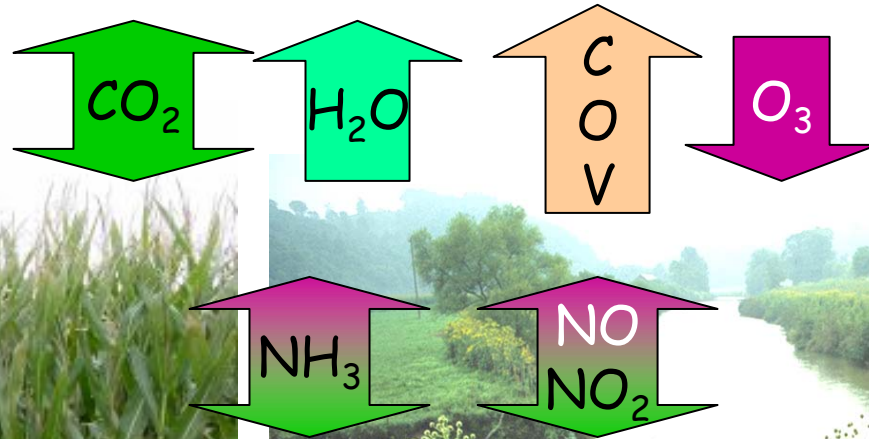
Pierre CELLIER

*UMR INRA-AgroParisTech Environnement et Grandes Cultures  
78850 Thiverval-Grignon*

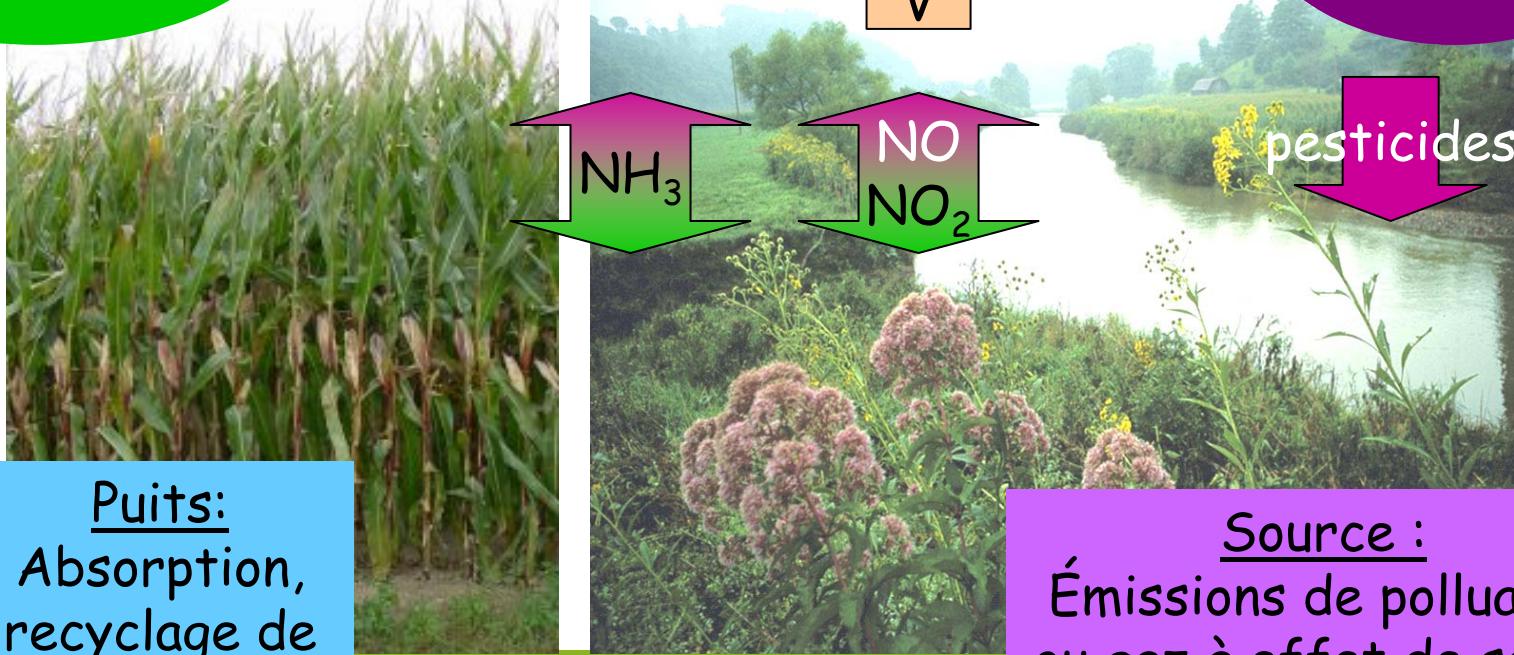


# Les écosystèmes sont le lieu de multiples échanges de polluants et gaz à effet de serre

Utiles à leur fonctionnement et leur métabolisme



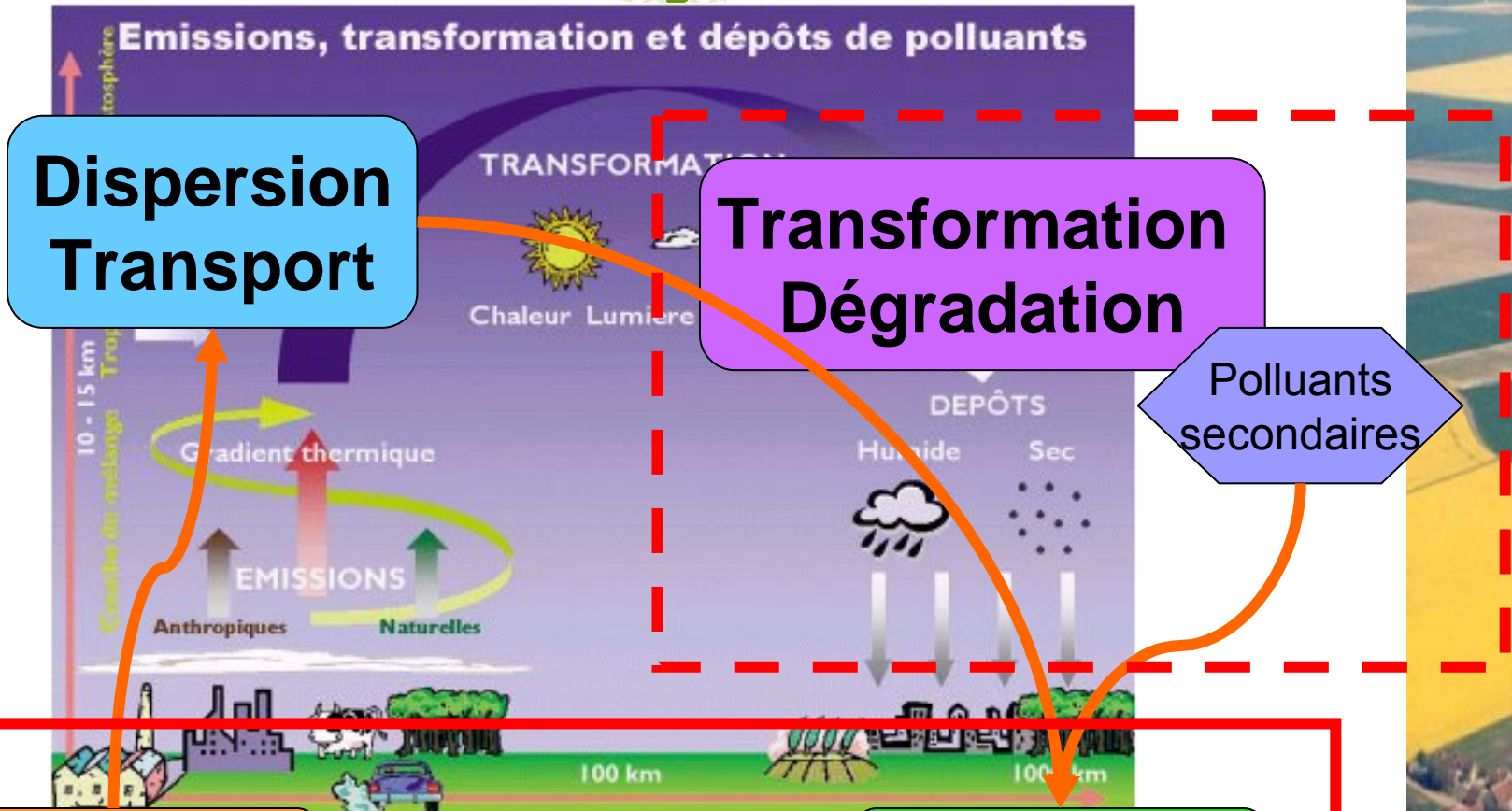
Néfastes pour leur métabolisme



Puits:  
Absorption, recyclage de polluants

Source :  
Émissions de polluants ou gaz à effet de serre

# Cycles des polluants et écosystèmes



Émissions

Transformation  
Dégradation

Polluants secondaires

Dépôts

Transformation  
Dégradation



# Quelle place pour les écosystèmes?

| (Source IFEN)                      | Superficie 2000<br>(en km <sup>2</sup> ) |
|------------------------------------|--|
| Sols artificiels non bâtis         | 15 580                                   |
| Sols artificiels bâtis             | 10 590                                   |
| Routes et parkings                 | 16 830                                   |
| <b>Forêts</b>                      | <b>150 490</b>                           |
| <b>Cultures annuelles</b>          | <b>152 990</b>                           |
| 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                                   |

**Systemes ± naturels = 92%**

**Systemes agricoles = 50%**

**Systemes ± anthropisé = 85%**

## Des flux faibles ...

H<sub>2</sub>O → 10<sup>4</sup>-10<sup>5</sup> kg / ha/ jour

CO<sub>2</sub> → 10<sup>2</sup>-10<sup>3</sup> kg / ha/ jour

COV → 10<sup>1</sup>-10<sup>2</sup> kg / ha/ jour

NH<sub>3</sub> → 10<sup>-3</sup>-10 kg / ha/ jour

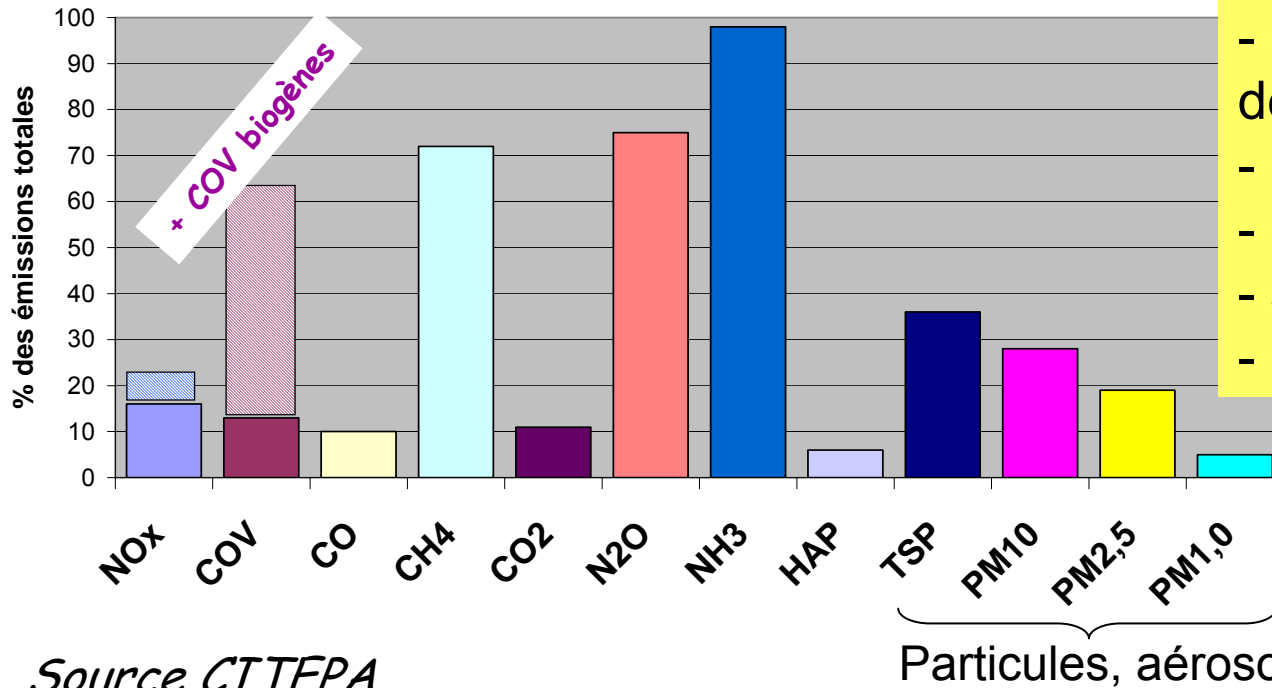
N<sub>2</sub>O }  
NO } → 10<sup>-3</sup>-10<sup>-1</sup> kg / ha/ jour

Pesticides → g/ha/jour

... mais significatifs, car ils se produisent sur des grandes étendues

# La biosphère et l'agriculture sont des sources significatives de polluants de gaz à effet de serre

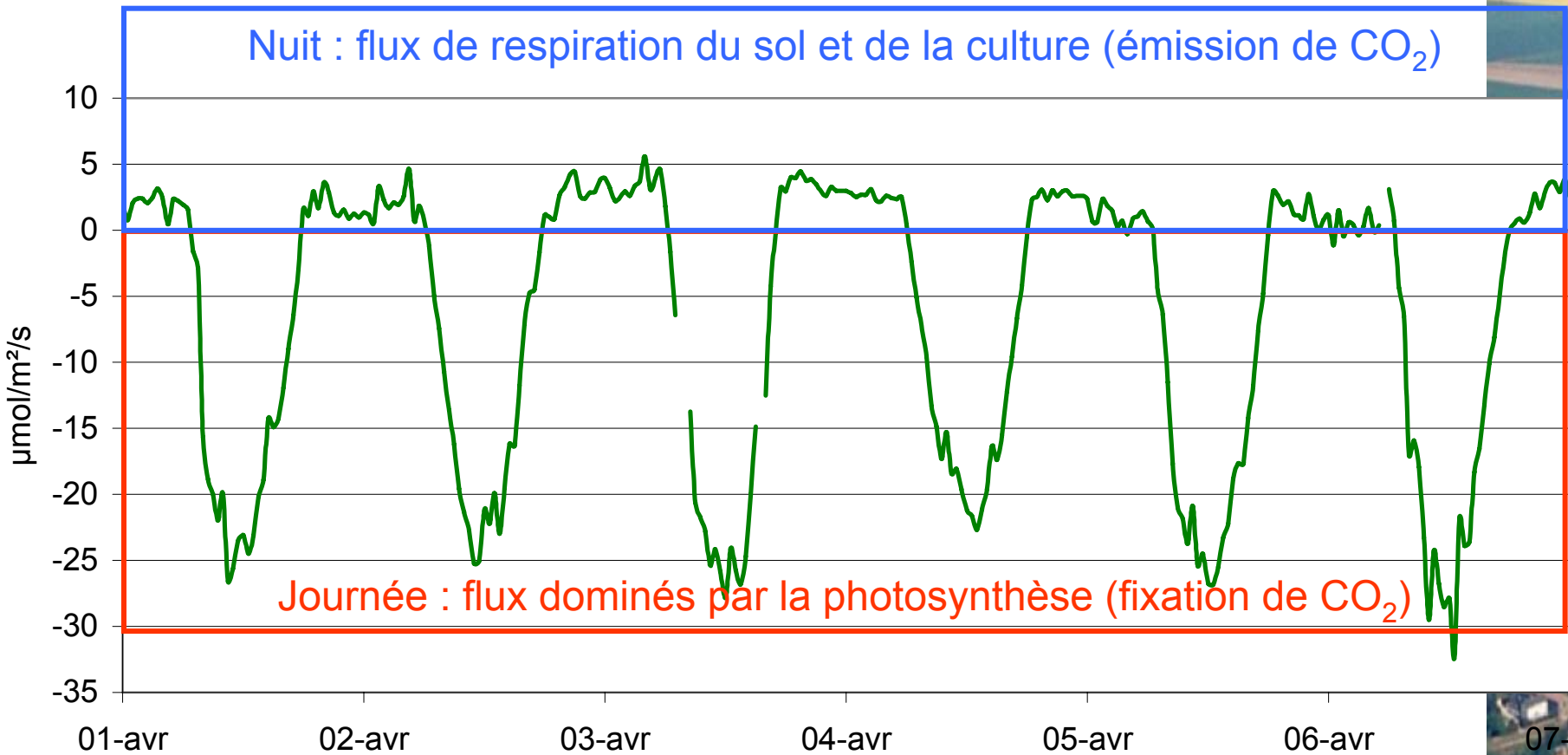
Contribution de l'agriculture et de la sylviculture aux émissions nationales



- Et en plus
- dépôt d'ozone
  - dépôt et dégradation de particules
  - de COV
  - de POP
  - stockage de carbone
  - ...

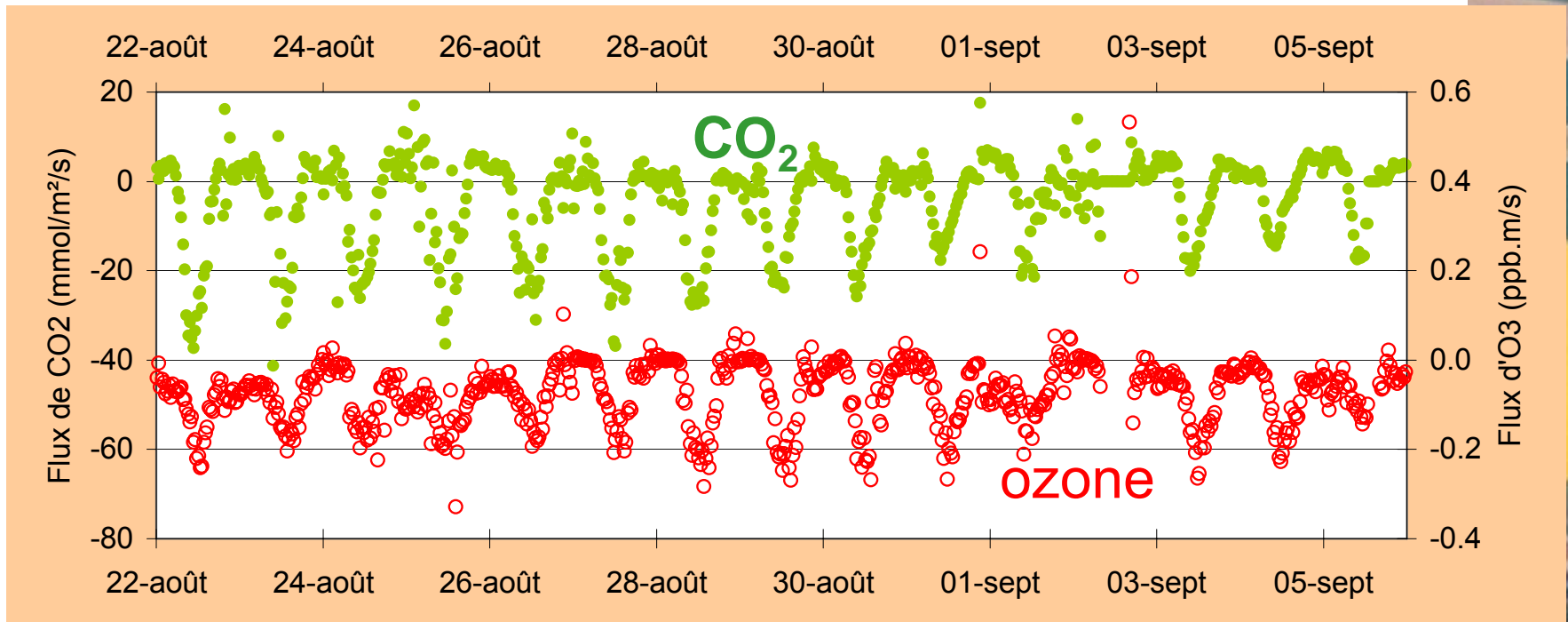
Source CITEPA

# Flux de CO<sub>2</sub> sur une culture d'escourgeon, Grignon 1-6 avril 2007



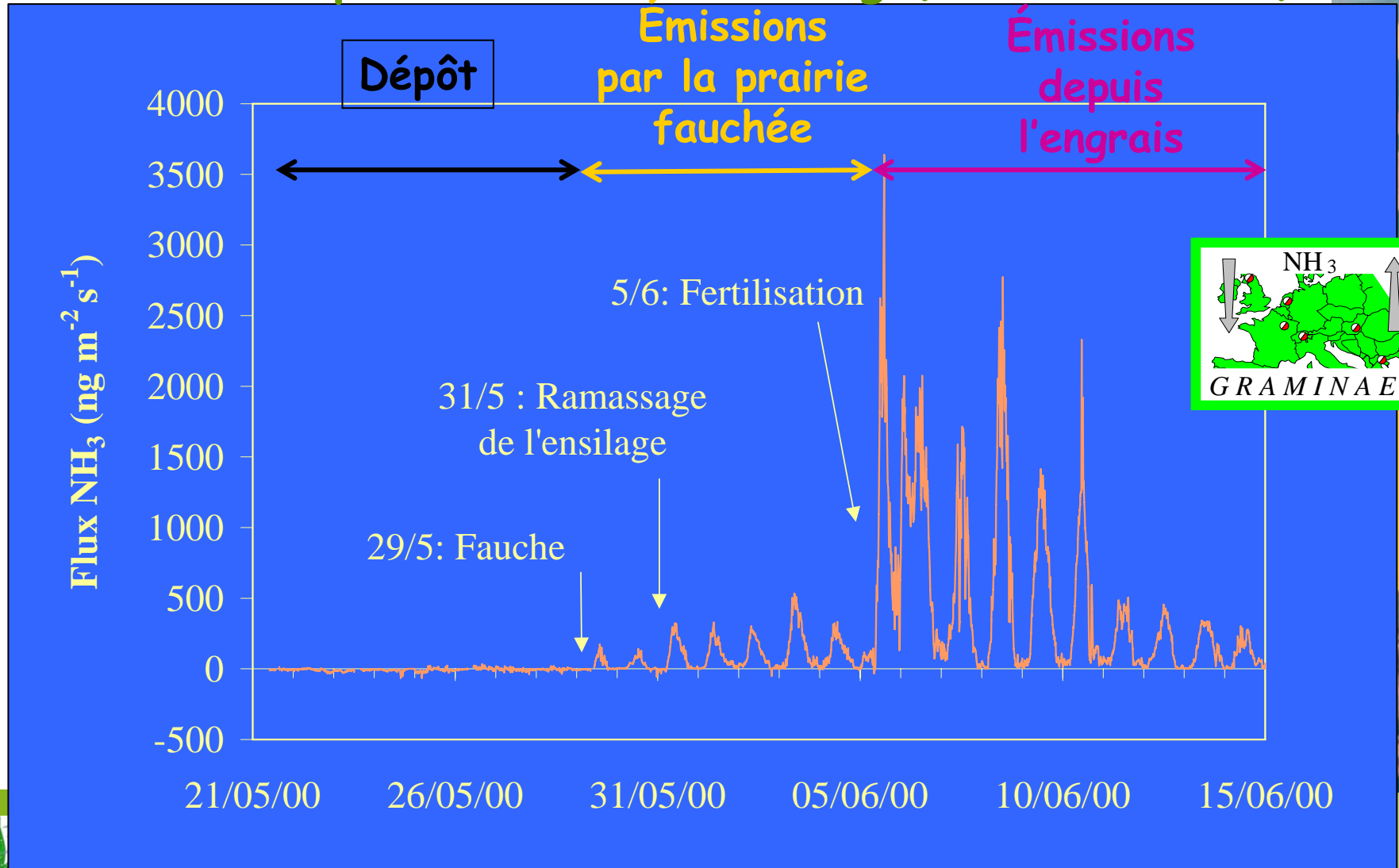
# Échanges de CO<sub>2</sub> et d'ozone entre des couverts végétaux et l'atmosphère

Culture de maïs (Grignon, 2002)



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



# Un exemple complexe : Flux d'ammoniac sur un cycle croissance-fauche-fertilisation sur une prairie à Braunschweig (Milford, 2002)



# Synthèse provisoire

- Des flux (émissions et dépôts) diffus et souvent significatifs
- Des espèces (chimiques) souvent spécifiques
- Écosystèmes = un ensemble d'acteurs « actifs » dans le cycle des polluants
- Une forte dépendance
  - aux facteurs météo, aux saisons et au climat
  - au fonctionnement biologique (plante et sol)
  - aux pratiques anthropiques (en particulier agricoles)

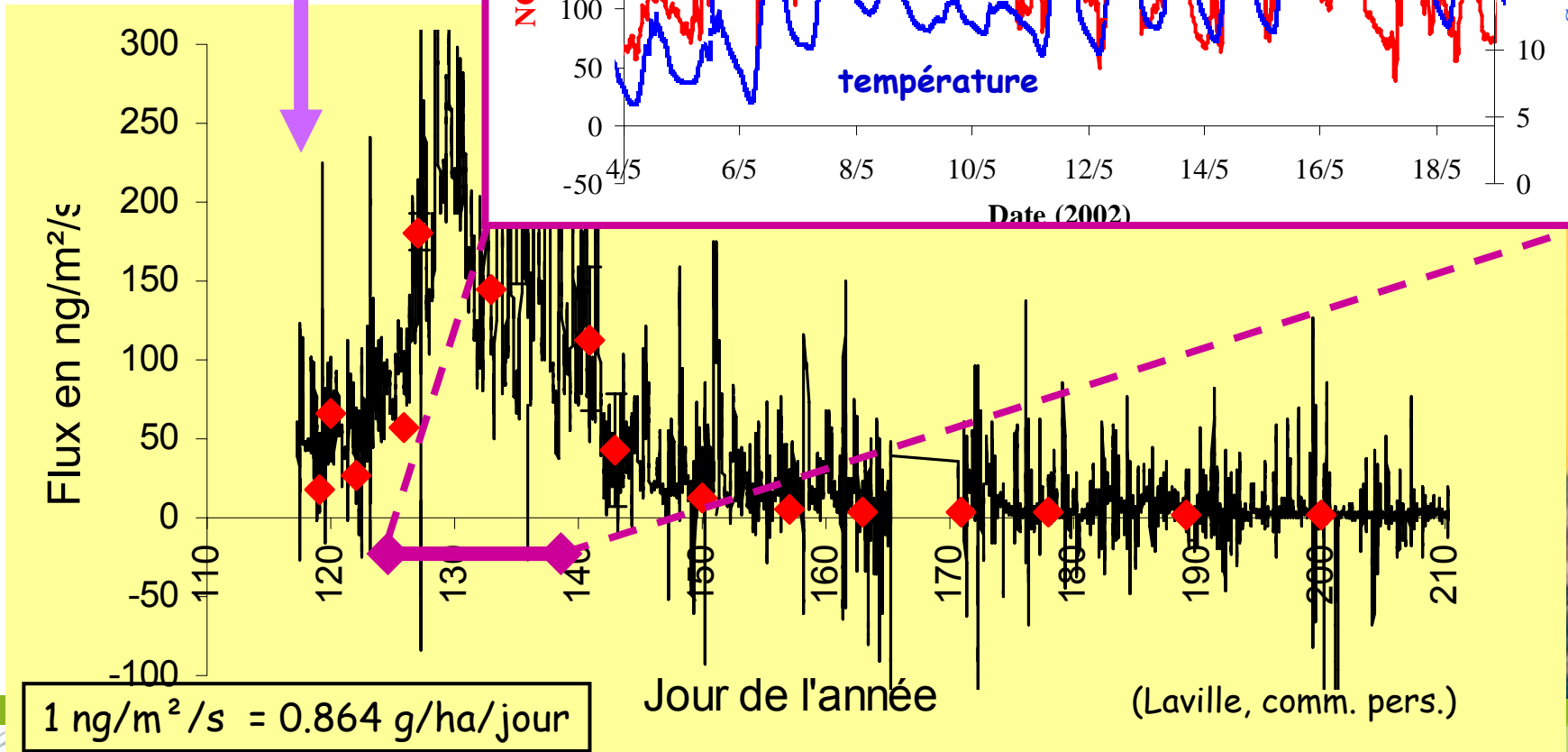
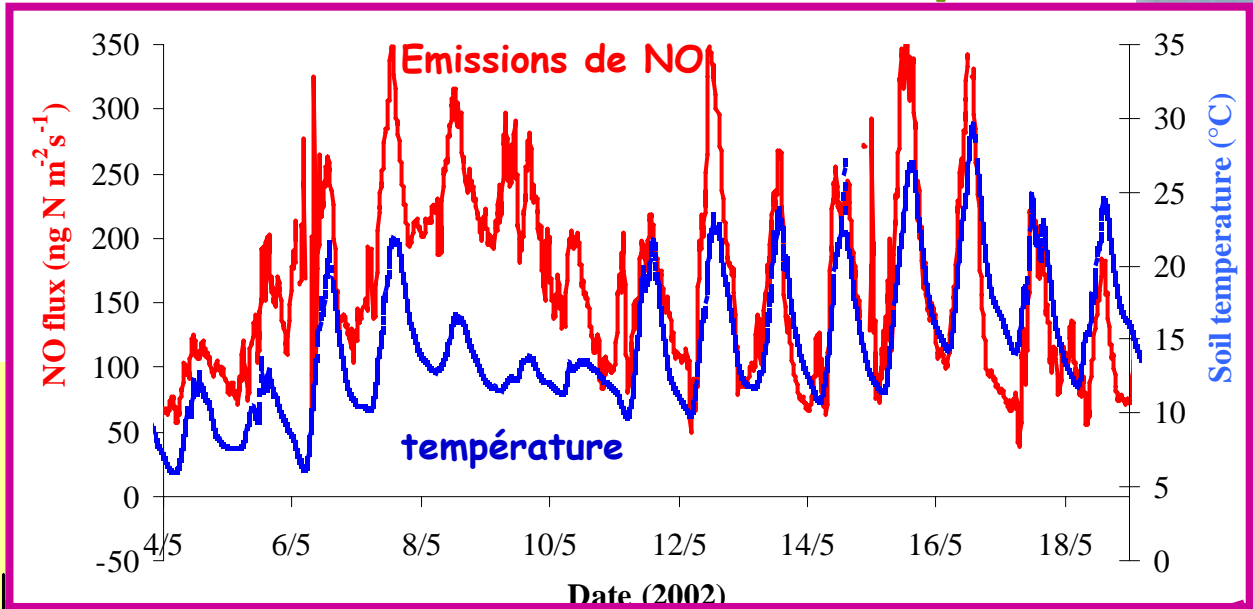




Variabilité  
spatiale et temporelle  
des émissions depuis le sol :  
le cas des émissions de N<sub>2</sub>O

# Mesure des émissions de NO par une

engrais



1 ng/m<sup>2</sup>/s = 0.864 g/ha/jour

Jour de l'année (Laville, comm. pers.)

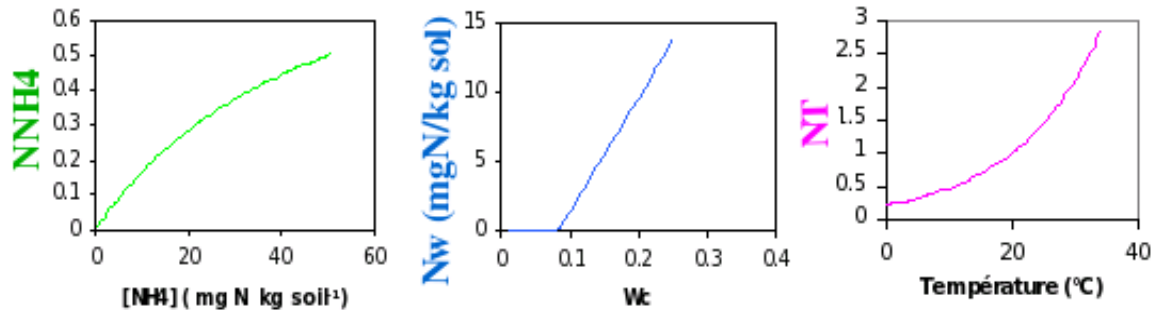
# Modélisation et spatialisation des émissions de N<sub>2</sub>O par les sols

Étude de processus → les émissions dépendent en premier lieu des apports d'azote (agriculture, atmosphère, sol), puis du sol et du climat (température, teneur en eau du sol)

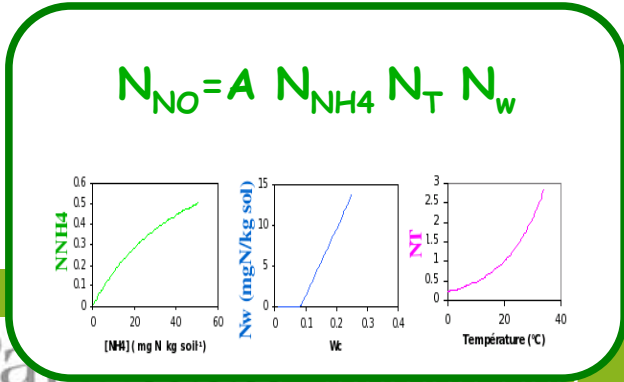
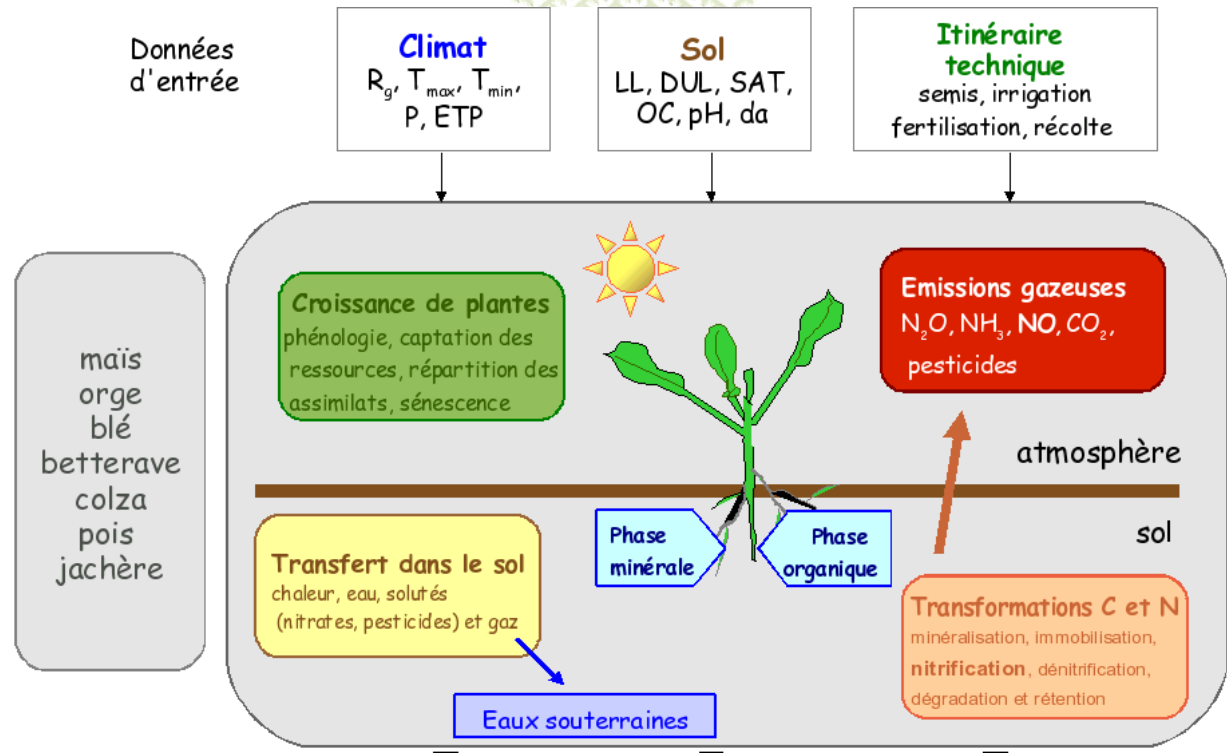
## Modèle de Laville et al. (2005)

$$N_{NO} = A N_{NH4} N_T N_w$$

pour les terres arables : A = 2% des apports d'azote

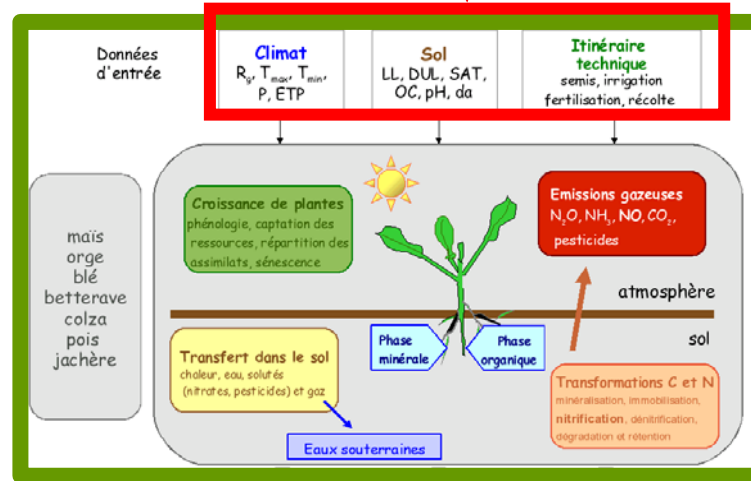
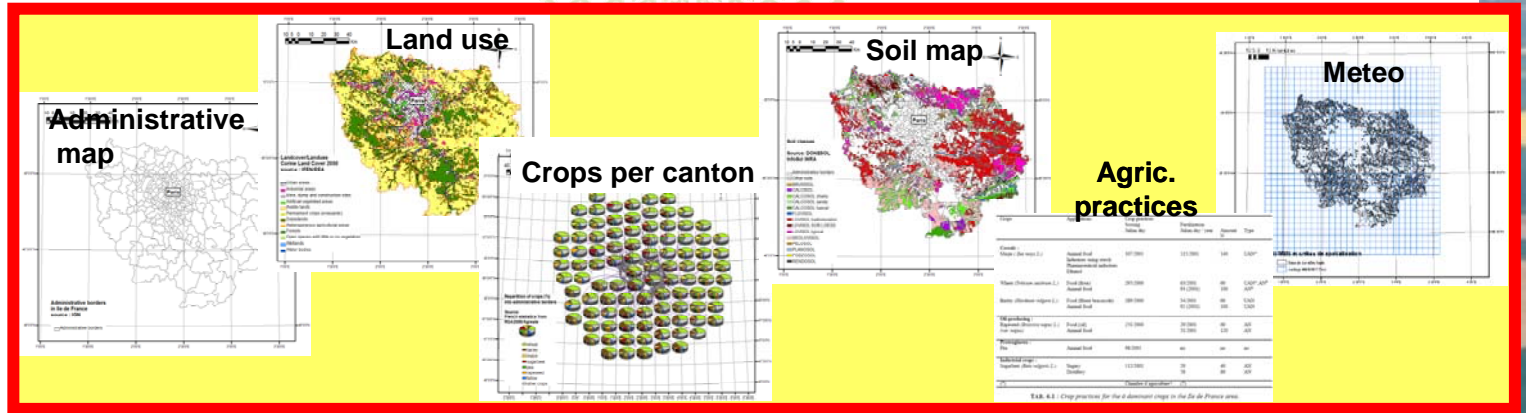


# Modélisation des émissions de NO par une culture



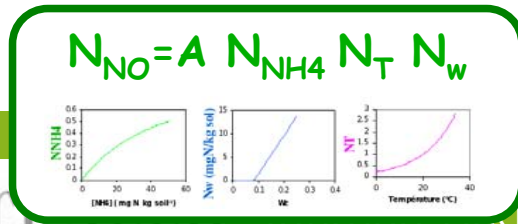
# Spatial information

BD  
sous  
SIG

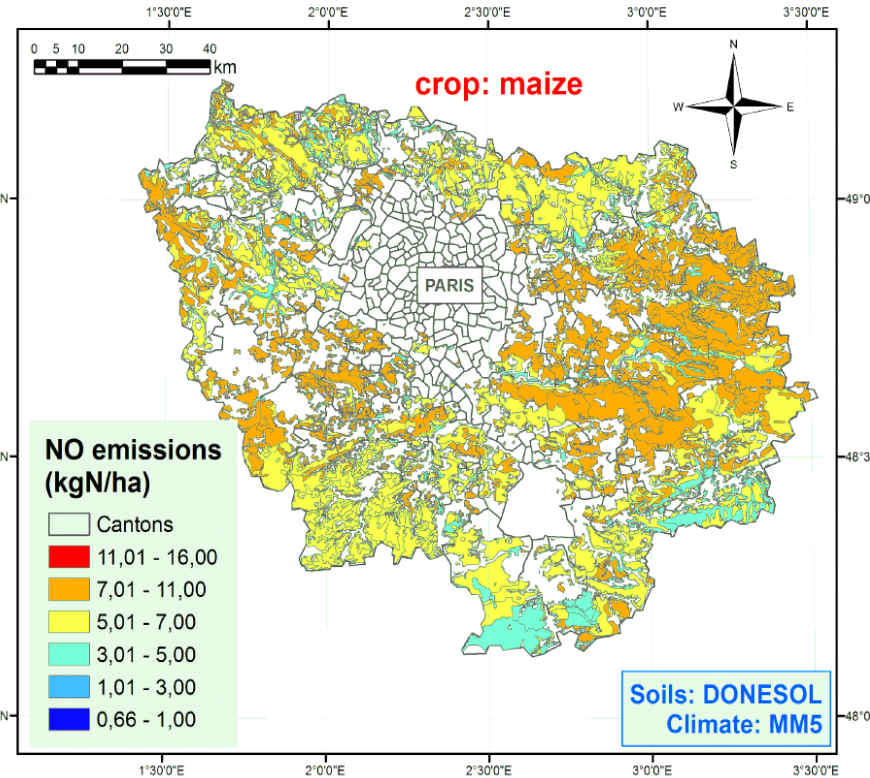
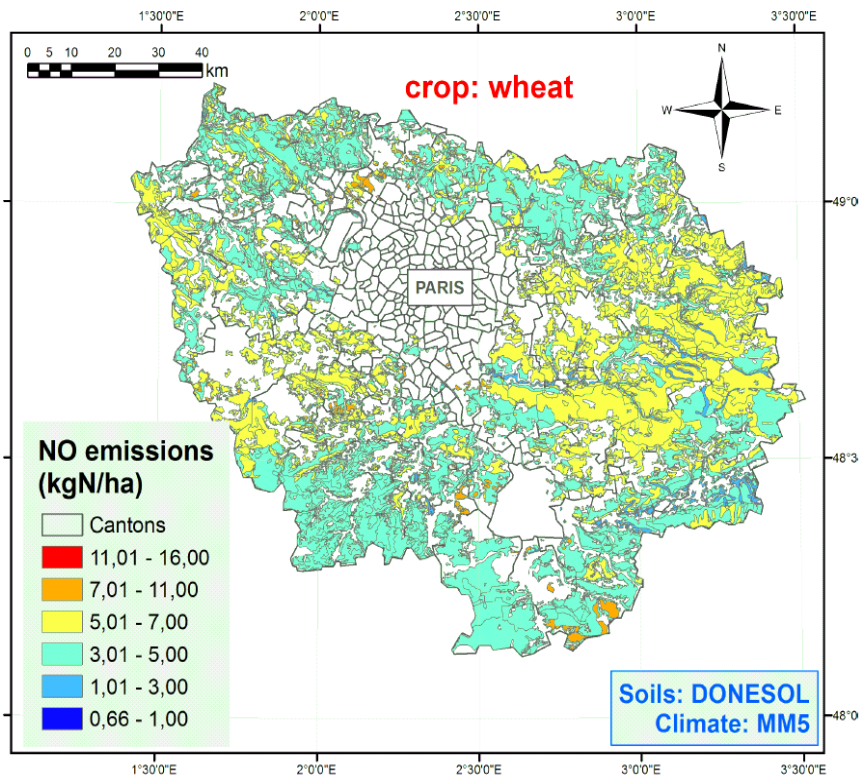


Cadastre des émissions de NO par les sols agricoles en Ile de France (année 2001)

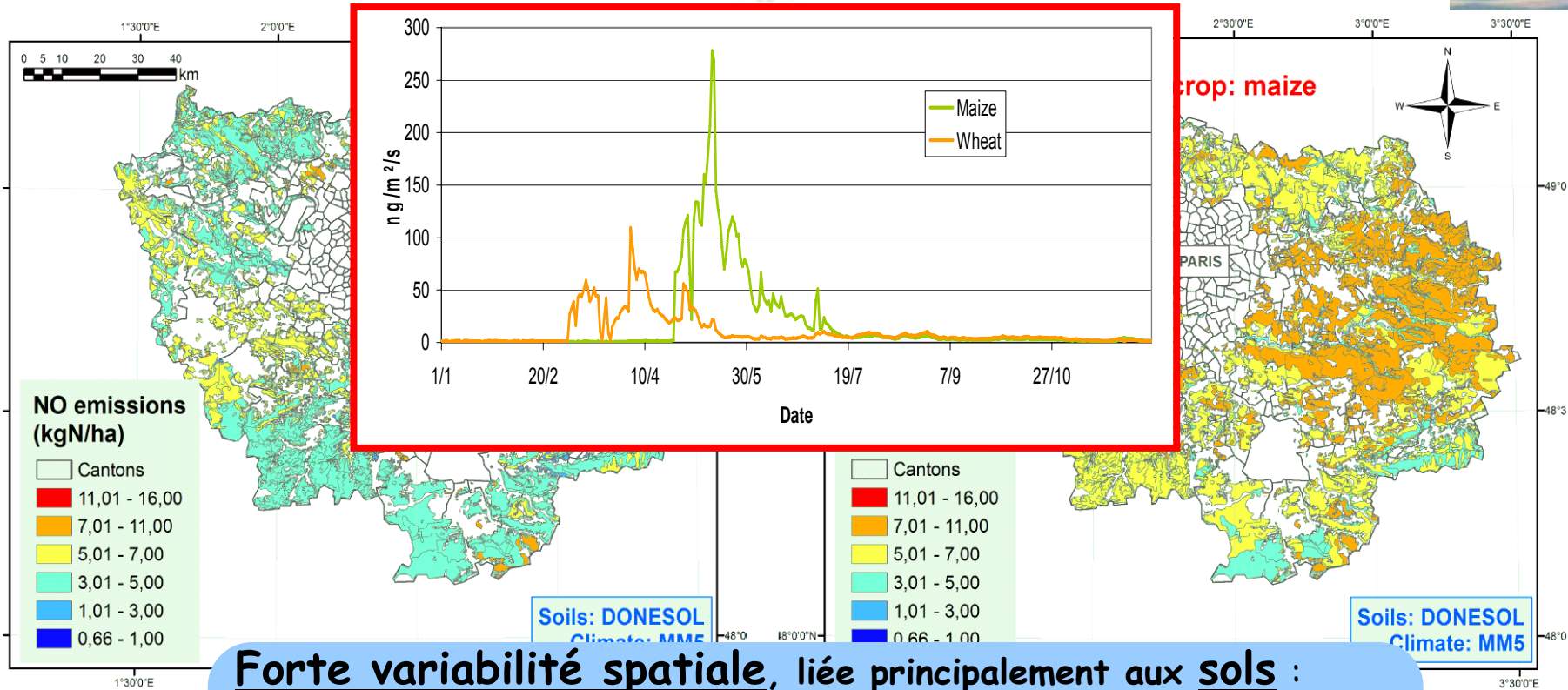
Thèse M.-N. Rolland



# Cadastres des émissions de NO<sub>x</sub> par type de culture



# Cadastres des émissions de NO<sub>x</sub> par type de culture



**Forte variabilité spatiale, liée principalement aux sols :**  
de 1.47 à 11.1 kgN ha<sup>-1</sup> , Moyenne = 5.02 kgN ha<sup>-1</sup>

**Zones d'émission :**  
Sud Ouest et Est de Paris

Importance des conditions climatiques

**Variabilité temporelle liée aux pratiques agricoles (dont cultures)**

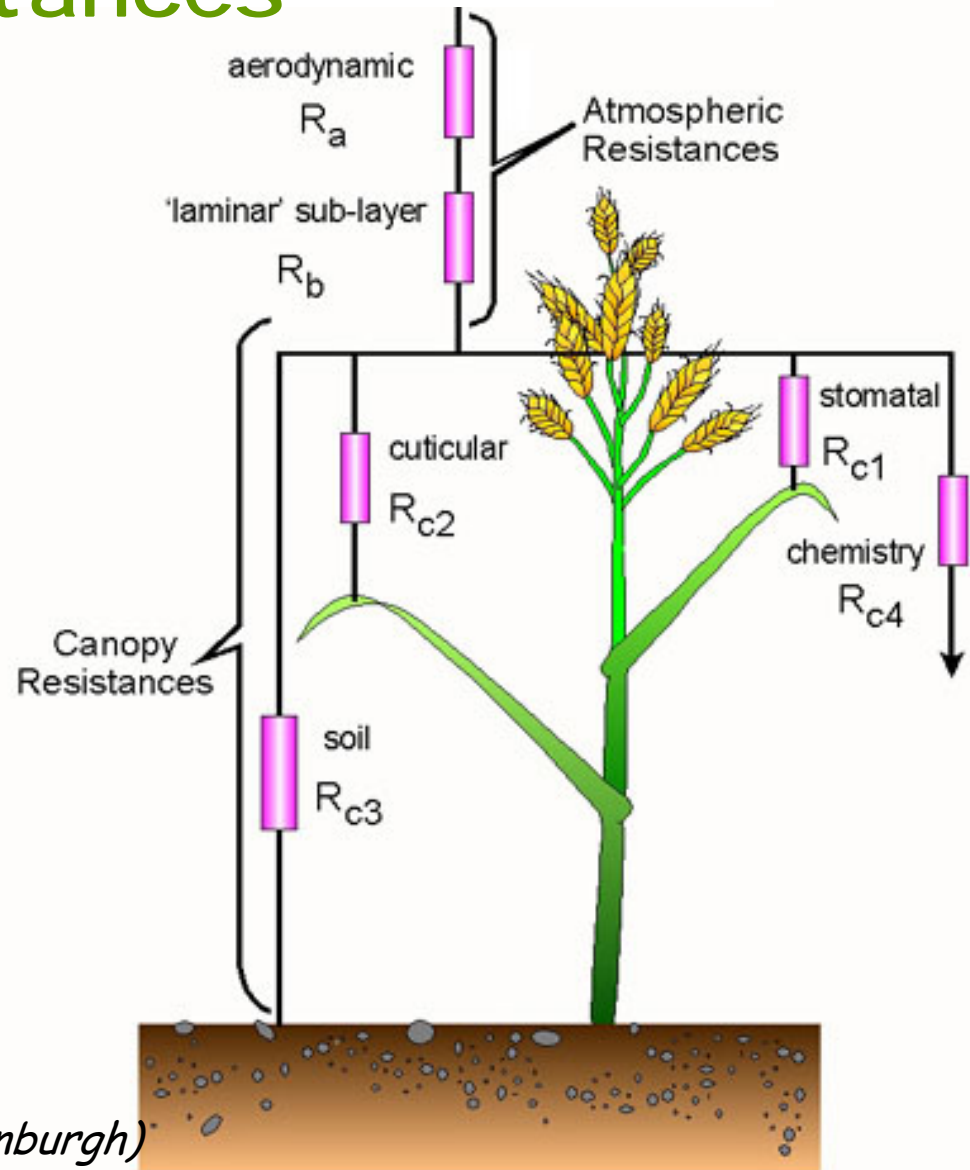
# Modélisation des émissions ou dépôts depuis la plante



# Schémas électriques ou à résistances

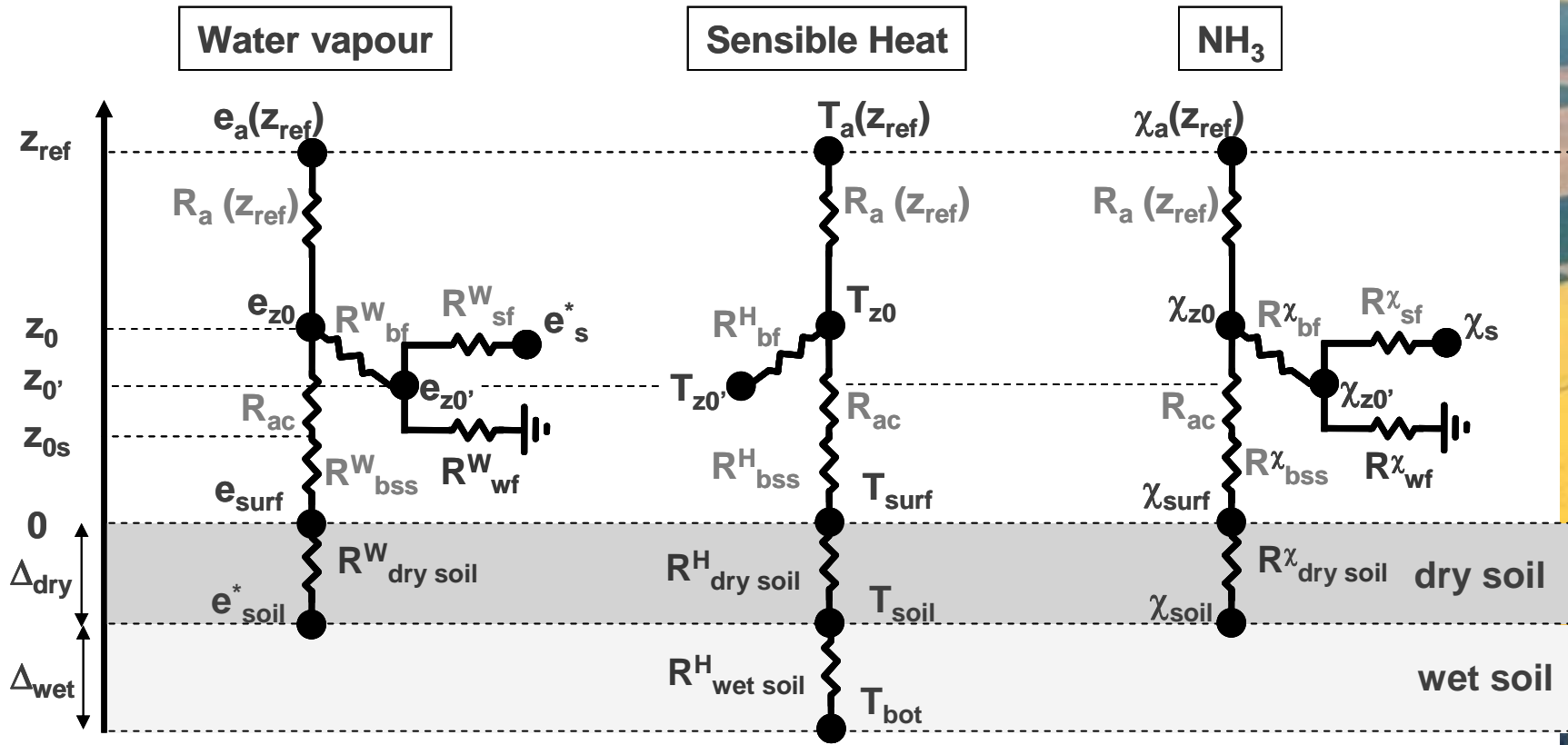
Simulation des relations sol-plante-atmosphère sous forme d'un réseau ( $\pm$  complexe) de résistances ayant une signification

- physique : résistances aérodynamique
- biologique : résistance stomatique
- physico-chimique : résistance de surface



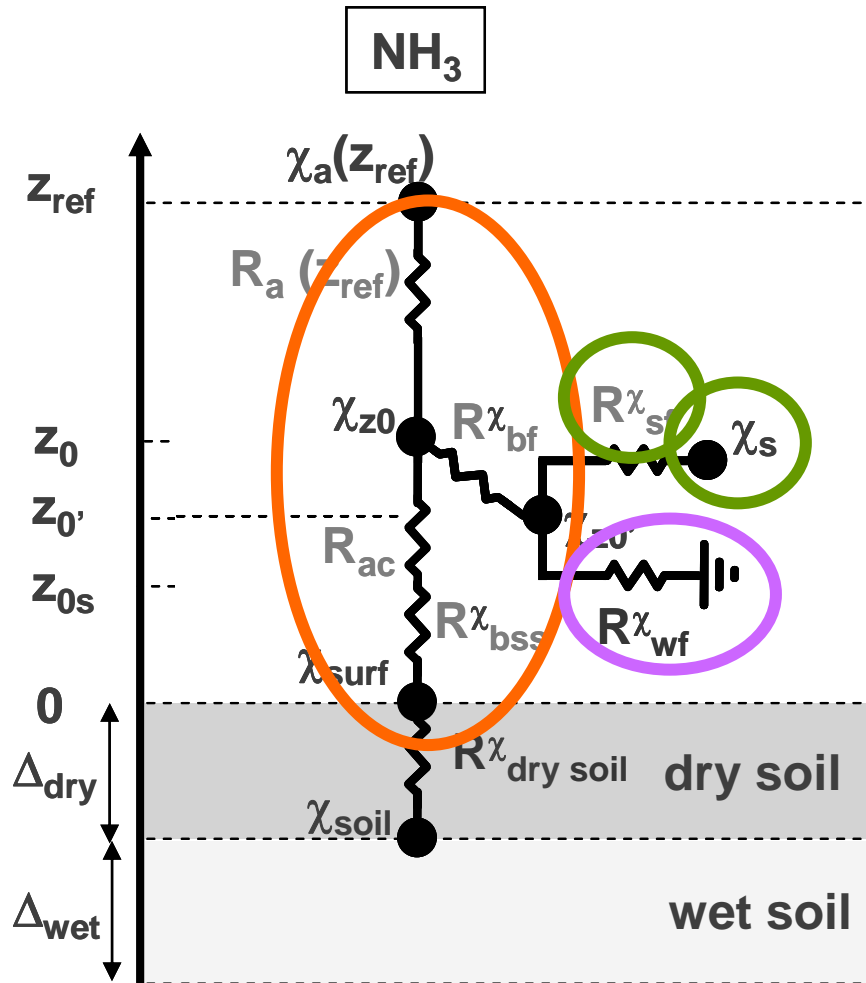
(d'après CEH, Edinburgh)

# Schémas de modélisation des émissions/dépôt sur la plante



(d'après Personne et al., 2009)

# Modélisation des émissions/dépôt sur la plante: résistances et point de compensation



Conditions météo et structure du couvert (LAI, LAD, hauteur, ...)

Métabolisme de la plante (fonctionnement stomatique et cellulaire, alimentation hydrique et azotée, ...)

Interactions chimiques à la surface : humidité, niveau de pollution, ...



# Modélisation du dépôt d'O<sub>3</sub>

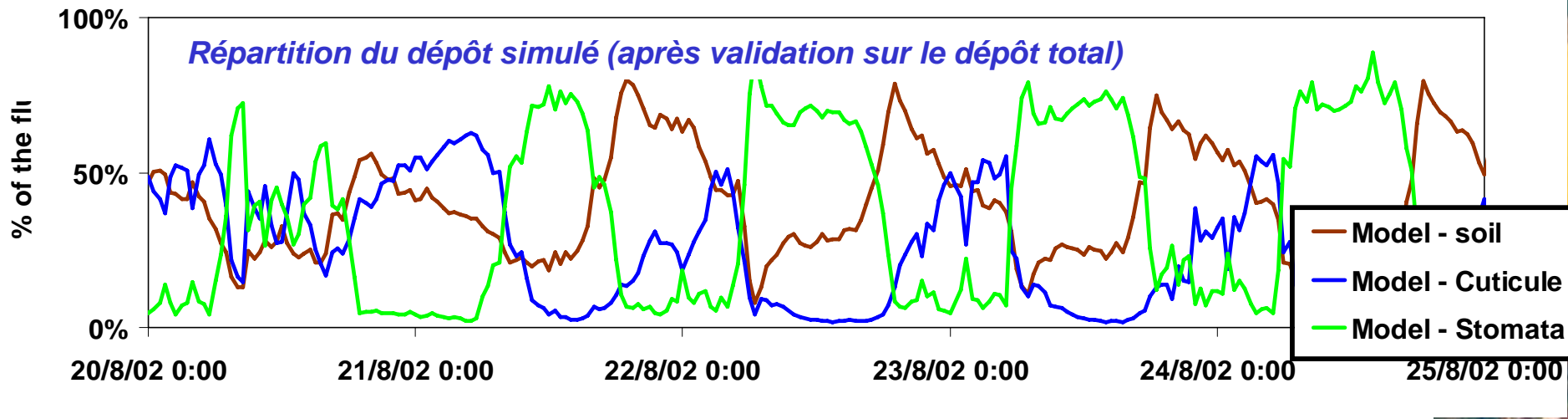
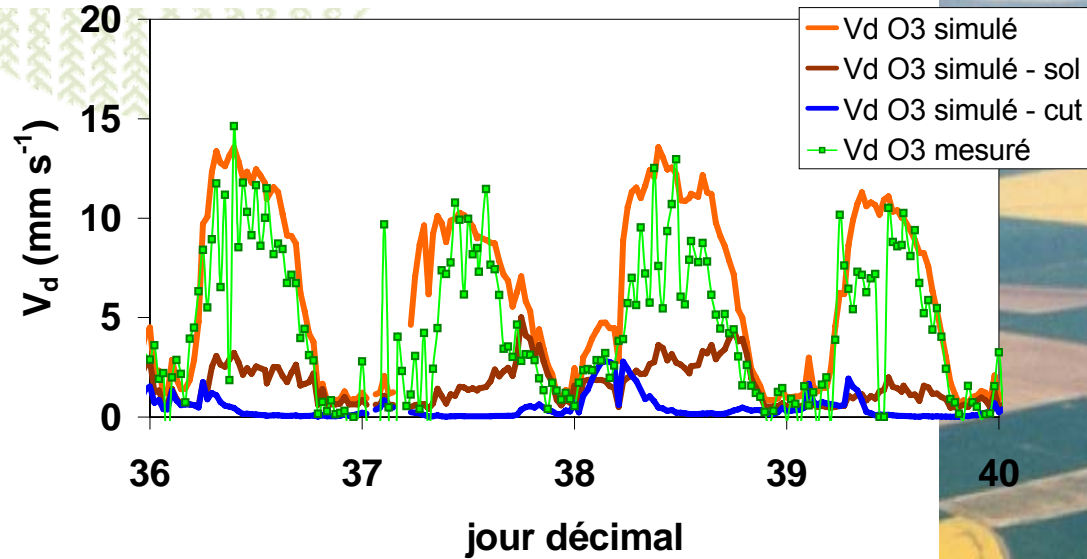
Comparaison modèle – mesure

✓ *Modèle SurfAtm*

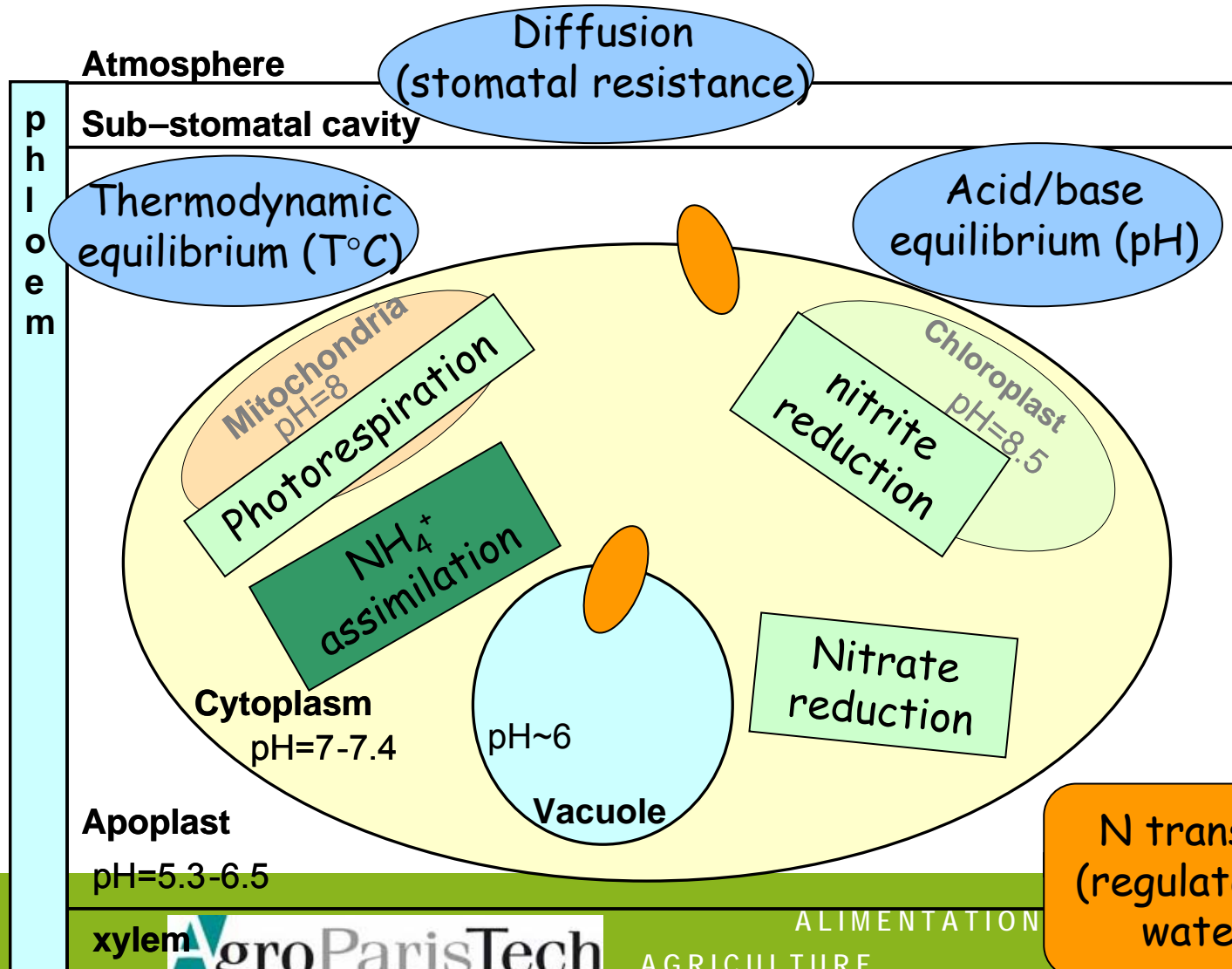
✓ *Méthode des covariances sur maïs*

(projet BioPollAtm 2002)

(Loubet, Personnes et al.)



# Modélisation du point de compensation pour l'ammoniac (Massad et al., 2009)



# Pour conclure ...

- Les écosystèmes naturels et agricoles représentent l'essentiel des surfaces d'échanges à la surface
- Ce sont des sources et puits très significatifs de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre
- Ces échanges concernent à la fois les sols (métabolisme microbien) et les plantes (cultures, forêts, prairies, ...)
- Les échanges se font en interaction forte avec
  - les conditions climatiques
  - le métabolisme de la plante et du sol
  - l'activité anthropique (gestion agricole et forestière, gestion de l'espace)
- Forte variabilité spatiale et temporelle des émissions de dépôts
- Des pistes d'amélioration pour la modélisation des écosystèmes dans les modèles de pollution de l'air et de climat

