




Avec la participation de l' 

Réduire les émissions par les sols du gaz à effet de serre, N₂O

Catherine Hénault, Pierre Cellier, Marie-Hélène Jeuffroy, Bernard Nicolardot, Cécile Revellin

INRA, UMR 1229 INRA-Université de Bourgogne, Microbiologie du Sol et de l'Environnement, Dijon

INRA, UMR 1091 INRA-AgroParisTech, Environnement et Grandes Cultures, Thiverval- Grignon

INRA, UMR 211 INRA-AgroParisTech, Agronomie, Thiverval-Grignon

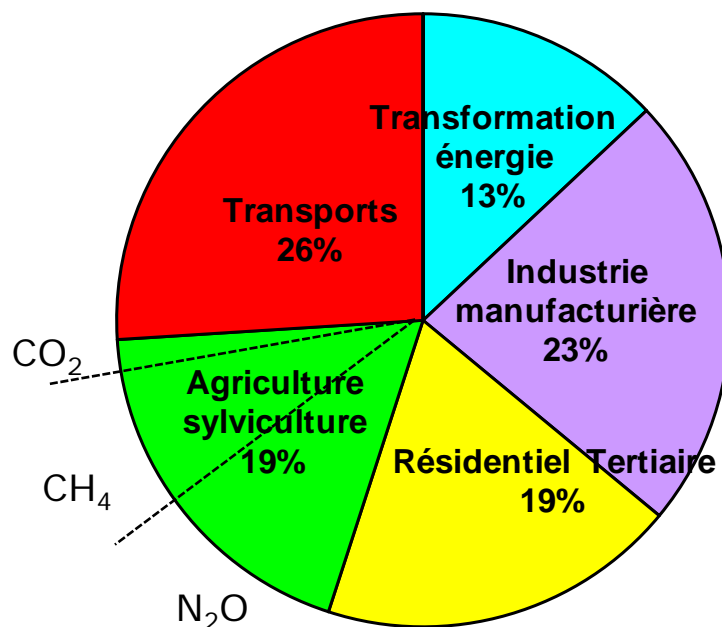
Agrosup Dijon Département "Agronomie et Environnement", UMR 1210 INRA-Agrosup-Université de Bourgogne

« Biologie et Gestion des Adventices » Dijon

Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »

Contribution des différents secteurs d'activité aux émissions de Gaz à Effet de Serre

Contribution des différents secteurs d'activité aux émissions des GES (protocole de Kyoto), en France métropolitaine

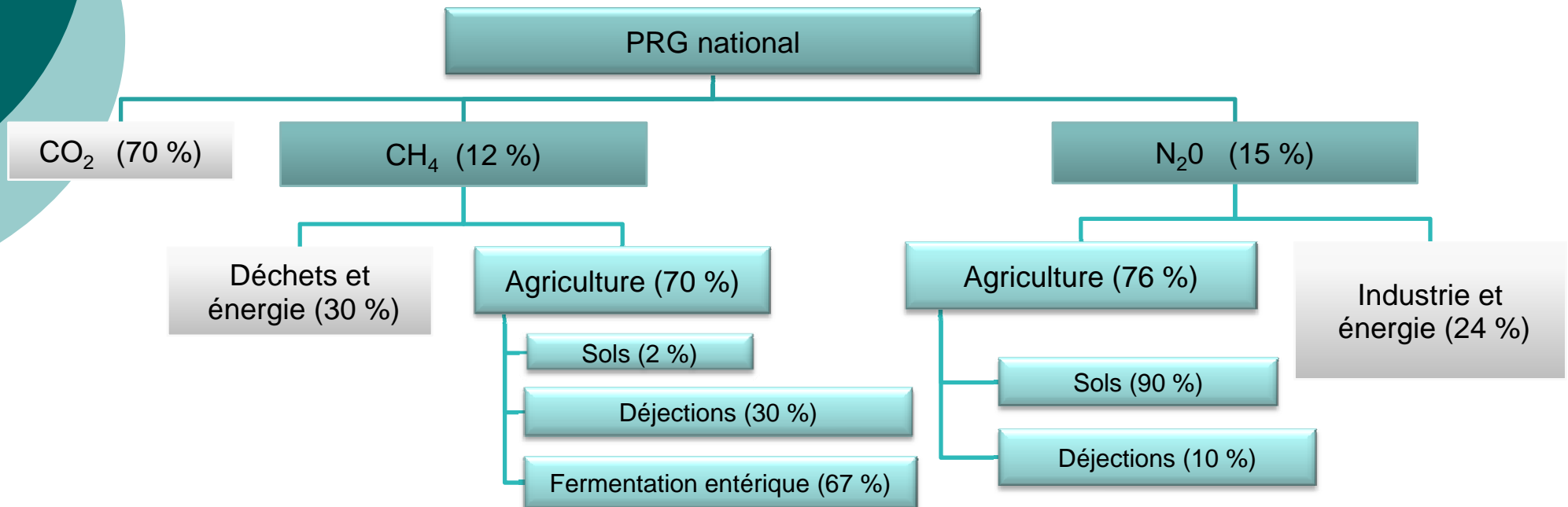


GAZ	PRG (100 ans)
CO ₂	1
CH ₄	23
N ₂ O	296

d'après IPCC, 2006

source : CITEPA / CORALIE / FORMAT SECTEN – Mise à jour février 2008

Principales sources de GES en Agriculture

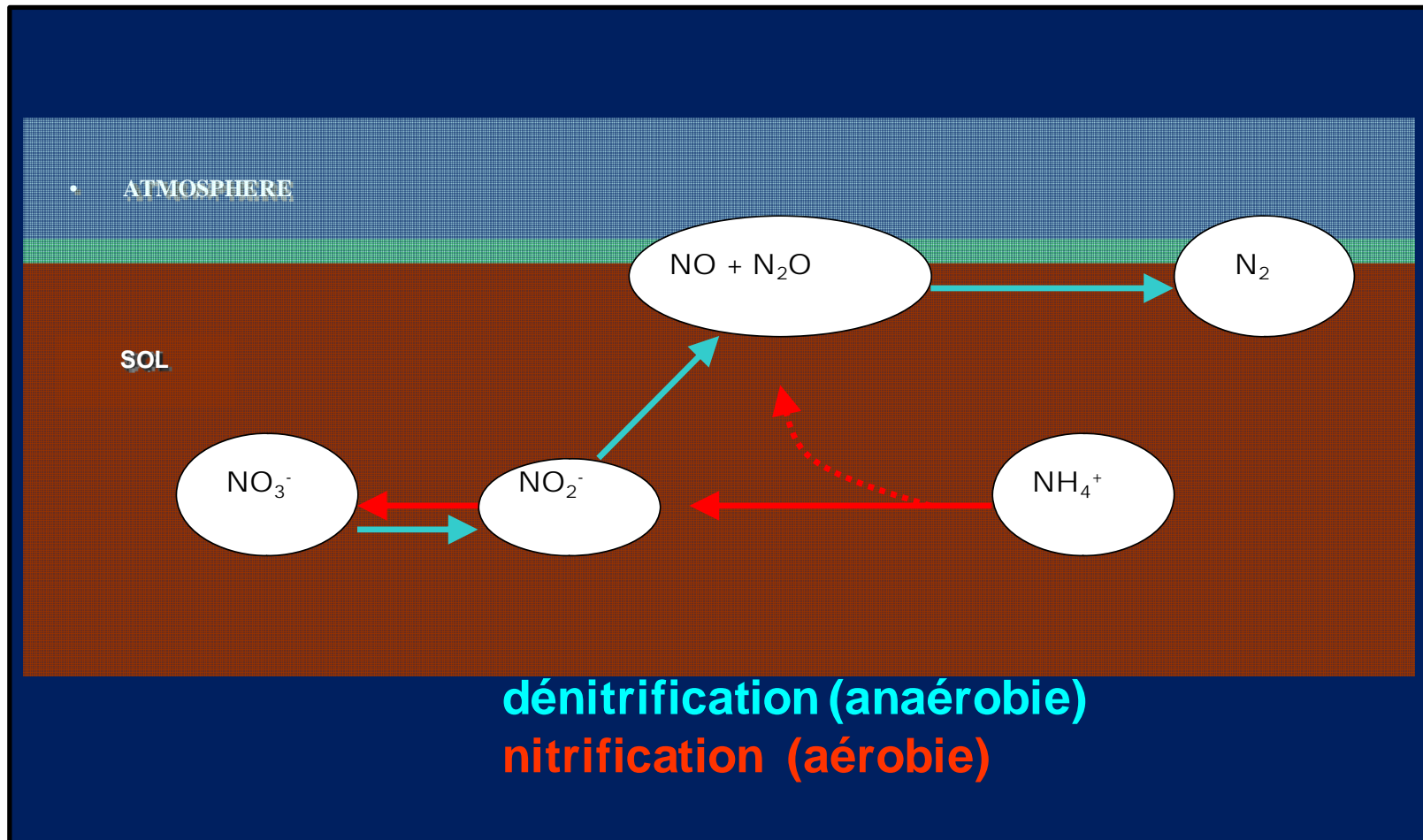


PLAN

- Bases scientifiques (quelques éléments)
- Cadre général des mesures pour réduire les émissions de N₂O par les sols
- Quelques exemples concrets
- Conclusions

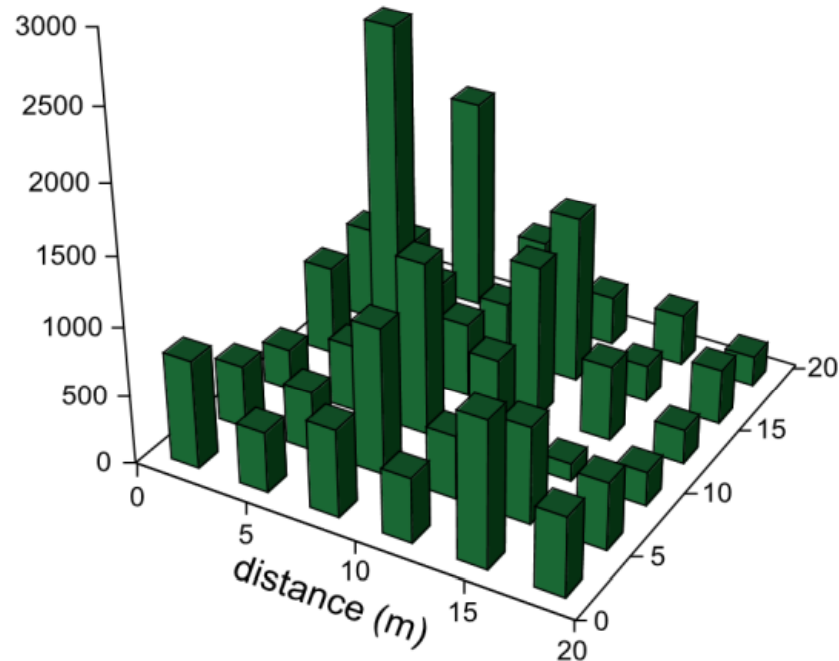
Mécanismes de production de N_2O par les sols

- Mécanismes microbiens essentiellement -



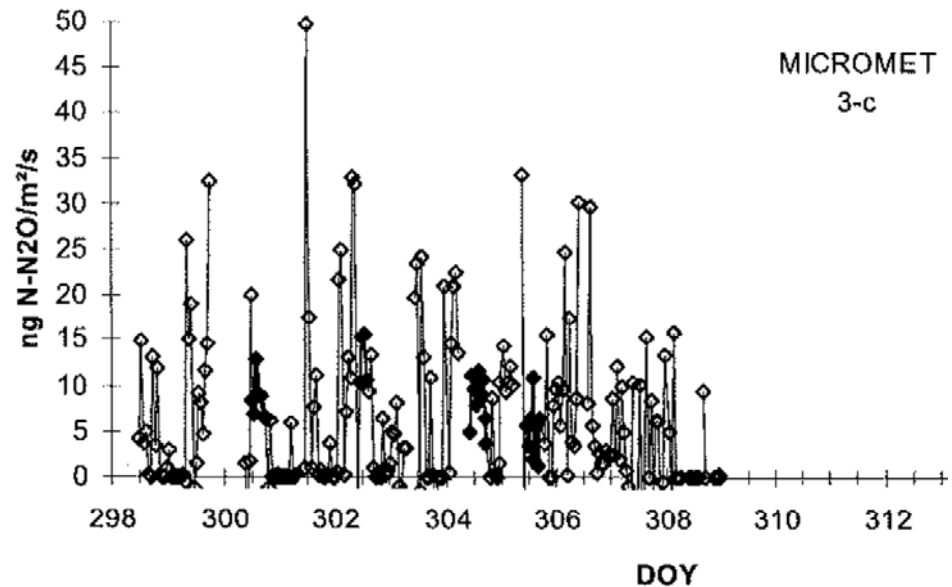
Variabilité des émissions de N₂O par les sols - à toutes les échelles ! -

Variabilité spatiale



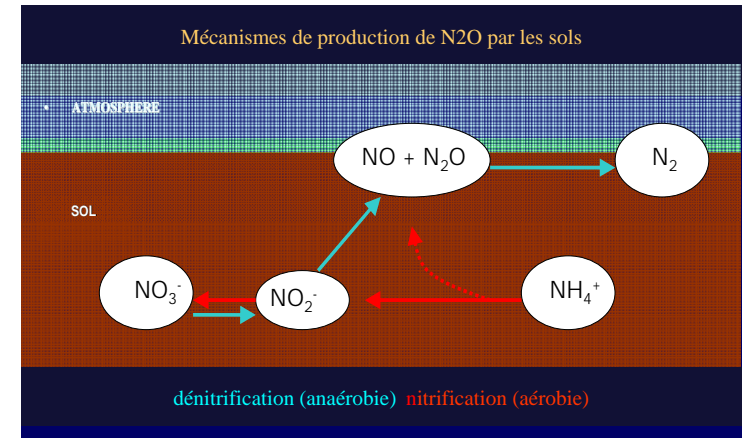
Mathieu *et al.*, 2008. *UB Sciences*. 3:45-51

Variabilité temporelle



Laville *et al.*, 1997. *Agronomie*. 17:375-388

Déterminisme des émissions de N_2O par les sols : Variabilité des émissions en fonction des situations



Synthèse

- Origine microbienne des émissions de N₂O par les sols
- Importante variabilité spatiale et temporelle
- Explication au moins partielle de cette variabilité dans certains cas

Propositions générales pour réduire les émissions de N₂O par le secteur agricole

Mesures proposées (IPCC, 2007)



- Meilleure gestion des flux de carbone et d'azote en agriculture
- Renforcement des absorptions (puits de carbone, ...) , puits de N₂O)
- Report ou déplacement des émissions

Notre positionnement par rapport à ces mesures

- ⇒ Améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'azote à l'échelle de la culture et du système de culture
- ⇒ Intervenir sur le fonctionnement des processus microbiens

Niveaux d'interventions pour la gestion des émissions de N₂O par les sols

Niveau	Action	Échéance
Stratégique	Définir des actions Type et taille des exploitations Objectifs : production et/ou environnement	> 5 ans
Tactique	Conduite des parcelles Rotation des cultures Systèmes de pâturage Systèmes de drainage Systèmes d'irrigation	Année
Opérationnel	Logistique, décisions Apports de fertilisants (date et quantité) Travail du sol	Journée - mois

D'après Oenema ,
1999. *Int. N₂O
Workshop, Banff,
Canada*, pp 175-
191

- ⇒ Améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'azote à l'échelle de la culture et du système de culture
- ⇒ Intervenir sur le fonctionnement des processus microbiens

Améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'azote

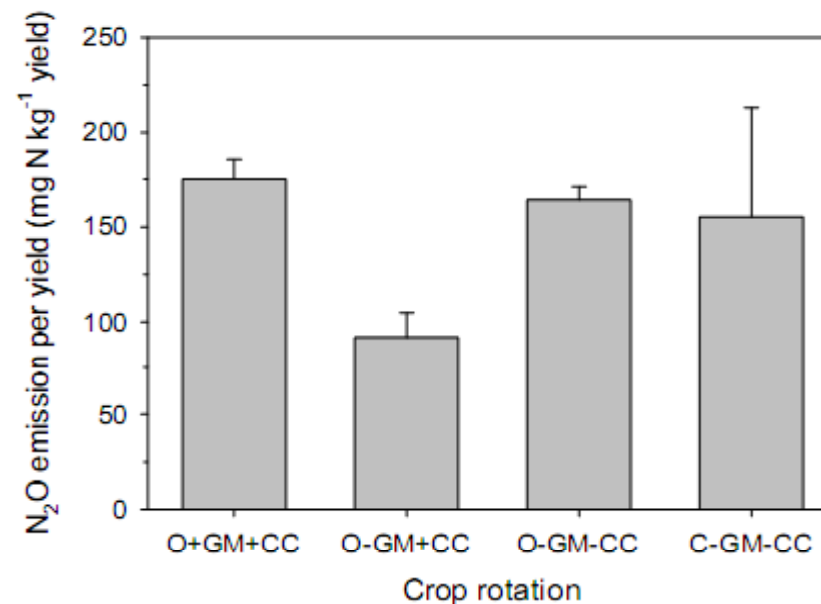
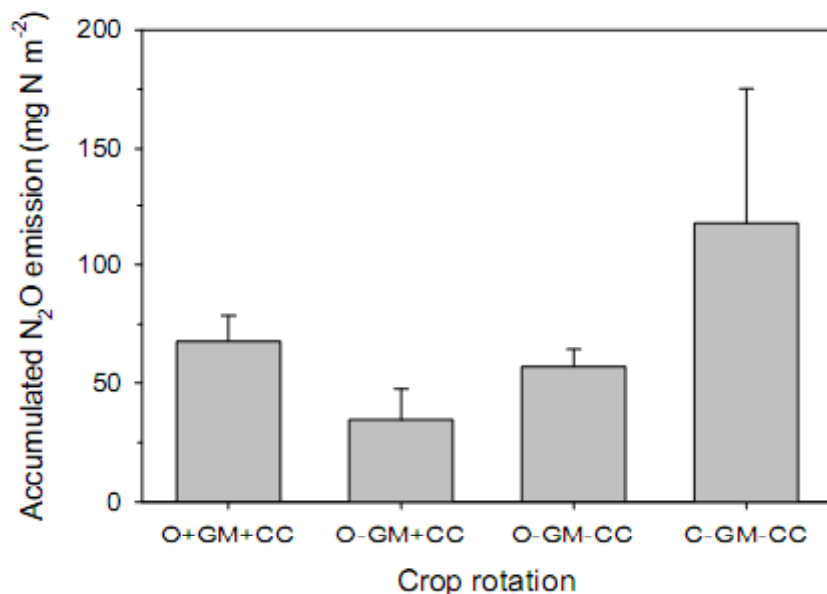
Exemple des travaux de Carter *et al.*, 2009

Expérimentation réalisée au Danemark

Mesure des émissions de N₂O de cultures en blé d'hiver dans différents systèmes de culture, à l'aide de la méthode des chambres au sol

➤ Systèmes de culture considérés

	Fertilisation	Engrais Vert	Culture de couverture
O+GM+CC	Lisier	+	+
O-GM+CC	Lisier	-	+
O-GM-CC	Lisier	-	-
C-GM-CC	Minérale	-	-



Améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'azote

Exemple du projet CASDAR 7-175 (UNIP)

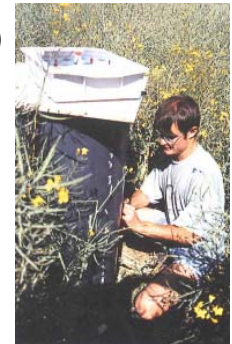
1. Principe

- Introduire une légumineuse en tête de rotation, avec des objectifs
 - Agronomiques
 - Environnementaux
 - Economiques
- Rotation proposée : Pois – Colza - Blé



2. Essai en cours

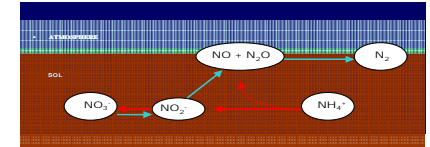
- Essai au champ avec mesures ponctuelles des émissions de N_2O aux différents stades de la rotation, à l'aide de la méthode des chambres au sol



3. Premiers résultats

- Emissions de N_2O pendant et après la culture de pois du même ordre de grandeur que celles des cultures non fertilisées
- Réponse à l'azote du colza différente selon le précédent (pois ou blé)

Intervenir sur le fonctionnement des processus microbiens



Modifier les caractéristiques physiques et hydriques des sols par le travail

I. Principe

- Favoriser les conditions aérobies dans le sol pour limiter l'activité de dénitrification
- Mais, éventuelles interactions avec le devenir de la matière organique

II. Conditions actuelles : simplification du travail du sol

“The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practiced in the long term”

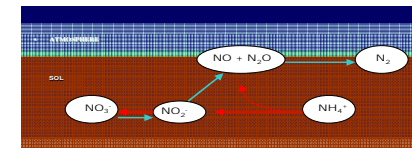
S IX J., OGLE S., BREID F., RICH T. CONANT R., MOSIER A., PAUSTIAN K.

Global Change Biology (2004) 10, 155–160

Climat	Δ (émissions de N ₂ O) - kg N-N ₂ O ha ⁻¹ an ⁻¹ (N ₂ O) _{sans labour} - (N ₂ O) _{labour conventionnel}		
	5 ans	10 ans	20 ans
Humide	3,8	1,1	-4,2
Sec	1,3	0,9	0
Climat	Δ GWP (GWP) _{sans labour} - (GWP) _{labour conventionnel}		
	5 ans	10 ans	20 ans
Humide	391	-463	-2066
Sec	1508	392	-361

Intervenir sur le processus de nitrification

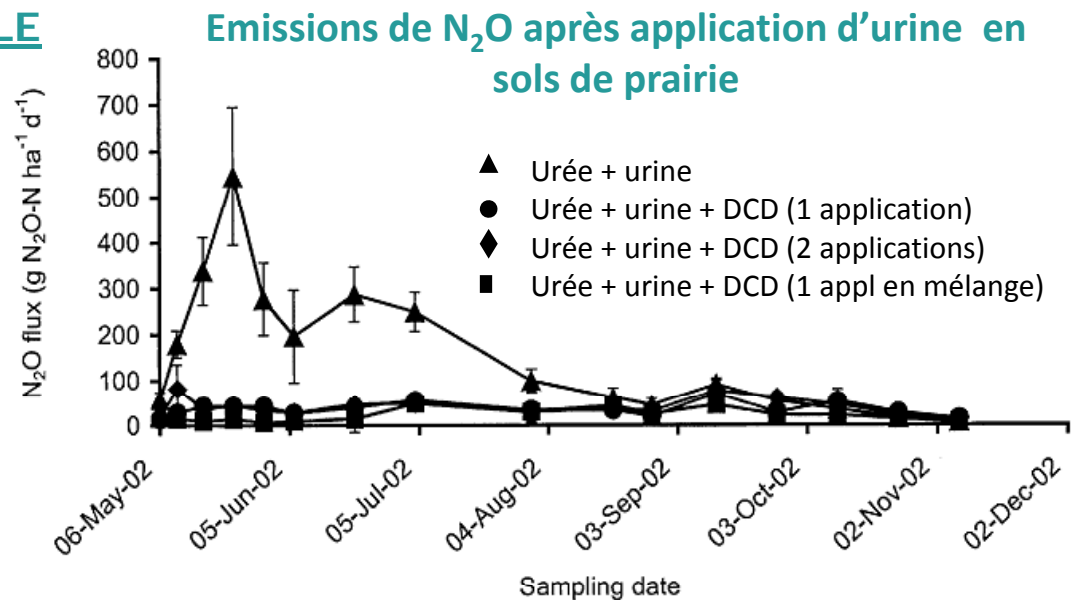
Utilisation d'inhibiteurs



I. APPROCHE EXPERIMENTALE

DCD : dicyandiamide,
Inhibiteur de l'oxydation
de l'ammonium en nitrites,
commercialisé sous le nom eco-N

D'après Di and Cameron, 2003
Soil Use Manag. 19:284-290



II. APPROCHE COMPTABLE

Type d'azote apporté dans les sols	Quantités 10 ⁹ g N	Facteur d'émission kg N-N ₂ O/kg N	Emissions directes par les sols 10 ⁹ g N-N ₂ O
Fertilisants de synthèse	256	0,01	2,56
Fertilisants de synthèse + eco-N	54	0,0079	0,4266
Dejections animales	39	0,01	0,39
Fixation azotée	4	0,01	0,04
Résidus de culture	9	0,01	0,09

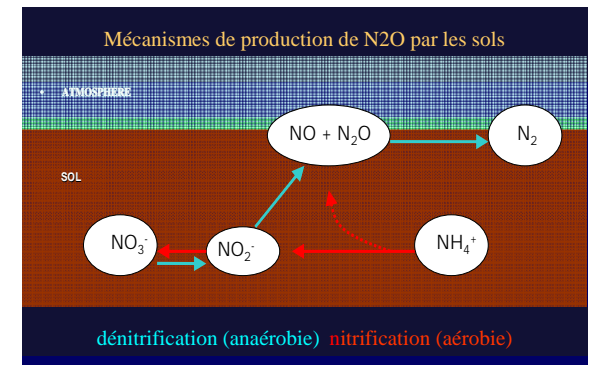
Proposition d'inventaire des émissions de N₂O par les sols agricoles à l'échelle de la Nouvelle Zélande

D'après Clough *et al.*, 2007
Nutr Cycl Agroecosyst. 78: 1-14

Intervenir sur la réduction de N_2O en N_2 : Utilisation des symbiotes des Légumineuses

I. Principe

- Intervenir sur la **fonction de réduction de N_2O en N_2** des sols, notamment dans des situations où cette étape est ralentie
- Utiliser des micro-organismes symbiotiques de plantes cultivées
- Certains ***rhizobia***, symbiotes des légumineuses possèdent les gènes *nosZ* codant pour la synthèse de la N_2O réductase



⇒ Cultiver des légumineuses

- inoculées avec des souches d'intérêt (possédant les gènes *nosZ*)
- sur les sols émetteurs de N_2O du fait d'une faible capacité à réduire ce gaz

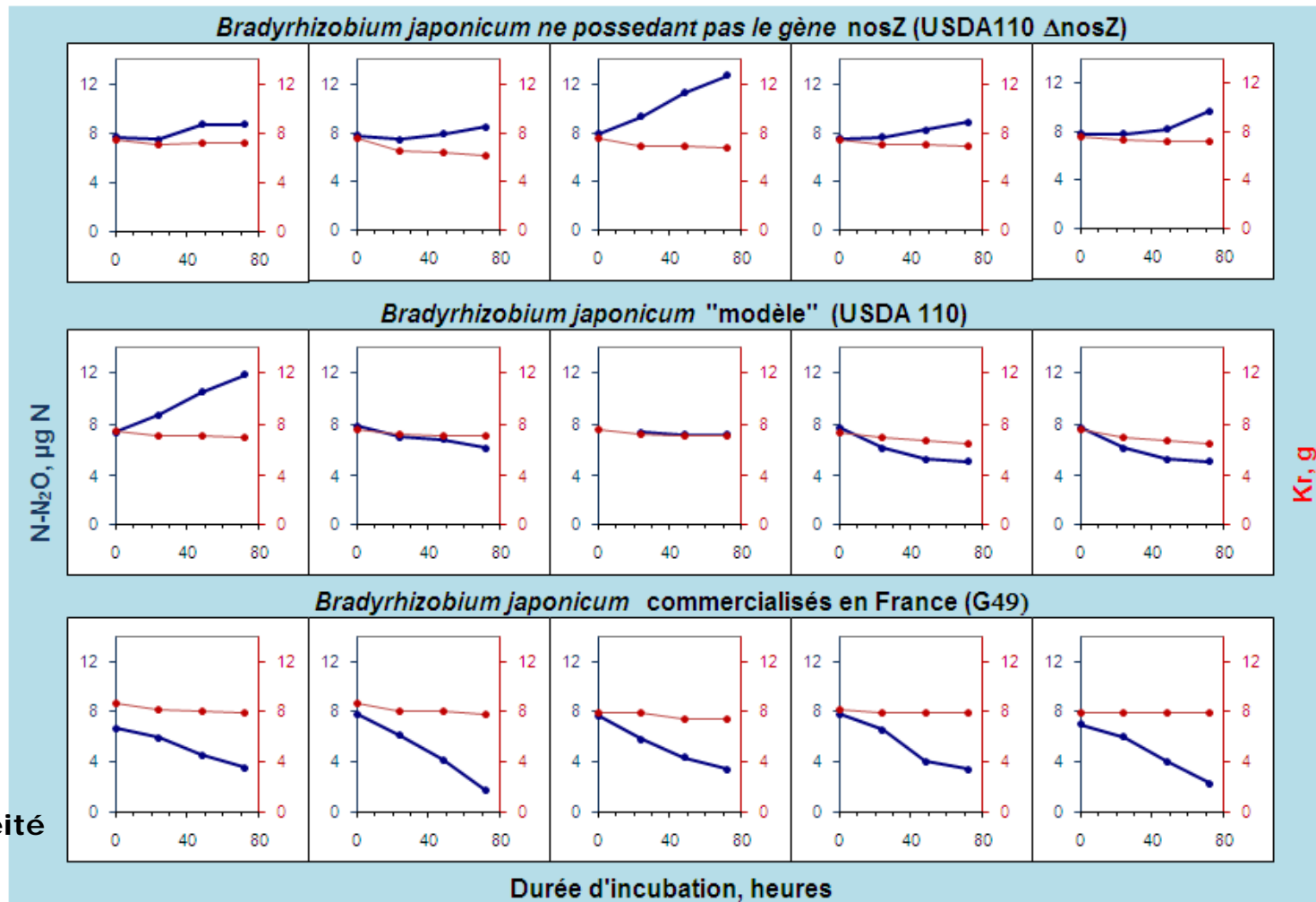
Intervenir sur la réduction de N₂O en N₂ : Utilisation des symbiotes des Légumineuses

II. Résultats récemment obtenus



Sol présentant une faible capacité à réduire N₂O en N₂

- Kr, traceur d'étanchéité du dispositif
- N₂O



Réduction des émissions de N₂O par le secteur agricole : Synthèse des exemples

- Améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'azote à l'échelle de la culture et du système de culture
 - Développement de plantes cultivées qui absorbent et utilisent l'azote plus efficacement
 - Adaptation des apports d'azote aux besoins de la plante
 - Raisonnement des rotations et/ou des systèmes de culture
- Intervenir sur le fonctionnement des processus microbiens
 - Intervenir sur le processus de dénitrification en modifiant les caractéristiques physiques et hydriques des sols
 - Intervenir sur le processus de nitrification
 - Intervenir sur la fonction de réduction de N₂O en N₂
 - Utilisation des symbiotes des légumineuses
 - Gestion de la matière organique dans les sols
 - Intervenir spécifiquement sur nit/dénit (forme des fertilisants)

La variabilité spatiale des émissions de N₂O par les sols : **Une opportunité ?**

- **Choix des situations sur lesquelles intervenir prioritairement**
- **Compréhension de l'origine de la variabilité**
- **Développement de solutions adaptées aux conditions locales**

Développement de solutions adaptées aux conditions locales : **Contraintes supplémentaires**

- **Prise en compte des émissions indirectes**
- **Pas de transfert de pollution, prise en compte des différents GES**
- **Pertinence socio-économique**



Merci de votre attention



Rencontres de Blois: les 25 et 26 novembre 2009
« Fertilisation raisonnée et analyse de terre: Quoi de neuf en 2009? »