

**ASIRPA**

Analyse Socio-économique des Impacts  
de la Recherche Publique Agricole

# Changement climatique : élaboration de méthodes d'inventaires des émissions agricoles de N<sub>2</sub>O

*Avril 2014*

*(révisée le 23 Juillet 2014)*

Pierre Cellier – UMR EGC Grignon

Nathalie Munier-Jolain

Ariane Gaunand

Laurence Colinet

Pour justifier de leur respect des engagements pris, les pays doivent établir annuellement des inventaires d'émission de N<sub>2</sub>O pour la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC). Pour concrétiser son engagement dans la lutte contre le changement climatique, la France s'est engagée dans la mise au point et la validation d'une méthode de niveau 2 à la demande des ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement. Ce projet s'est largement fondé sur les travaux menés par l'Inra en termes de connaissances des processus et des déterminants des émissions et d'acquisition de données expérimentales rassemblées dans une base de données constituée par l'Inra et ses partenaires. Cette méthode sera présentée à la CCNUCC à la fin 2014.

## Contexte

### Contexte environnemental

Depuis le début de l'ère industrielle (1870), la température à la surface de la terre a augmenté de  $0,8 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  avec une tendance à l'accélération depuis la fin du 20<sup>e</sup> siècle. Cette augmentation est attribuée à l'augmentation des émissions anthropiques de gaz à effet de serre (GES) (GIEC, 1997, 2007, 2013). Malgré les engagements internationaux, les émissions de GES continuent à augmenter avec pour conséquence un accroissement de température estimé à la fin du 21<sup>ème</sup> siècle de 1,8 à 4°C par rapport à 1980-1998.

A l'échelle planétaire l'agriculture contribue pour 13,5% de ces émissions (GIEC 2007), et 21 % pour la France, hors changement d'usage des sols (Inventaire 2013 CITEPA). La moitié des émissions de GES de l'agriculture en France est imputable au protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), l'agriculture étant responsable de plus de 80% des émissions de N<sub>2</sub>O françaises. Cependant l'incertitude sur les émissions de N<sub>2</sub>O est très forte, du fait de méthodes actuelles d'estimation qui ne prennent pas ou mal en compte l'influence de déterminants majeurs tels que les sols, le climat et les pratiques agricoles autres que la quantité de fertilisants.

### Contexte politique

A l'échelle internationale :

- 1988 : création du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, ou IPCC en anglais) à la demande du G7
- 1992 : sommet de Rio : adoption par plus de 150 états de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC)
- 1998 : protocole de Kyoto. L'ONU fixe un objectif de réduction de 5,2 % en moyenne des émissions de GES en 2008-2012 par rapport à 1990 avec des objectifs variables selon les pays (stabilisation pour la France)
- les rencontres annuelles des Conférences des parties à la convention Climat donnent une forte visibilité à la problématique des émissions de GES. Récemment, le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) a publié un rapport soulignant l'importance de mieux maîtriser les émissions de N<sub>2</sub>O (novembre 2013).

Au niveau européen, l'objectif fixé en 2007 par l'UE est plus ambitieux, avec une réduction de 20% des émissions d'ici 2020 par rapport à 1990. L'objectif assigné à la France est de -14% par rapport à 2005.

En France dès 2004, le volet agriculture du plan climat a pour objectif de diminuer les émissions des N<sub>2</sub>O en agriculture. Le Grenelle de l'Environnement (2008) fixe un objectif de réduction des émissions de GES, par rapport à 1990, de 22% d'ici 2020 (réduction par 4 d'ici 2050). Le secteur agricole principal émetteur de N<sub>2</sub>O doit donc contribuer significativement à l'effort national par des mesures visant à réduire les émissions de N<sub>2</sub>O. Il s'avère toutefois compliqué de faire reconnaître des efforts nationaux (voir section suivante).

### Contexte de rapportage national des émissions de GES

1961 : création du CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique) dans le but de promouvoir des études et des recherches afin d'améliorer la connaissance des différents problèmes de pollution atmosphérique. Il est désormais mandaté par le ministère en charge de l'environnement pour réaliser et actualiser tous les ans les inventaires d'émission soumis à la CCNUCC.

1997 : premier rapport d'inventaire national au format GIEC des émissions de GES (période 1990-1995)

### Contexte technique et scientifique

Les inventaires nationaux sont réalisés selon des nomenclatures et règles de comptabilisation internationales élaborées par le GIEC (méthodologie GIEC, 1996) comprenant trois niveaux :

- 1- Niveau 1 : émissions calculées sur la base des apports anthropiques d'azote (N) = 0,0125 kg N-N<sub>2</sub>O/Kg N apporté ; chiffre ramené à 0,01 dans GIEC (2006),
- 2- Niveau 2 : facteurs d'émissions régionalisés et prise en compte éventuelle d'autres facteurs que le niveau de fertilisation,
- 3- Niveau 3 : utilisation de modèles de simulation des émissions de N<sub>2</sub>O.

Actuellement les émissions françaises (CITEPA 2012) se fondent sur la méthode de niveau 1, comme pour la quasi-totalité des pays. Il est reconnu que cette méthode présente une forte incertitude sur l'évaluation des émissions agricoles et donne peu de moyens d'action pour réduire les émissions rapportées à la CCNUCC :

- forte incertitude car les émissions de N<sub>2</sub>O sont très sensibles, selon des relations fortement non linéaires, aux conditions de sol, au climat, aux pratiques agricoles et aux interactions complexes entre tous ces facteurs. Il y a donc de fortes variations sur le territoire national ;
- facteurs d'émission déterminés par le GIEC reposant en grande partie sur des travaux expérimentaux conduits dans les zones septentrionales (Europe du Nord, Amérique du Nord) aux conditions pédoclimatiques et pratiques différentes des conditions françaises ;
- méthode proposée par le GIEC uniquement fondée sur les apports totaux de N. Ce dernier élément limite la diversité des actions et des techniques qui pourraient être envisagées pour réduire les émissions, car seules sont comptabilisées les mesures de réduction de la fertilisation azotée. Cette méthode ne permet donc pas de moduler le calcul des émissions selon les conditions pédoclimatiques (par exemple distinction Nord et Sud de la France), ni en fonction des pratiques autres que la fertilisation, ce qui freine l'implication des acteurs agricoles dans ces programmes.

Au niveau international quelques rares pays, comme le Canada, appliquent une méthode de niveau 2. Des méthodes de niveau 3 ont été appliquées, mais uniquement dans un contexte de programmes de recherche notamment aux Etats-Unis et en Europe.

### **Inputs et situation productive**

Années 80 : début des travaux sur les émissions de N<sub>2</sub>O liés à des recherches centrées sur les processus (ex dénitrification/nitrification) dans les sols en grande culture (Inra Dijon).

Années 90 : deux évolutions très sensibles : 1) travaux sur la modélisation à différents niveaux et avec différentes approches (INRA Dijon, Avignon, Grignon) ; 2) émergence forte de la métrologie (en particulier INRA Grignon). Une dynamique collective a été initiée par le projet Ecobilan Colza financé par l'Inra, l'ADEME, le Cetiom et le Ministère de l'environnement, associant plusieurs Unités INRA (Dijon, Chalon (agronomie, cycle de l'N), Laon, Grignon) et le Cetiom. Plusieurs programmes (AgriGES, Gessol, PNCA) soutiennent des projets sur le N<sub>2</sub>O impliquant les mêmes UR Inra, qui pilotent des projets avec d'autres partenaires (CNRS, Université) complétant ainsi nos approches par une vision plus centrée d'une part sur la microbiologie et d'autre part sur l'atmosphère.

Fin des années 1990 : la Direction de l'INRA commence à prendre en compte le changement climatique dans ses priorités (création de la MICCES = mission changement climatique). Les recherches de l'INRA évoluent de façon significative vers l'évaluation environnementale et la production de références en soutien aux politiques publiques, avec nécessité d'établir des bilans environnementaux, identifiant entre autres le poids du N<sub>2</sub>O. Cela implique la réalisation de suivis d'émissions sur des cycles complets et à l'échelle du système de culture, et de bilans de GES (N<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> ; dans une moindre mesure CH<sub>4</sub>).

Années 2000 : orientation vers le suivi et la modélisation à moyen et long terme. Intégration dans des réseaux nationaux et européens :

- Besoins de références pluriannuelles et engagement vers le soutien aux politiques publiques : des suivis à long terme (rotation), mise en place de réseaux avec les dispositifs expérimentaux de l'Inra (ex SOERE ACBB, unités expérimentales, projets Casdar) mais aussi parcelles d'agriculteurs pour aborder la dimension spatiale.
- Progressivement mise en place de dispositifs automatisés, mesures en continu (Grignon, Laon/Mons, Lusignan, Boigneville, ...).
- Besoin d'intégration spatio-temporelle : spatialisation des émissions sur la base de modèles de cultures (CERES-EGC et STICS) couplés avec des bases de données spatiales.
- Implication dans des projets et réseaux européens traitant des émissions de N<sub>2</sub>O et autres GES (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) où l'Inra (EA et EFPA) est le principal partenaire français.

Milieu des années 2000 : besoin de coordination entre Unités Inra et avec les partenaires du développement. Les sites de mesure et les bases de données INRA, d'abord dispersés, ont été mis en commun à la fin des années 2000 et étendus aux partenaires du développement (Cetiom, Arvalis, Unip, ITB, coopératives, ...) : transfert de compétences + mise en commun de moyens pour élargir le champ d'action, multiplication des réseaux de mesures pour augmenter les références et leur représentativité.

2008 : Création de l'UMT GES-N<sub>2</sub>O pour mettre en commun les forces et étendre le spectre d'action. Elle associe le Cetiom, l'Inra et AgroParisTech au travers des UMR EGC et Agronomie Grignon. L'UMT a été moteur dans le montage du projet NO-GAS et la création de la base de données N<sub>2</sub>O-France.

2009 : le projet CASDAR NO-GAS, associant l'UMT avec les principaux instituts techniques grandes cultures (Arvalis, UNIP, ITB), a pour objectif de fiabiliser la connaissance et la prédiction des émissions directes de N<sub>2</sub>O par les grandes cultures en France, en fonction des conditions pédoclimatiques et des pratiques culturales. La finalité est d'une part d'améliorer les évaluations et les méthodologies d'inventaire de GES, et d'autre part d'identifier les pratiques et usages du sol qui réduisent les émissions et qui permettront de concevoir des systèmes de culture peu émetteurs. Des références sur les émissions directes de N<sub>2</sub>O représentatives de la diversité des conditions pédoclimatiques et culturales de l'agriculture française sont acquises et complétées par des connaissances relatives aux processus d'émission de N<sub>2</sub>O dans le but d'améliorer les outils de modélisation déterministe. Deux actions complémentaires ont été conduites :

- quantifier dans les principaux contextes de grande culture en France, l'intensité des émissions, l'effet de certaines pratiques culturales et le potentiel d'émission des sols agricoles sur le long terme. Ces données sont rassemblées dans une base de données nationale sur les émissions de N<sub>2</sub>O,
- modéliser les émissions.

Ce projet a été suivi du projet NO-GAS2

### **En résumé : un changement de régime depuis 2000**

Alors que jusqu'au début des années 2000 les recherches sur le N<sub>2</sub>O étaient conduites dans un contexte essentiellement français, l'insertion dans des réseaux et projets européens (GreenGrass, CarboEurope, NitroEurope, GHG-Europe, Icos) a permis à l'Inra de bénéficier du contexte européen (partage de compétences scientifiques en termes de mesure et modélisation ; exigence de mettre les données dans des bases de données publiques) tout en étant, en plus, un acteur important dans ces actions (groupe de travail sur l'identification des données, réalisation de bases de données, sites de mesures reconnus, ...).

### **Outputs**

Les sorties du projet NO-GAS permettent d'accéder aux niveaux 2 (coefficients d'émission régionalisés) et 3 (modélisation des émissions) des méthodes d'évaluation des émissions du GIEC et d'établir les bases pour concevoir des systèmes de grande culture peu émetteurs de GES.

### **La base de données expérimentales sur le N<sub>2</sub>O pour les grandes cultures et la plateforme analytique (base de données N<sub>2</sub>O-France)**

La base de données N<sub>2</sub>O-France, initiée par l'Inra suite à des projets européens –NitroEurope- et nationaux, rassemble les données acquises par l'Inra sur ses différents dispositifs depuis le début des années 2000, complétées par les données du projet NO-GAS. Cette base de données portée et gérée par l'Inra, et alimentée en continu par les partenaires, sera en accès public à partir de début 2015 pour les chercheurs et les non-chercheurs, pour une utilisation non commerciale (travaux de recherche, production de facteurs d'émissions pour des inventaires, méta-analyses).

La majorité des mesures est réalisée par la plateforme analytique commune portée et gérée par l'Inra et créée à l'initiative de l'Inra et d'AgroParisTech. Cofinancée par AgroParisTech, l'Université Paris 6 et les partenaires des instituts et des groupes coopératifs, elle est utilisée pour les projets et réseaux de l'ensemble des partenaires.

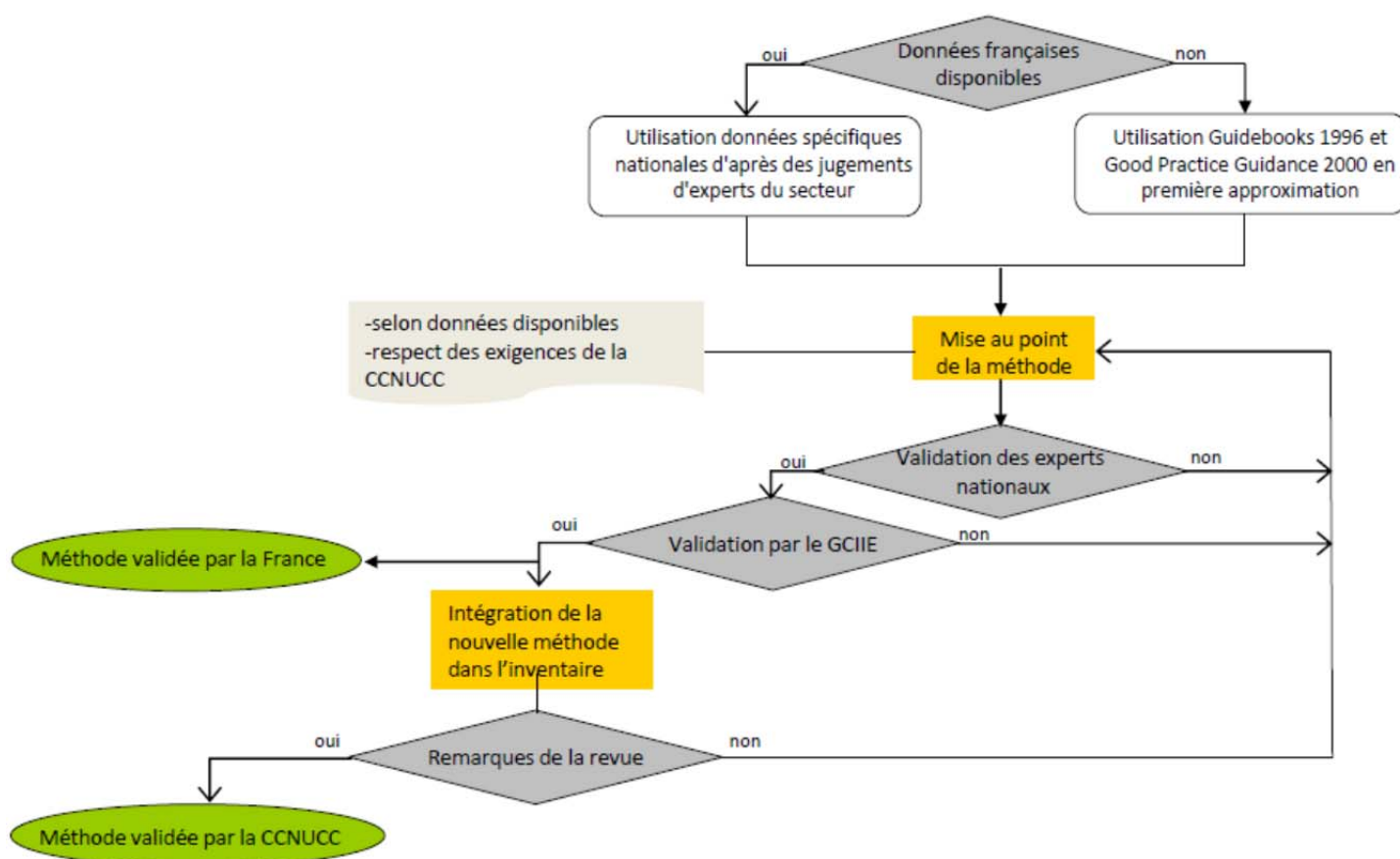
**Identification des principaux déterminants des émissions de N<sub>2</sub>O** pour les grandes cultures sur la base des connaissances antérieures sur les processus et des données acquises dans le cadre du projet NO-GAS et les projets INRA antérieurs.

#### **Production de la méthode d'inventaire de niveau 2**

Dans le cadre du projet NO-GAS2, piloté par le CITEPA une méthode d'inventaire des émissions de N<sub>2</sub>O par les grandes cultures est produite :

- A partir de la base de données N<sub>2</sub>O-France, les facteurs et variables les plus pertinents ont été identifiés en s'assurant qu'ils étaient disponibles dans les bases de données accessibles publiquement (Météo France, InfoSol) afin de pouvoir être utilisés pour l'implémentation de l'inventaire par le CITEPA : apports d'azote (en distinguant l'azote minéral de l'organique et de celui des résidus), pH et teneur en matière organique des sols, température, pluviométrie, culture, travail du sol.
- plusieurs méthodes statistiques ont été testées pour représenter au mieux les données de la base N<sub>2</sub>O-France, conduisant au choix d'un jeu d'équations prenant en compte un nombre plus ou moins grand de variables explicatives. En l'état, le choix a été fait de ne considérer comme variable d'entrée que les apports d'azote, les caractéristiques des sols (pH, matière organique) et du climat (pluviométrie, température). Les autres pratiques agricoles (culture, travail du sol) sont toutefois conservées dans la base de données, afin de permettre des évolutions ultérieures de l'équation lors de l'acquisition de données supplémentaires, ces variables étant utilisées dans des méthodes de niveau 2 d'autres pays.
- les équations sélectionnées sont testées pour réaliser un nouvel inventaire d'émissions de N<sub>2</sub>O à l'échelle du territoire français et comparées avec l'inventaire précédent, établi à partir de la méthodologie de niveau 1 du GIEC. L'inventaire des émissions de N<sub>2</sub>O réalisé avec la méthode de niveau 2 sera intégré à l'inventaire des émissions des autres GES.

La démarche d'évolution de la méthodologie d'inventaire est résumée sur le diagramme ci-dessous. La démarche en est actuellement au stade de la validation par les experts nationaux. L'intégration de la nouvelle méthode dans l'inventaire national sera achevée avant la fin de l'année 2014.



**Organigramme montrant la procédure de validation d'une nouvelle méthode d'inventaire (GIIIE = groupe de concertation et d'information sur les inventaires d'émissions). Le circuit suivi par la méthode de niveau 2 devra suivre toutes les flèches marquées « oui » pour que la méthode soit validée. Aujourd'hui la méthode en est au stade de la validation par les experts nationaux. Elle devrait être intégrée dans l'inventaire à la fin 2014.**

### Publications

Les recherches de l'INRA sur les émissions de N<sub>2</sub>O agricole ont abouti à un certain nombre publications scientifiques dont, parmi les plus récentes :

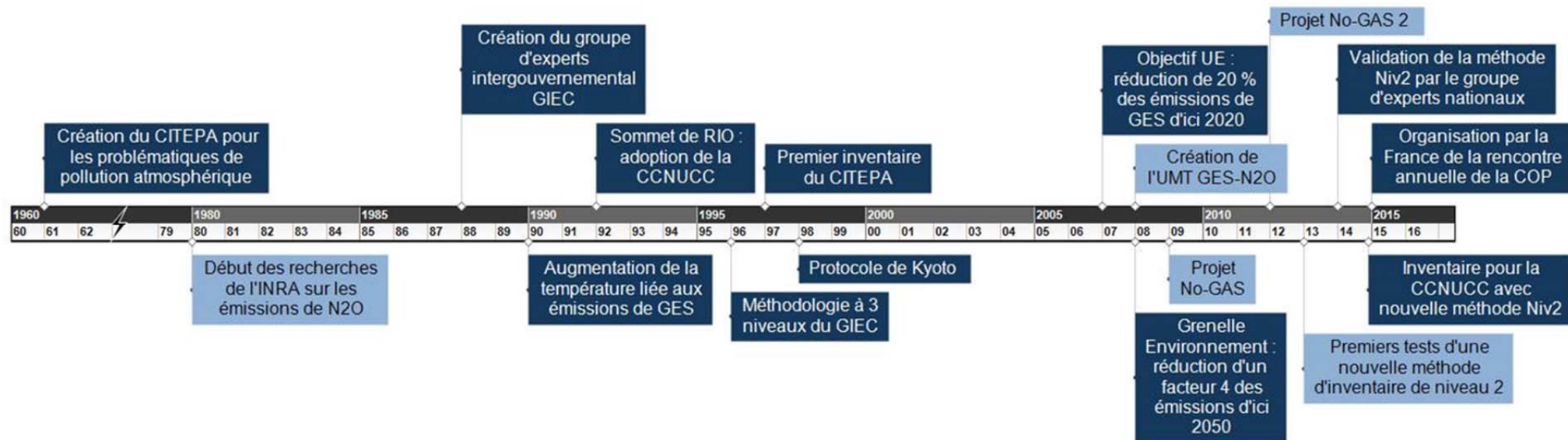
Gu J., Nicoullaud B., Rochette P., Grossel A., Hénault C., Cellier P., Richard G., 2013. A regional experiment suggests that soil texture is a major control of N<sub>2</sub>O emissions from tile-drained winter wheat fields during the fertilization period. *Soil Biology and Biochemistry*, 60, 134–141. [doi:10.1016/j.soilbio.2013.01.029](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.01.029)

Jeuffroy M.H., Baranger E., Carrouée B., de Chezelles E., Gosme M., Hénault C., Schneider A., Cellier P., 2013. Nitrous oxide emissions from crop rotations including wheat, rapeseed and dry pea. *Biogeosciences*, 10, 1787-1797 *open access* [doi:10.5194/bg-10-1787-2013](https://doi.org/10.5194/bg-10-1787-2013)

Viard A., Hénault C., Rochette P., Kuikman P., Flénet F., Cellier P., 2013. Le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), puissant gaz à effet de serre émis par les sols agricoles : méthodes d'inventaire et leviers de réduction. *OCL Oléagineux Crops Gras Lipides*, 20, 2, 108-118. [doi:10.1684/ocl.2013.0501](https://doi.org/10.1684/ocl.2013.0501)

Schelde K., Cellier P., Bertolini T., Dalgaard T., Weidinger T., Theobald M.R., Olesen J.E., 2012. Spatial and temporal variability of nitrous oxide emissions in a mixed farming landscape of Denmark. *Biogeosciences*, 9, 8, 2989-3002. [doi:10.5194/bg-9-2989-2012](https://doi.org/10.5194/bg-9-2989-2012)

## Chronologie



### Légende

- Les événements dans lesquels l'INRA est directement impliqué
- Les événements contextuels

## Circulation des connaissances et intermédiaires

Les premiers travaux sur le N<sub>2</sub>O depuis les années 1980, renforcés par la création d'un consortium d'équipes Inra lors du projet Ecobilan Colza au milieu des années 90 et divers projets européens depuis les années 2000 (GreenGrass, NitroEurope, GHG-Europe, Icos), a été déterminante. Grâce à l'antériorité de ses recherches sur le N<sub>2</sub>O et dans la mise en place de dispositifs multiloceaux d'acquisition de références, l'Inra a été moteur dans le processus de création et coordination d'un consortium plus large fédérant les différents acteurs français autour de sa crédibilité scientifique et de sa volonté d'opérer un transfert de compétences (métrologie, modélisation) pour l'engagement vers la proposition d'une méthode de niveau 2.

L'UMT GES-N<sub>2</sub>O créée en 2008 (Cetiom, UMR EGC et Agronomie (Inra-AgroParisTech)) a été le point de départ des relations formalisées entre l'Inra et un institut technique agricole sur le sujet du N<sub>2</sub>O. L'UMT fédère ainsi la maîtrise conceptuelle et métrologique des partenaires Inra avec la connaissance de la diversité des conditions naturelles et techniques du Cetiom. Cette interaction est essentielle pour proposer des solutions techniques faiblement émettrices et des méthodes pour estimer les émissions de N<sub>2</sub>O fiables dans la diversité des situations agricoles françaises. Ces relations se sont rapidement étendues à d'autres instituts techniques agricoles, d'autres unités du département EA et d'autres partenaires. Dans le cadre de la directive ENR (énergies renouvelables), conduisant à l'utilisation dans l'UE de 10 % d'énergie renouvelable dans le domaine des transports à l'horizon 2020, le Cetiom vise pour la production de biodiesel, une réduction des émissions de GES de 50 % à partir de 2017.

Pour le secteur agricole (cultures et élevage) le CITEPA s'appuie depuis quelques années sur des groupes de travail impliquant l'Inra, les instituts techniques agricoles et des représentants des Ministères (Ecologie, Agriculture) afin de faire remonter auprès de la CCNUCC l'expertise française sur les émissions de polluants et GES, les mécanismes en cause et l'influence des facteurs pédoclimatiques et des pratiques agricoles et d'élevage.

La méthode d'inventaire utilisée par le CITEPA est régulièrement contrôlée par un groupe d'experts internationaux. Le CITEPA peut faire évoluer ses méthodes, mais doit les soumettre à l'approbation d'un comité français, puis international.

Lors d'un groupe de travail « GT AGRI » organisé par le CITEPA, les Ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement ont demandé à l'UMT GES-N<sub>2</sub>O de travailler sur une méthode de niveau 2, ce qui a donné lieu au montage du projet NO-GAS2 piloté par le CITEPA. Outre le CITEPA, l'Inra, les instituts techniques agricoles (CETIOM, Arvalis, ITB, Unip), les ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement, participent au comité de pilotage du projet NO-GAS2.



## Impacts 1

Fin 2014 la France sera l'un des seuls pays dans le monde à utiliser un inventaire d'émissions de N<sub>2</sub>O de niveau 2. Outre le fait qu'une telle démarche renforce fortement la crédibilité de la France au niveau international quant à son engagement dans la lutte contre les émissions de GES, cette méthodologie peut être valorisée directement pour agir en vue de réduire les émissions en ciblant certaines mesures autres que la réduction de la fertilisation azotée et donc réduire les émissions de GES de l'agriculture française. Ces arguments sont particulièrement importants dans la perspective de l'organisation de la Conférence des parties en 2015 par la France.

### **Production d'un inventaire fondé sur une méthode de niveau 2 proposé pour validation à la CCNUCC courant 2014**

Le Citepa souligne que *« les émissions de N<sub>2</sub>O sont célèbres du fait de l'incertitude associée à leur estimation (200%). Cette situation est due à la difficulté d'estimer correctement ces émissions à l'échelle d'un territoire et à la rareté des programmes de recherches de grande ampleur sur cette question. Les lignes directrices internationales du GIEC ne proposent même pas de véritable méthode de niveau 2 tant la littérature internationale est manquante sur ce poste, la méthode de calcul proposée (niveau 1) étant réduite à quelques facteurs d'émission dont la pertinence dans les conditions françaises n'est pas avérée. Cette méthode est néanmoins appliquée dans les inventaires actuels de GES ce qui ne permet pas de refléter de manière fidèle les évolutions de ces émissions dans le temps et génère l'inconvénient majeur de ne pas identifier clairement les pistes d'amélioration possibles. Une méthode de niveau 2 bien construite permettra de diminuer l'incertitude associée aux émissions de N<sub>2</sub>O des sols, de répondre ainsi aux recommandations internationales sur l'amélioration des méthodes et d'envisager des réponses adaptées en termes de politiques agricoles. »*

De son côté, le Ministère de l'Agriculture souligne que *« afin de contribuer à l'atteinte des objectifs français de réduction d'émissions de GES (facteur 4 en 2050) et européens (paquet énergie climat), le MAAF a décidé d'affiner sa méthodologie de comptabilisation des émissions agricoles et d'encourager des pratiques agricoles plus sobres en carbone, cohérentes avec le projet agroécologique pour la France. En matière de comptabilisation, plusieurs études ont été lancées par le MAAF visant à évoluer vers des méthodologies mieux adaptées au contexte français et permettant de refléter dans les inventaires les évolutions vers des pratiques agricoles plus sobres en carbone. Après le carbone des sols et le méthane, l'étude NO-GAS2 a permis d'effectuer ce travail pour le protoxyde d'azote. »*

Ces deux commentaires montrent d'une part l'importance environnementale et politique d'affiner les estimations d'émissions et de réduire leurs incertitudes, d'autre part la nécessité de s'appuyer sur des compétences affirmées en recherche sur ces émissions et leurs interactions avec le sol, le climat et les pratiques ainsi que sur une expertise sur les pratiques agronomiques. L'ensemble de ces compétences était présent à l'INRA et étendu par l'UMT GES-N<sub>2</sub>O aux acteurs du développement agricole.

Outre une diminution de l'incertitude sur les émissions, la méthode de niveau 2 conduit à une diminution des émissions de N<sub>2</sub>O d'un facteur 2 grâce à l'utilisation de références obtenues dans les conditions locales de l'agriculture française et non plus de valeurs extrapolées d'autres situations. Lors de la mise au point d'une méthode de niveau 2 pour le Canada, les mêmes observations avaient été faites. L'agriculture étant responsable de plus de 80% des émissions de N<sub>2</sub>O en France, l'application de cette nouvelle méthode va diminuer le poids de l'agriculture dans les émissions de GES à l'échelle du pays et en conséquence moduler l'effort qu'elle devra consentir pour atteindre les objectifs de réduction des émissions de GES d'un facteur 4 par la France.

### **Une méthode permettant de cibler d'autres mesures de réduction que la seule fertilisation azotée**

L'un des principaux reproches faits à la méthode de niveau 1 du GIEC est que le seul levier pour réduire les émissions de N<sub>2</sub>O qui pouvait être pris en compte était une réduction de la fertilisation minérale et organique totale des cultures. Ceci risquait fort d'être antagoniste avec la nécessité d'augmenter la production végétale pour la sécurité alimentaire. Même si certains coefficients demandent encore à être confortés, l'analyse des données de la base de données N<sub>2</sub>O-France permet d'identifier :

- des différences entre les facteurs liés aux engrais minéraux et aux engrais organiques
- des effets liés aux cultures
- l'importance du pH et de la teneur en matière organique du sol
- l'importance de la température et de la pluviométrie

L'éclairage d'un partenaire scientifique canadien ayant mis en œuvre une méthode de niveau 2 permet de conforter la démarche et mettre les deux impacts détaillés ci-dessus en perspective :

*« Au Canada, nous avons une quantité relativement importante d'études sur les émissions de N<sub>2</sub>O par les sols agricoles depuis 1990 et il aurait été difficile de justifier l'utilisation de la méthode de niveau 1.*

*Une autre motivation du Canada à développer une méthode de niveau 2 pour le N<sub>2</sub>O était liée à l'inclusion dans notre inventaire de GES des changements de stock de carbone dans les sols agricoles. Cette décision nous obligeait à tenir compte de l'impact des pratiques modifiant la teneur en carbone des sols (semis direct, jachère d'été) sur les émissions de N<sub>2</sub>O. Or, ces effets n'étaient pas inclus dans la méthode de niveau 1.*

*Ce qu'il en a retiré : d'abord, le Canada a pu inclure les stocks de carbone des sols à son inventaire, une priorité pour nous. Ensuite, la nouvelle méthodologie a permis une estimation beaucoup plus juste des émissions, la méthode de niveau 2 donnant des estimations beaucoup plus faibles que celle de niveau 1. Il a aussi été montré que l'impact des apports d'azote aux sols variait fortement d'une région à l'autre du pays (facteur 10), permettant de cibler les pratiques d'atténuation dans les régions plus fortement émettrices. »*

Nos partenaires canadiens confirment donc les arguments précédemment avancés pour la France : la crédibilité pour un pays actif dans ce domaine, une meilleure estimation des émissions, allant vers une réduction substantielle, et l'opportunité qu'elle donne de cibler les actions. Ils soulignent également un autre intérêt, la possibilité de comptabiliser le stockage de carbone dans les sols agricoles dans les inventaires en prenant en compte ses interactions avec les émissions de N<sub>2</sub>O.

#### **Impact politique :**

L'application de la méthode de niveau 2 va donc donner des fondements à l'élaboration de politiques de réduction de N<sub>2</sub>O ciblées sur d'autres pratiques que la fertilisation azotée et certaines conditions pédoclimatiques. On peut alors espérer que des mesures ciblées et justifiées favoriseront la réduction des émissions de N<sub>2</sub>O.

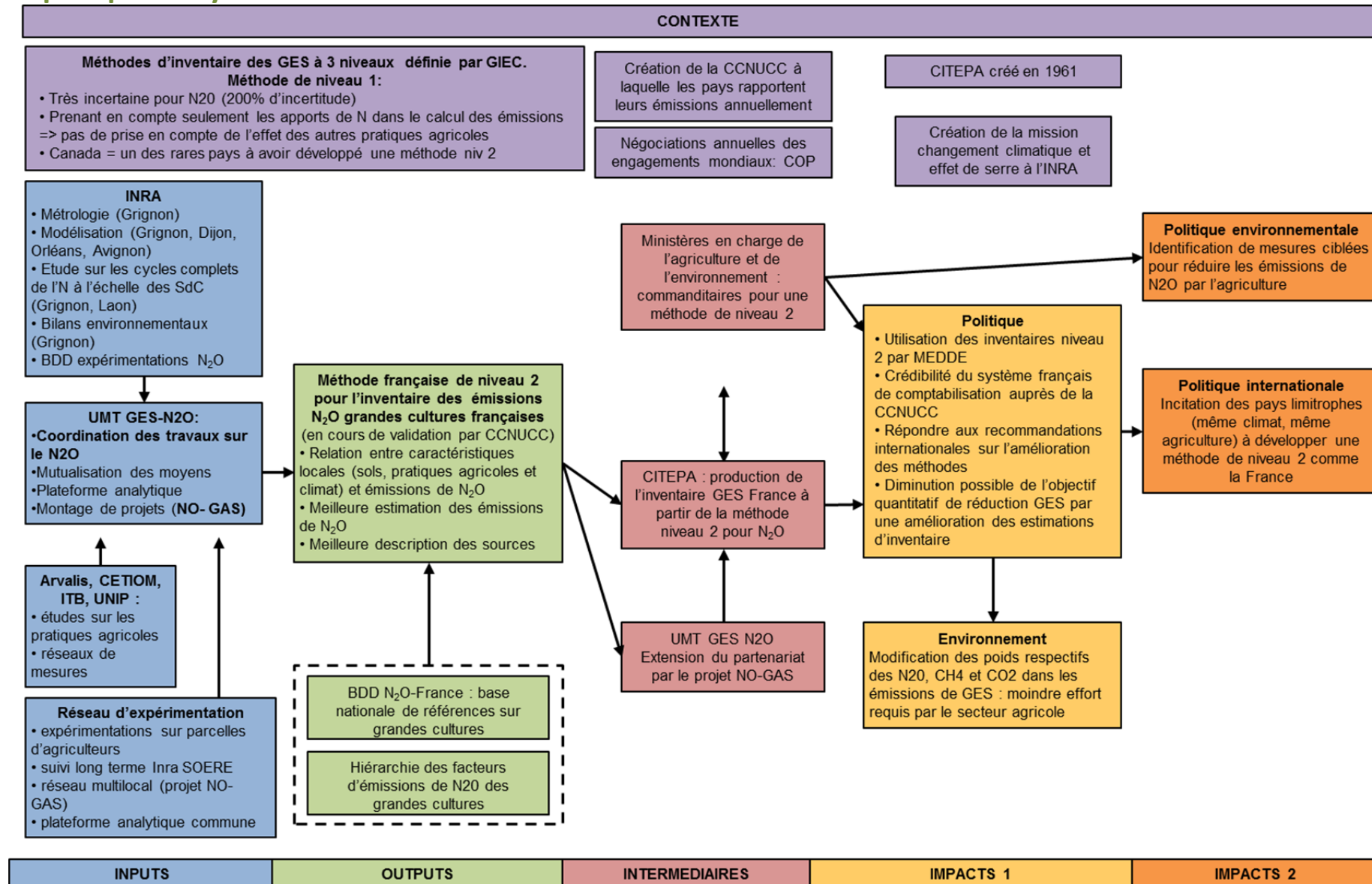
L'expérience de la France pourrait contribuer à pousser d'autres pays européens à élaborer de telles méthodes, voire même à construire une véritable méthode de niveau 2 au niveau du GIEC.

## **Impacts 2**

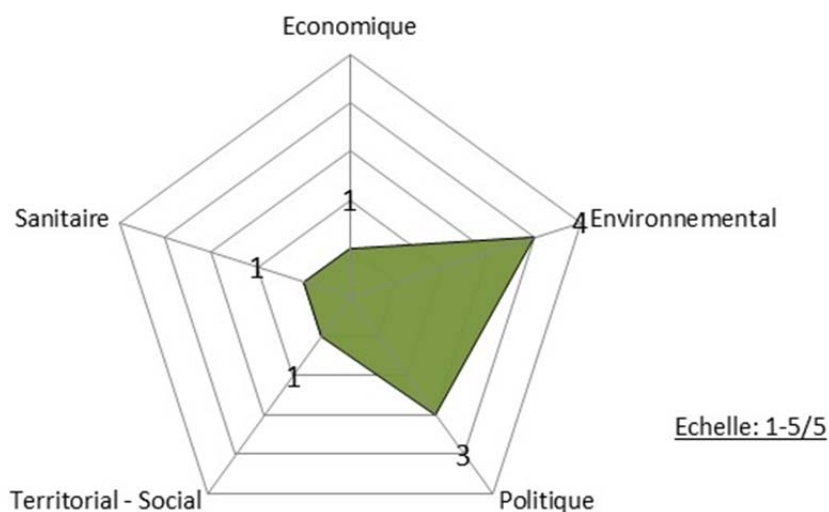
L'application de la méthode d'inventaire de niveau 2 permet de diminuer l'estimation des émissions de N<sub>2</sub>O par l'agriculture. Cependant la hiérarchisation des facteurs influençant les émissions de manière régionalisée va aussi permettre de mieux cibler des mesures de réduction des émissions là où elles seront les plus efficaces (sol acides, climat chaud, risques liés à l'irrigation). Cela devrait aussi permettre d'explicitier l'intérêt ou les limites de la substitution des engrais minéraux par des engrais organiques.

Comme le souligne notre partenaire canadien, un pays actif dans le domaine de la recherche sur le N<sub>2</sub>O ne peut pas se contenter d'une méthode de niveau 1 (par défaut, sans aucune tentative d'adaptation locale). D'autres pays, notamment européens, disposent de volumes de données semblables à celui de la France, voire des bases de données nationales. L'initiative française, portée par l'Inra, le Cetiom et le CITEPA, s'inscrit donc dans un mouvement général et on peut raisonnablement espérer que les résultats obtenus en France pousseront les autres pays à s'engager dans le même processus, ou à accélérer leurs travaux dans cette direction, en particulier dans les pays proches où les sols, climat et pratiques sont similaires. Les résultats français et canadiens, montrant que les nouvelles estimations sont plus faibles que celles obtenues par la méthode de niveau 1, sont une motivation supplémentaire.

## Impact pathway



## Vecteur d'impact



Dimension d'impact	Importance	
Environnemental	4/5	Diminution de la contribution de l'agriculture aux émissions de GES par une estimation régionalisée intégrant d'autres facteurs que la fertilisation
Politique	3/5	<p>Avec le Canada, la France devient l'un des rares pays à disposer d'une méthode niveau 2 pour les inventaires de N2O présentés à la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC)</p> <p><b>Contribution au débat public:</b> Mise sur l'agenda de la question de la fiabilité des inventaires d'émissions N2O durant une fenêtre politique favorable (réunion de la CCNUCC, inventaire CITEPA). Le débat couvre bien la scène sectorielle mais ne provoque pas de débat public.</p> <p><b>Utilisation dans les politiques publiques:</b> Contribution à l'évaluation de l'efficacité des politiques (inventaires). L'échelle de la politique concernée est pour l'instant nationale, mais contribue à la politique internationale de lutte contre le CC (GIEC)... L'INRA a apporté une solution originale et novatrice par rapport à l'existant, localement adaptée, grâce à des travaux de recherche pertinents (bdd N2O France). Potentiel d'utilisation pour promouvoir la mise en œuvre de politique de réduction d'émissions plus efficaces;</p> <p><b>Impact à moyen terme dans la diffusion des idées:</b> La connaissance scientifique produite peut influencer partiellement les termes d'un débat à fort enjeu. La percolation concerne de larges cercles de diffusion dans lequel l'INRA structure le débat mais les connaissances produites offrent peu d'effet prévisible sur le long terme.</p> <p><b>Enjeu des politiques publiques concernées :</b> Le CC présente de multiples entrées (économiques, sociales...) mais les répercussions nationales de la politique sont incertaines et ne suscitent pas d'émotion publique.</p>

## Source des données

### Références externes

CITEPA, 2013. Rapport national d'inventaire pour la France au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et du Protocole de Kyoto. Edité par le Citepa, Paris. 233 pages + annexes. Accessible à <http://www.citepa.org/fr/inventaires-etudes-et-formations/inventaires-des-emissions/ccnucc>

GIEC, 2006. 2006 GIEC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. Accessible à <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

Rochette et al., 2008. Estimation of N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils in Canada. II. 1990-2005 inventory. Can. J. Soil Sci., 88, 655-669.

Viard et al., 2013. Le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), puissant gaz à effet de serre émis par les sols agricoles : méthodes d'inventaire et leviers de réduction. Oléagineux, Corps gras, Lipides 20:2, 108-118.

Martin E., Le Gall C, 2013. Une nouvelle méthode d'estimation des émissions de N<sub>2</sub>O pour les inventaires nationaux. CITEPA. Séminaire de clôture de l'UMT GES-N<sub>2</sub>O

### Entretiens réalisés :

- Citepa (Etienne Mathias, responsable du pôle Agriculture)
- Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (Ludovic Larbodière, Bureau de la stratégie environnementale et du changement climatique)
- Agriculture et agroalimentaire Canada (Philippe Rochette, chercheur)

### Sources des données chiffrées

Compte-rendu intermédiaire du projet NO-GAS2. Novembre 2013. 28 pages (en français).