



Émissions de gaz à effet de serre et systèmes de culture : cas du protoxyde d'azote, N₂O

Pierre CELLIER, Benoît GABRIELLE

UMR INRA-AgroParisTech
"Environnement et Grandes Cultures"
Grignon

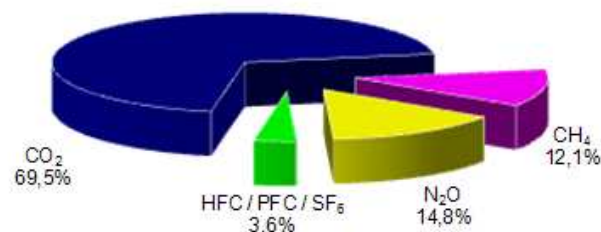


ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

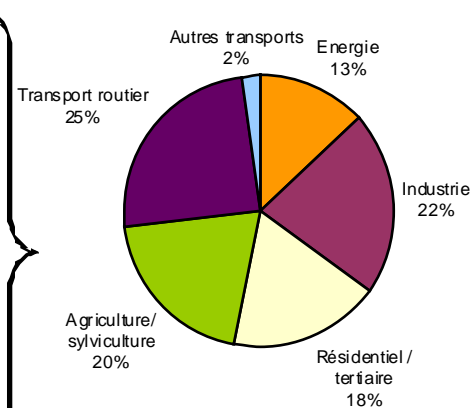


Les activités agricoles et forestières, une responsabilité équivalente aux autres secteurs vis-à-vis du pouvoir de réchauffement global

EGER



CO ₂	0.0	hors transports et UTCF
CH ₄	79.2	Fermentation entérique des ruminants
N ₂ O	83.1	Fertilisation azotée des sols agricoles
PRG	18	Principalement N ₂ O et CH ₄



(source Citepa, 2009)



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Plan de l'exposé

- Introduction
- Déterminisme des émissions de N₂O. Questions et implications pour la recherche et l'action
 - Local (parcelle)
 - Spatial (paysage, territoire, ...)
- Conclusions: quelles voies de progrès?

→ *Réflexions, questions d'un pseudo-agronome, « baignant » dans une vision plus environnementaliste qu'agronomique.*

→ *Fortement axé sur l'azote.*

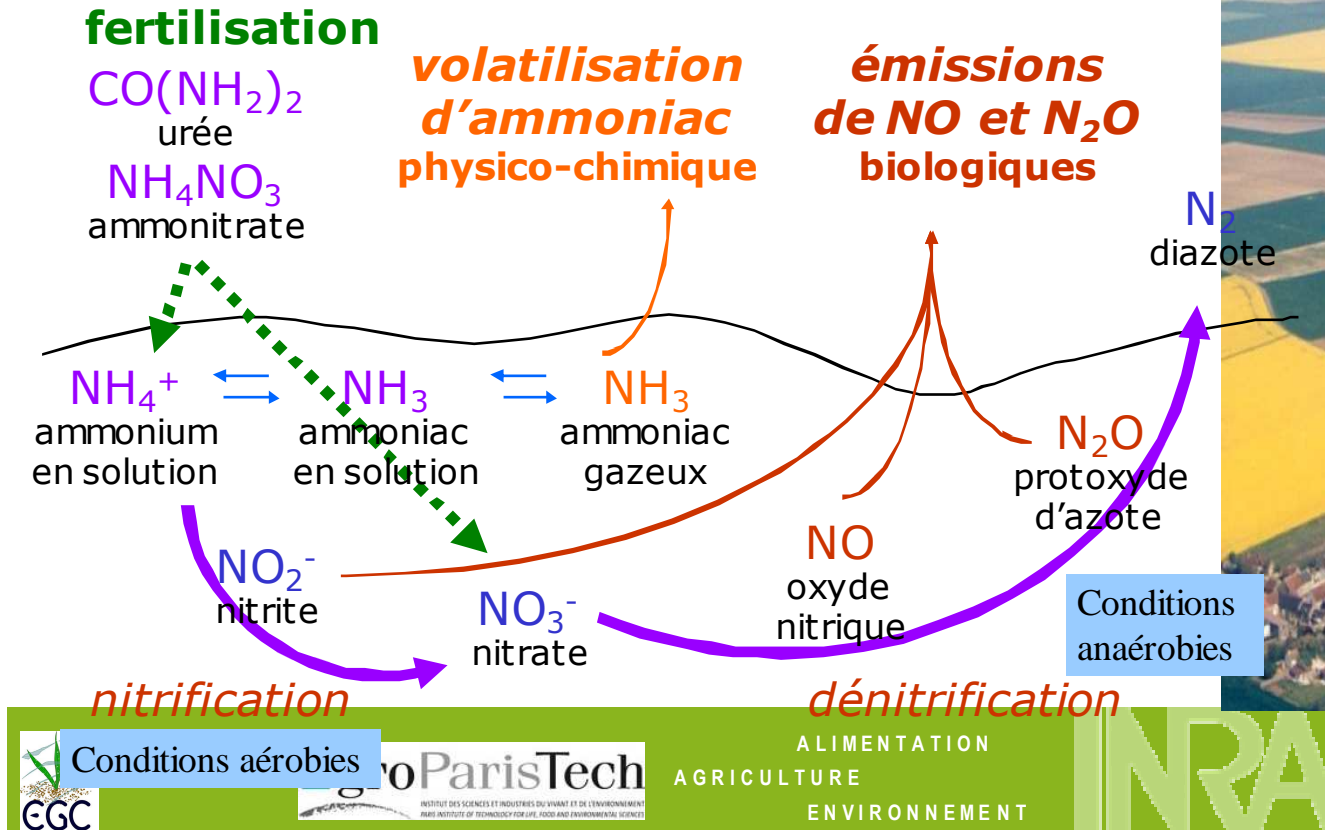
EGER



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



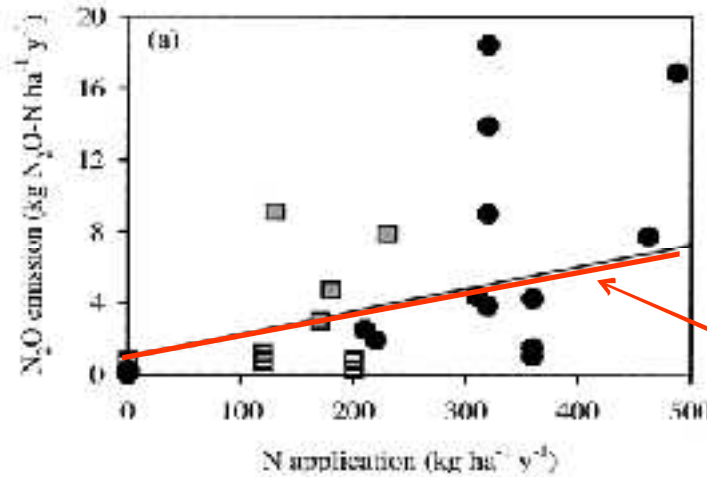
Rappel: origine des pertes gazeuses après fertilisation azotée



Les émissions de N₂O sont intrinsèquement difficiles à estimer, extrapoler et modéliser

- Dépendante des facteurs du milieu, tant abiotiques que biotiques: types de sol (incluant la microflore), climat, cultures (Ex: légumineuses) et pratiques agricoles (fertilisation, travail du sol, ...)
- Forte variabilité spatiale: 1 à 2 ordres de grandeur entre divers endroits d'une parcelle
- Forte variabilité temporelle: pratiques de fertilisation et de travail du sol, gestion des résidus/interculture, phénomènes climatiques, ...
- Rapport des émissions de N₂O à la dénitrification totale très variable (0-100%??). Forte source d'incertitude.

Des facteurs d'émissions très variables ...



Émissions de N₂O sur prairies (●), céréales (□) et autres cultures (■) en Ecosse. (Skiba et Smith, 2000)

Bouwman (1994); IPCC

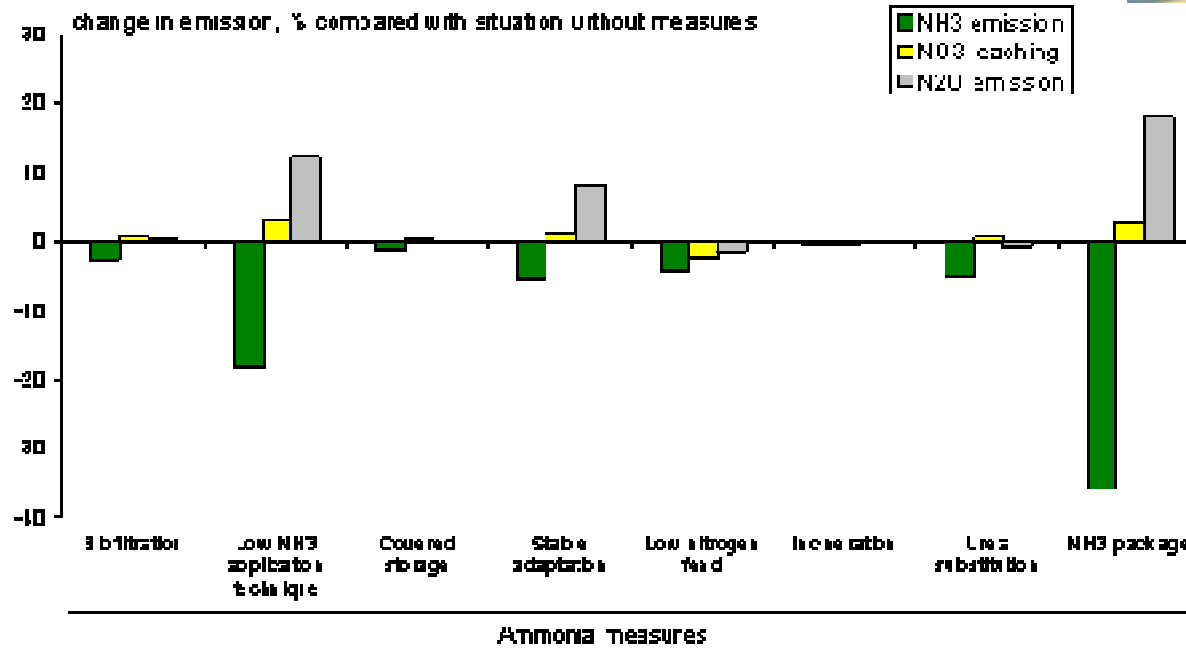
→ Le niveau de fertilisation n'est pas la seule source de variation

Les facteurs d'émissions déterminés à partir d'une expérimentation ne sont pas directement extrapolables à des échelles plus grandes; ils n'ont de signification que pour des échelles d'espace grandes dans lesquelles on intègre cette variabilité (mini = région ?)

→ expliquer les origines de cette variabilité

Quels conseils donner ?

Émissions de composés azotés et mesures agro-environnementales



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

Projet MITERRA-Europe



Les effets d'une pratique à moyen et long terme peuvent être différents des effets à court terme

EGER

Exemple du travail du sol

Différences annuelles en flux de GES et pouvoir de réchauffement (GWP) entre non-travail du sol et travail conventionnel (en équivalents CO₂)

No-till – conventional till

	Year 5				Year 10				Year 20					
	(kg ha ⁻¹ yr ⁻¹)		GWP		(kg ha ⁻¹ yr ⁻¹)		GWP		(kg ha ⁻¹ yr ⁻¹)		GWP			
	Estimate	SE [†]	Estimate	SE	Estimate	SE	Estimate	SE	Estimate	SE	Estimate	SE		
Soil organic C														
Humid	194	4	-710	+	16	213	2	-780	7	222	1	-815	+	4
Dry	-306	6	1123	+	23	-37	3	137	10	97	2	-356	+	6
NO _x														
Humid	33	0.8	1114	-	237	11	118	310	227	112	11	1258	-	583
Dry	13	1.3	198	-	132	6.3	12	288	35	110	11	118	-	495
CH ₄														
Humid	104	0.9	173	-	31	190	0.3	13	31	101	0.9	173	-	171
Dry	116	0.8	11	-	84	100	0.3	13	31	118	0.8	11	-	181
Soil-derived GWP														
Humid			101	-	138	-	40	213				210	+	583
Dry			1508	-	132	-	32	307				309	+	495

[†]SE = standard error and GWP units are CO₂ equivalents (kg ha⁻¹ yr⁻¹). Values in the columns headed by year 5, 10 and 20 are estimates for 5, 10 and 20 yr after conversion from conventional till to no-till. Estimates are based on output of linear mixed-effect modelling of all currently available data. Negative numbers indicate a reduction in global warming potential or a mitigation of global warming.

+ = diminution, - = augmentation du GWP



AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

(d'après Six et al., 2004)

Conclusions à l'échelle locale

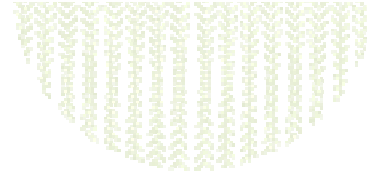
- Nécessité d'approches multi-locales et coordonnées pour acquérir des références fiables et représentatives
- Mise en place de dispositifs d'observation à moyen et long terme
- Prise en compte des rotations et des systèmes de production
- Nécessité d'observations multi-composés: azote, carbone, ...

EGER



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT





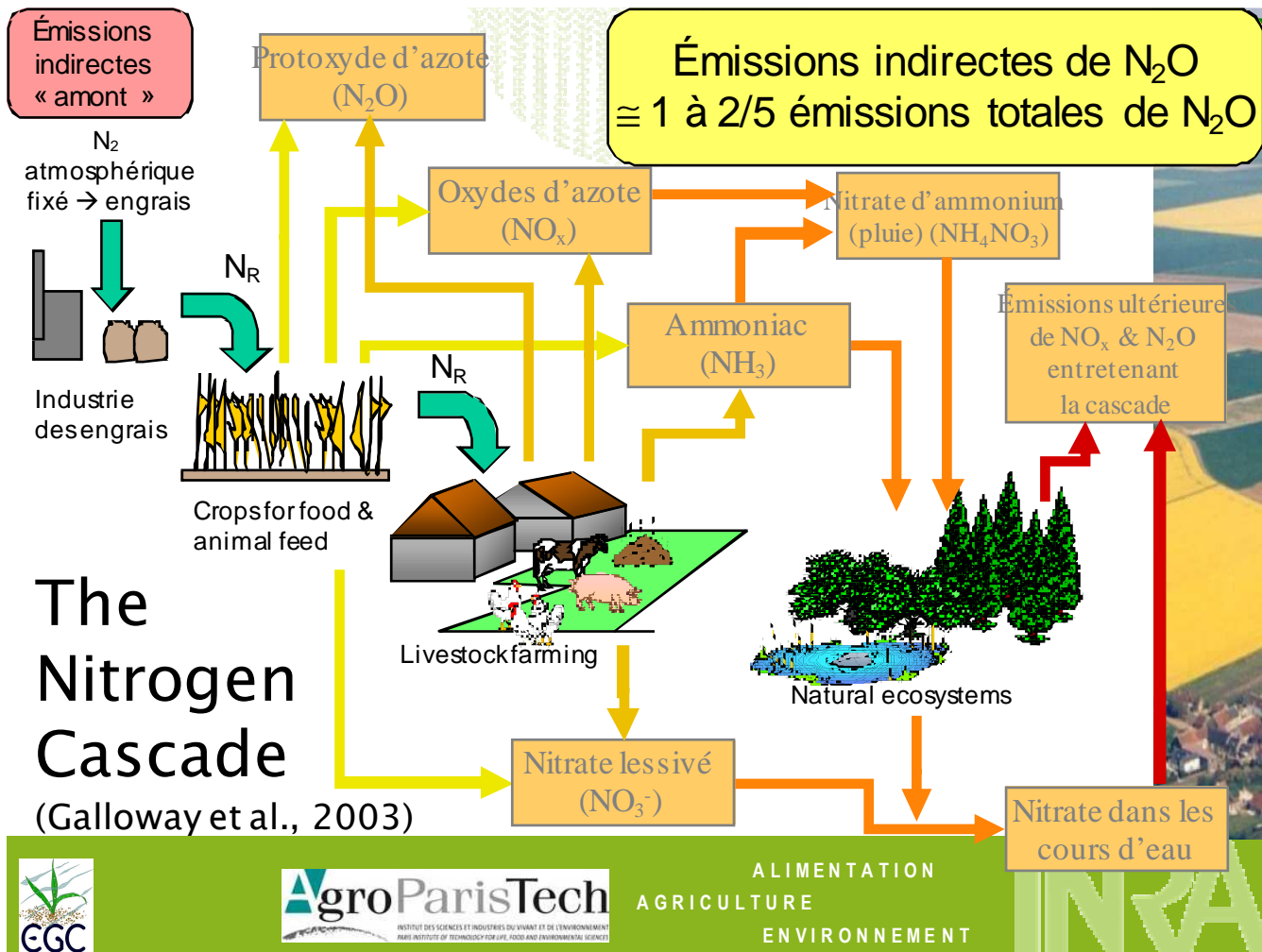
Et ...

lorsqu'on sort de la parcelle ?



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT





Quelles nouvelles questions à l'échelle du paysage/territoire?

EGER

- Échelle où on peut faire une évaluation plus pertinente qu'à la parcelle ou l'exploitation agricole?
- Émissions indirectes: quel est leur ordre de grandeur? Quels sont leurs déterminants principaux, entre paysage (utilisation du sol, types de sources, hydrologie, ...) et système de culture
- Comment faire un bilan des composés azotés et de la cascade de l'azote à ces échelles? Est-ce pertinent ?
 - Modélisation? (Ex: NitroEurope-C4)
 - Expérimentalement?
- Modulation par les caractéristiques locales du milieu: jusqu'à quelle mesure sait-on / peut-on prendre en compte ces interactions (si elles sont significatives)? Et les utiliser en terme de gestion et d'action?
- Qu'est ce qu'un territoire en terme de cycles biogéochimiques et émissions de GES? Comment y prendre ne compte les acteurs ?
- Peut-on moduler les mesures agro-environnementales (MAE) selon les territoires? Gestion différenciées des territoires?
- ...



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Conclusions : 4 grands points

- Explorer des approches et concepts nouveaux: composante microbienne des sols (notamment capacité à réduire le N_2O en N_2), nitrification, gestion des matières organiques, conception et évaluation de systèmes de culture (notamment avec légumineuses, SCV, ...)
- Rénover nos approches expérimentales: métrologie, observation de longue durée, essais multi-locaux, plateformes technologiques en support. Aller vers plus de « collectif »
- Dépasser l'échelle de la parcelle agricole et du cycle annuel, notamment pour la conception et l'évaluation de MAE : exploitation, systèmes de culture, paysage → se donner des moyens, avoir des méthodes ad hoc, réfléchir à la pertinence et aux moyens d'action
- Aller plus à la rencontre des problématiques environnementales (→ impacts): lien en particulier avec des approches et groupes européens (INI, NinE, NitroEurope, TFRN)

EGER



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Bien distinguer « dénitrification »
 et « émission de N₂O » :
 2 étapes dans la réduction du nitrate en N₂

- 1 : NO₃⁻ → NO₂⁻ → N₂O
- 2 : N₂O → N₂
 (bloquée par l'acétylène)

Tous les sols, selon leur flore microbienne et les conditions d'expression, ne réalisent pas les deux étapes de la même manière → ± de N₂O dans le produit de la dénitrification

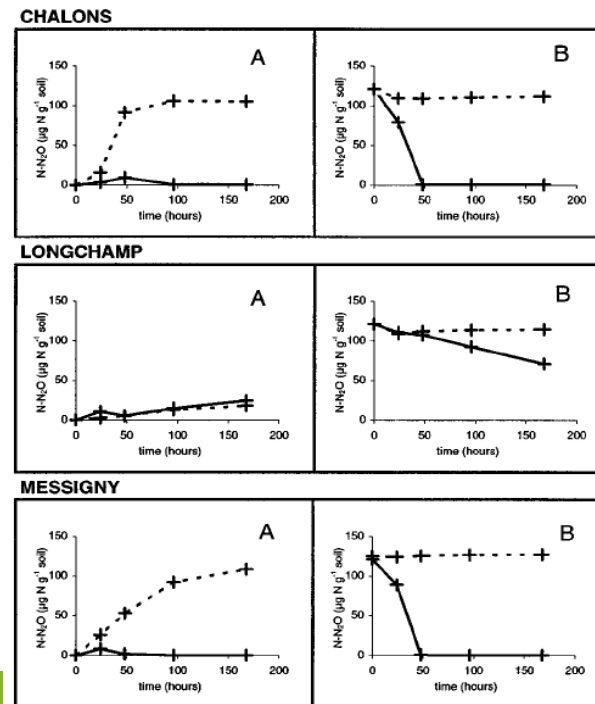


Fig. 6 Denitrifying activities of soil samples taken in May 1995; A: with nitrate addition, B: with nitrous oxide addition, — without acetylene, - - - with acetylene Henault et al., 1998

Conclusions : 4 grands points

- Explorer des approches et concepts nouveaux: composante microbienne des sols (notamment capacité à réduire le N_2O en N_2), nitrification, gestion des matières organiques, conception et évaluation de systèmes de culture (notamment avec légumineuses, SCV, ...)
- Rénover nos approches expérimentales: métrologie, observation de longue durée, essais multi-locaux, plateformes technologiques en support. Aller vers plus de « collectif »
- Dépasser l'échelle de la parcelle agricole et du cycle annuel, notamment pour la conception et l'évaluation de MAE : exploitation, systèmes de culture, paysage → se donner des moyens, avoir des méthodes ad hoc, réfléchir à la pertinence et aux moyens d'action
- Aller plus à la rencontre des problématiques environnementales (→ impacts): lien en particulier avec des approches et groupes européens (INI, NinE, NitroEurope, TFRN)

EGER



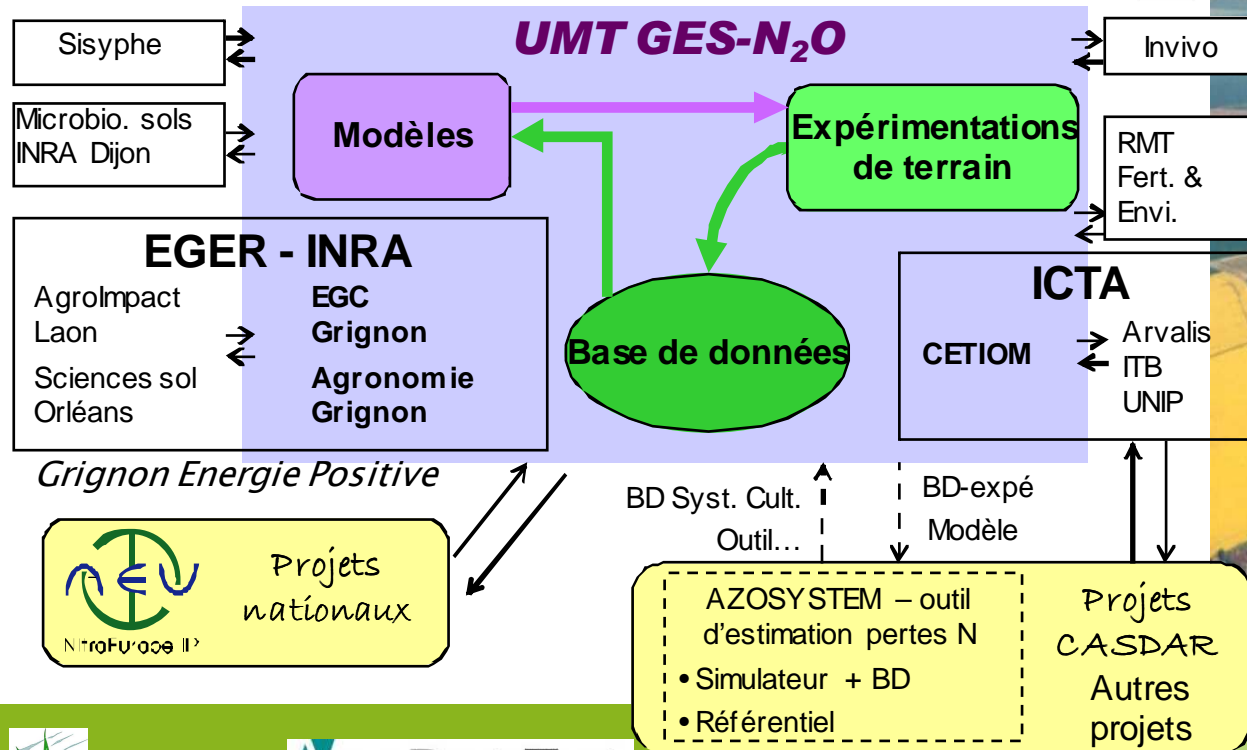
ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Par des partenariats avec le développement
Exemple de l'UMT GES-N₂O



EGER



AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Conclusions : 4 grands points

- Explorer des approches et concepts nouveaux: composante microbienne des sols (notamment capacité à réduire le N_2O en N_2), nitrification, gestion des matières organiques, conception et évaluation de systèmes de culture (notamment avec légumineuses, SCV, ...)
- Rénover nos approches expérimentales: métrologie, observation de longue durée, essais multi-locaux, plateformes technologiques en support. Aller vers plus de « collectif »
- Dépasser l'échelle de la parcelle agricole et du cycle annuel, notamment pour la conception et l'évaluation de MAE : exploitation, systèmes de production, paysage → se donner des moyens, avoir des méthodes ad hoc, réfléchir à la pertinence et aux moyens d'action
- Aller plus à la rencontre des problématiques environnementales (→ impacts): lien en particulier avec des approches et groupes européens (INI, NinE, NitroEurope, TFRN)

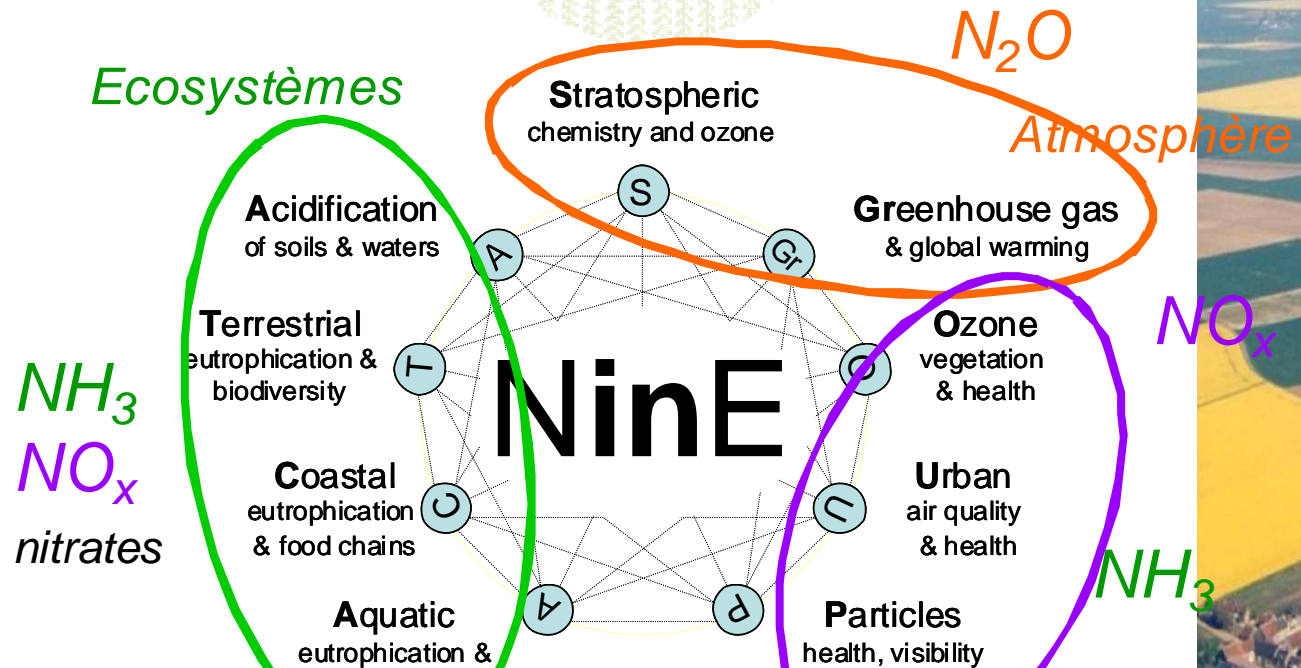
EGER



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Exemple: Projet "Nitrogen in Europe" de l'ESF

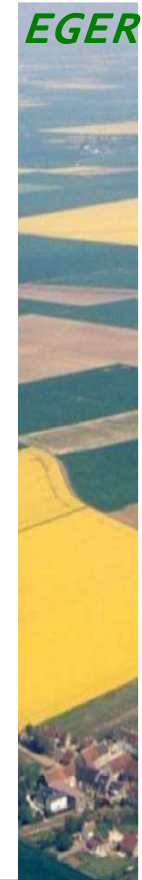
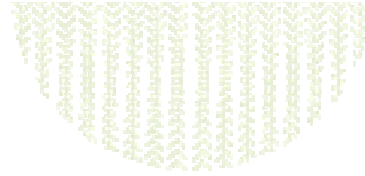


- A provisional ranking order for damage from N-emissions (euro per kg N) is: Health impacts from NO_x (20) > NH₃ (12) ≈ GHG effect N₂O (9) > Ecosystem impacts NH₃ & NO_x & N-runoff (2-8) > health impacts NO₃⁻ (1).
- Total annual N-related damage cost in EU27 was estimated at 170 billion euro of which ~75% is related to health damage and air pollution.

Conclusions : 4 grands points

- Explorer des approches et concepts nouveaux: composante microbienne des sols (notamment capacité à réduire le N_2O en N_2), nitrification, gestion des matières organiques, conception et évaluation de systèmes de culture (notamment avec légumineuses, SCV, ...)
- Rénover nos approches expérimentales: métrologie, observation de longue durée, essais multi-locaux, plateformes technologiques en support. Aller vers plus de « collectif »
- Dépasser l'échelle de la parcelle agricole et du cycle annuel, notamment pour la conception et l'évaluation de MAE : exploitation, systèmes de culture, paysage → se donner des moyens, avoir des méthodes ad hoc, réfléchir à la pertinence et aux moyens d'action
- Aller plus à la rencontre des problématiques environnementales (→ impacts): lien en particulier avec des approches et groupes européens (INI, NinE, NitroEurope, TFRN)





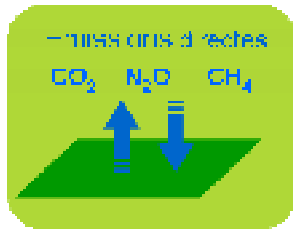
EGER



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



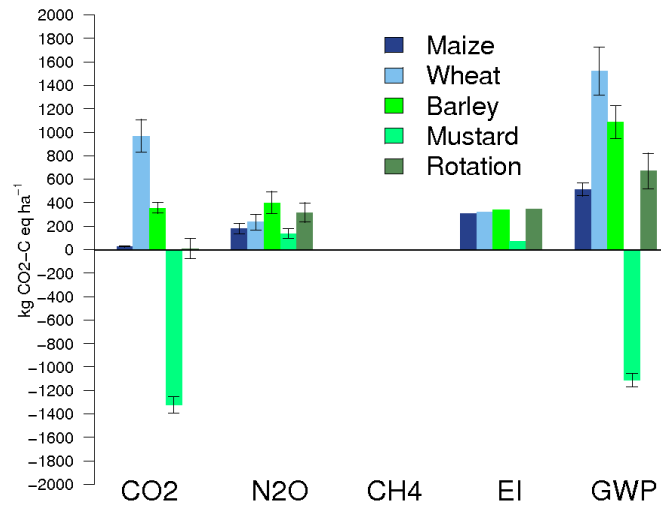
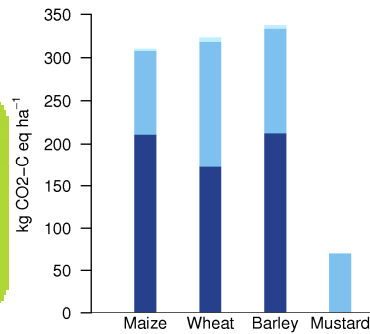
Apport de la modélisation pour les échelles temporelles plus longues (ici, rotation sur 30 ans + calcul GWP/PRG)



■ CO₂ and N₂O: simulations sur ~30 ans, modèle CERES-EGC.
 NBP = NEP – Exported biomass + Imported biomass

Site de Grignon

+670 kg CO₂-C eq ha⁻¹ an⁻¹



(Lehuger et al., 2009)