





# Connaissance et GEStion des émissions de N2O par les cultures

# Les projets actuels sur le N<sub>2</sub>O, en France

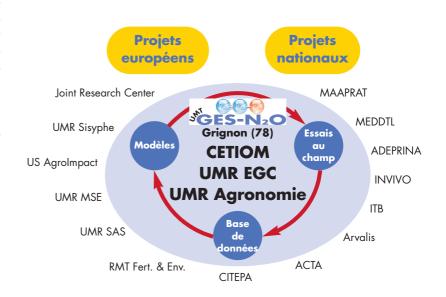
En France, un effort de recherche important a été réalisé afin de préciser la contribution de l'agriculture au réchauffement climatique et de développer des moyens pour limiter les émissions de gaz à effet de serre. De nombreux projets sur le protoxyde d'azote (N2O), puissant gaz à effet de serre essentiellement d'origine agricole, sont actuellement menés par les organismes de recherche et développement, à différentes échelles d'étude. Basée à Grignon (78), l'UMT GES-N2O collabore avec ces partenaires sur l'ensemble du territoire français, ce qui lui donne un large rayonnement national et européen.

### Présentation de l'UMT GES-N<sub>2</sub>O

L'Unité Mixte Technologique « GES-N<sub>2</sub>O », basée à Grignon (78), a été créée en 2008. Les deux partenaires constitutifs de l'UMT sont le CETIOM (Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux et du chanvre) et l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), à travers les UMR EGC et Agronomie de Grignon.

L'UMT fédère la maîtrise conceptuelle et métrologique de l'INRA avec les connaissances techniques du CETIOM. Cette interaction est essentielle pour construire des solutions techniques faiblement émettrices de N<sub>2</sub>O et des méthodes pour estimer les émissions de N<sub>2</sub>O fiables et représentatives de l'ensemble des situations agricoles françaises. L'UMT GES-N<sub>2</sub>O collabore avec des partenaires de recherche et développement, français et européens, dans le cadre de nombreux projets (SYST'N, NO GAS, S.I.C, NitroEurope-IP, etc.).

En juillet 2009, le **séminaire national de lancement de l'UMT GES-N<sub>2</sub>O** a rassemblé à Paris les principaux acteurs de R&D français sur le thème des émissions de N<sub>2</sub>O par les grandes cultures. Les présentations des différents intervenants sont accessibles à l'adresse : http://www.cetiom.fr/index.php?id=14319.



# **OBJECTIFS DE L'UMT GES-N2O**

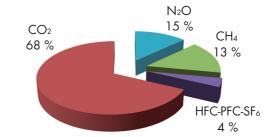
- Fiabiliser la connaissance et la prédiction des émissions de N2O, en améliorant les modèles d'émission directe et indirecte
- Etudier les effets d'éléments d'itinéraires techniques reconnus comme susceptibles de modifier les émissions de N2O
- Caractériser les systèmes de culture actuels et mettre au point des systèmes peu émetteurs en N2O
- Constituer une structure reconnue sur les émissions de N<sub>2</sub>O

# Le N<sub>2</sub>O, puissant gaz à effet de serre émis par les systèmes agricoles

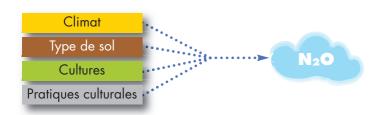
Le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) est un puissant Gaz à Effet de Serre (GES) qui participe au changement climatique et à la destruction de la couche d'ozone. En France, le N<sub>2</sub>O contribue au pouvoir de réchauffement global à hauteur de 15 %. Les activités agricoles et forestières représentent 84 % des émissions totales de N<sub>2</sub>O (CITEPA, 2011). L'agriculture a donc une forte responsabilité dans la problématique de l'effet de serre et doit trouver les moyens pour diminuer ses émissions de GES.

Dans les sols agricoles, le N<sub>2</sub>O est produit par des communautés microbiennes, à travers deux processus : la nitrification (oxydation de l'ammonium en nitrate) en conditions aérobies et la dénitrification (réduction du nitrate en azote gazeux) en conditions anaérobies.

#### PRG hors UTCF1 en France en 2009



(1) PRG hors UTCF = pouvoir de réchauffement global hors utilisation des terres, leur changement et la forêt Source: CITEPA. 2011



Les principaux facteurs influençant les processus microbiens et le transfert du sol vers l'atmosphère, qui déterminent les émissions de N<sub>2</sub>O, sont liés aux caractéristiques physico-chimiques des sols (texture, densité, matière organique, etc.), au climat et aux pratiques culturales (travail du sol, fertilisation, irrigation, etc.). Les émissions de N<sub>2</sub>O sont sujettes à une grande variabilité, spatiale et temporelle, qui rend leur estimation difficile.

Les **EMISSIONS DIRECTES** de N<sub>2</sub>O proviennent directement de la parcelle cultivée. D'après la méthode de niveau 1 du GIEC/IPCC, ces émissions sont corrélées à l'apport d'azote (N) à la parcelle, que ce soit sous forme minérale, organique ou dans les résidus de culture. Le **facteur d'émission correspondant est de 1**% (intervalle de confiance de 0,3 à 3 %), ce qui signifie que pour 100 kg d'N apporté à la parcelle, 1 kg sera perdu par voie gazeuse sous forme de N<sub>2</sub>O.

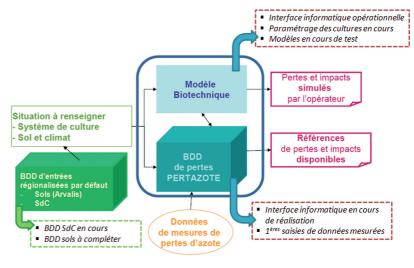
Les **EMISSIONS INDIRECTES** de N<sub>2</sub>O sont produites suite aux pertes d'N depuis la parcelle après volatilisation ammoniacale ou lessivage des nitrates, et transfert de l'N vers d'autres écosystèmes où peuvent se produire des émissions de N<sub>2</sub>O. Les émissions indirectes représenteraient **40** % **des émissions totales de N<sub>2</sub>O** et montrent la nécessité de considérer les émissions à l'échelle du paysage.

# Les projets en cours sur le N<sub>2</sub>O

# ▶A l'échelle de la parcelle

**SYST'N** ACTA, ARVALIS, CETIOM, CTIFL, IE, ITB, ITAVI, ITP, INRA [UMR SAS, UMR Agronomie, US Agro-Impact, UMR AGIR, UMR EGC, UMR FARE]

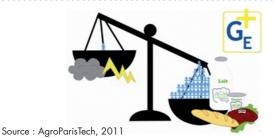
Initié en 2005, sous le nom d'AZOSYSTEM, le projet a pour objectif de développer une méthode de diagnostic des pertes d'N à l'échelle du système de culture pour améliorer la gestion de l'N par les agriculteurs. Les pertes d'N considérées sont les fuites de nitrates, les pertes d'ammoniac par volatilisation et les pertes gazeuses sous forme de N2O. L'outil développé dans le cadre du projet, intitulé **Syst'N**, est composé d'un simulateur, comprenant notamment un module d'estimation des émissions de N2O, de fichiers de variables d'entrée types (sol, climat et système de culture) et d'une base de données de pertes d'N dans différents contextes. La version test de l'outil a été finalisée en 2010. Les perspectives du projet sont la calibration et la validation du simulateur, l'amélioration de la base de données permettant son utilisation, puis la mise à disposition de l'outil aux utilisateurs.



Source: UMR SAS, 2012

#### **GRIGNON ENERGIE POSITIVE**

AgroParisTech

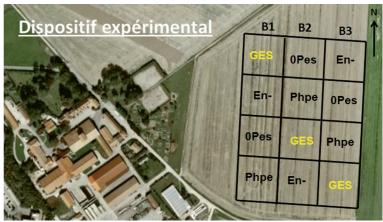


Grignon Énergie Positive (GE+) est un projet de recherche appliquée, lancé en 2005, visant à expérimenter et évaluer des options techniques permettant de réduire les consommations énergétiques et les émissions de GES sur une exploitation agricole. Depuis 2008, le projet GE+ a mis en place une plateforme de mesure des émissions de N2O sur la ferme expérimentale de Grignon. Ce dispositif couvre les principales cultures de vente et fourragères de la sole nationale, conduites selon des pratiques optimisées en France. Les résultats permettront d'évaluer l'impact des productions végétales de la ferme sur le changement climatique, de manière plus précise que l'évaluation obtenue à partir de coefficients d'émission du GIEC/IPCC. Ces informations serviront aussi à affiner les bilans à l'échelle du système ferme, à étudier l'influence de différents facteurs sur les émissions et à mettre en œuvre une gestion environnementale de l'exploitation plus efficace.

S.I.C

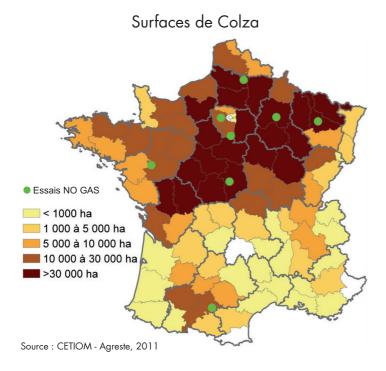
INRA-AgroParisTech, UMR Agronomie

Le projet S.I.C. (Systèmes de grandes culture Innovants sous Contraintes) vise à concevoir et à évaluer des systèmes de culture innovants répondant à des cahiers des charges de durabilité. Les systèmes de cultures innovants sont construits à dire d'experts, évalués a priori par modélisation (Indigo, AMG), puis a posteriori via une expérimentation au champ. Les objectifs des systèmes de culture sont triples : (i) satisfaire une contrainte majeure, (ii) respecter des objectifs environnementaux multiples, (iii) atteindre des niveaux de production élevés. Relativement à un système de référence, trois contraintes sont retenues : soit réduire de moitié les émissions de GES, soit diminuer de moitié la consommation d'énergie fossile, soit interdire l'utilisation de pesticide. En 2009, un essai a été mis en place sur le site de Grignon. Pour la réduction des émissions de N2O, les solutions techniques concernent une gestion optimale de la fertilisation azotée, l'utilisation de variétés à forte efficience d'utilisation d'N et le maintien d'un travail du sol superficiel. Les résultats obtenus permettront d'évaluer les stratégies agronomiques innovantes et de préciser les intensités de contraintes pouvant être assignées à des systèmes de culture.



Source : GOOGLE EARTH, 2007

NO GAS CETIOM, AgroParisTech, ADEPRINA, ARVALIS, ITB, InVivo, INRA [UMR EGC, UMR Agronomie, US AgroImpact, UR Science du Sol, UR Microbiologie des Sols, UMR SAS]



Initié en 2010, le projet national NO GAS (N₂O: mesure et modélisation en GrAndes cultureS), porté par l'UMT GES-N<sub>2</sub>O et financé par le CASDAR de 2010 à 2012, étudie les émissions directes de N<sub>2</sub>O émises par les grandes cultures françaises. À travers la mise en place d'un réseau expérimental de mesure des émissions de N2O dans les principales régions de grandes cultures françaises, le projet vise à acquérir des références sur les émissions directes de N2O, en fonction des conditions pédoclimatiques et des pratiques culturales, qui alimenteront une base de données nationale sur le N2O. Ces résultats permettront d'améliorer, de calibrer et de valider les modèles de simulation des émissions de N2O développés par la recherche (CERES-EGC-NOE et DNDC). La finalité est, d'une part, d'améliorer les méthodologies d'inventaire de GES en développant les méthodes de niveau 2 et 3 du GIEC/IPCC et, d'autre part, d'identifier les pratiques et usages du sol qui réduisent les émissions de N2O et permettront de concevoir des systèmes de culture peu émetteurs.

# ▶A l'échelle du bassin versant/territoire

**PIREN-Seine** UPMC, CNRS, INRA, CEMAGREF, autres Universités et Grandes Ecoles (ENSMP, ENPC, AgroParis-Tech, etc.)



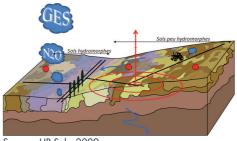
Source : Programme PIREN Seine, Agence

Le PIREN-Seine (Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement de la Seine) est un groupement de recherche dont l'objectif est de développer une vision d'ensemble du fonctionnement du réseau hydrographique de la Seine et son bassin versant. Le bassin de

la Seine, siège d'une agriculture productive conduisant à des apports d'N importants, offre un cas d'étude idéal des perturbations du cycle de l'N à l'échelle régionale.

Les expérimentations menées par le PIREN-Seine sur le  $N_2O$  visent à étudier (i) la production de  $N_2O$  dans le bassin versant, (ii) les facteurs de contrôle régulant les émissions et (iii) la caractérisation des microorganismes réalisant les processus. En couplant une approche terrain à une approche modélisation, les résultats visent à établir une typologie spatialisée des émissions de  $N_2O$  en lien avec l'occupation des sols du bassin, et à évaluer différents scénarii agro-économiques de gestion de l'N à l'échelle du bassin versant.

S<sup>2</sup> INRA [UR Science du Sol, UMR EGC], LPC2E, OSUC, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Université du Saskatchewan Canada



Source : UR Sols, 2009

Initié en 2008, le projet OS<sup>2</sup> (Observatoire Spatialisé Orléanais des Sols) vise à étudier les liens entre la variabilité spatiale du fonctionnement des sols (origine, relief, usage) et celle des émissions de GES

 $(N_2O\ et\ CH_4)$  sur un territoire. Il s'agit notamment de définir le niveau d'information minimal nécessaire pour prévoir spatialement les émissions par modélisation. Cette évaluation se fait en couplant la mesure et la modélisation des caractéristiques hydro-thermiques et des transformations du carbone et de l'azote dans les sols avec la mesure et la modélisation des flux de  $N_2O$ . Une approche métrologique et une approche par modélisation sont conduites en parallèle. Les résultats permettront (i) la mise au point de modèles spatiaux de fonctionnement des sols et (ii) la quantification des effets de modifications des pratiques agricoles, à l'échelle d'un territoire, sur l'évolution de la qualité des sols à travers leur contribution nette aux émissions de GES.

#### N-TWO-O / IMAGINE

(INRA Grignon - LSCE)

Le projet N-TWO-O, financé par l'ANR de 2007 à 2010, puis poursuivi par le projet Imagine, a pour but d'améliorer la connaissance des sources naturelles et anthropiques de N2O à l'échelle européenne et son devenir dans l'atmosphère. Ce projet combine deux approches complémentaires : (i) déterminer les flux de surface à grande échelle par inversion de mesures de concentration atmosphérique à haute précision avec un modèle de transport atmosphérique ; (ii) développer une nouvelle approche intégrée de spatialisation des émissions de N2O au sein des différents écosystèmes à l'échelle régionale. Le projet dispose à cet effet d'un réseau de mesures de haute précision permettant d'établir un gradient saisonnier de concentrations sur l'Europe de l'Ouest.

### NitroEurope-IP

62 partenaires à travers l'Europe dont l'INRA-AgroParisTech – UMR EGC



De 2006 à 2011, le projet européen **NitroEurope-IP** visait à évaluer l'effet des apports d'N réactif sur le bilan de GES (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>) des écosystèmes terrestres européens, et son rôle dans le fonctionnement biochimique du sol (stockage de carbone, émissions de N<sub>2</sub>O et CH<sub>4</sub>). Dans ce projet européen, le partenaire français était l'UMR INRA - AgroParisTech Environnement et Grandes Cultures,

impliquée dans les Composantes 1, 3 et 4. La Composante 1 concernait le développement de systèmes d'observations pour les flux d'N, la Composante 3 l'amélioration des modèles à l'échelle de la parcelle et la Composante 4 l'analyse des échanges d'N à l'échelle du paysage. Le site expérimental de Grignon, sur lequel les flux de  $CO_2$  et de toutes les formes de l'N ont été suivis en continu de 2006 à 2011, faisait partie d'un des systèmes d'observation de la Composante 1. La Composante 4 a servi de cadre pour le développement d'un modèle de transfert par voies naturelles et anthropiques et transformations de l'N à l'échelle du paysage agricole : le modèle **Nitroscape**. L'enjeu de ce modèle est d'évaluer l'impact des pratiques agricoles, d'options de mitigation et de scénarios agroéco-environnementaux sur les émissions directes, indirectes et les bilans de  $N_2O$ , de l'échelle de la parcelle à celles de l'exploitation et du paysage.