

Appel à projets

Recherche finalisée et innovation
des instituts techniques agricoles

2009

ITA Pilote : ARVALIS – Institut du végétal

Date de début de projet: janvier 2010

Durée (36 mois maximum) : 36 mois

Thème de l'appel à projets :

Projet présenté par une UMT OUI NON

TITRE : Evaluation et maîtrise de la volatilisation ammoniacale lors des épandages des engrais organiques et minéraux

Mots clés : Volatilisation, ammoniac, épandage, engrais, effluents d'élevage

ITA Pilote : ARVALIS – Institut du végétal

RESPONSABLE* :

Nom : MORICE Gérard (Directeur Général)

Adresse : 3, rue Joseph et Marie Hackin – 75116 PARIS

Téléphone/fax : 01-44-31-10-00 / 01-44-31-10-10

Mail (où sera adressée la liste des lauréats) : r.berthelot@arvalisinstitutduvegetal.fr

CHEF DU PROJET :

Le CV du chef de projet est à fournir en annexe

Nom, Prénom : COHAN Jean-Pierre

Organisme employeur : ARVALIS – Institut du végétal

Fonction : Ingénieur spécialiste fertilisation / Responsable du pôle fertilisation

Adresse : Station expérimentale – 91720 BOIGNEVILLE

Téléphone/fax : 01-64-99-22-00 / 01-64-99-33-30

Mail : jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr

PARTENAIRES, y compris le pilote (*En ordre alphabétique*)

ACTA

ARVALIS – Institut du végétal (*pilote*)

CETIOM

IE

IFIP

INRA – UMR EGC Grignon

INRA – UMR INRA Agrocampus SAHS Rennes

UNIFA

EXPERTS CONNUS SUR LE SUJET*

Pièces à joindre au dossier :

- CV du chef de projet (sans photo)

- Lettres d'engagement des partenaires (une lettre de chacun des partenaires précisant notamment la participation financière prévue)

- Attestation d'affiliation de l'UMT

* Nom et prénom de la personne ayant qualité pour engager l'organisme demandeur

* Ne doivent, en aucun cas faire partie de l'équipe de recherche

RESUME (1 page maximum)

1. Situation du sujet

Plusieurs éléments du contexte environnemental et économique de l'agriculture française amènent à penser qu'une meilleure évaluation et maîtrise des émissions ammoniacales des exploitations agricoles seront indispensables dans un avenir proche :

Contexte environnemental : selon les dernières estimations du CITEPA, les émissions 2007 de NH₃ sont de l'ordre de 737 kt en France métropolitaine. L'essentiel (98%) est attribuable aux activités agricoles, avec 78 % attribués à la gestion des effluents d'élevage (production, stockage, épandage) et 20 % attribués aux épandages d'engrais minéraux. Un renforcement de la réglementation d'ici 2020 imposera une réduction des seuils d'émissions. Cela impactera donc quasi exclusivement le secteur agricole.

Contexte économique : l'envolée du prix des engrais incite les producteurs à optimiser leurs pratiques de fertilisation azotée. Cette amélioration passe notamment par une limitation des pertes d'éléments fertilisants par volatilisation ammoniacale, pertes qui varient de quelques % à plusieurs dizaines de % des quantités d'azote épandues, selon le produit et les conditions d'épandage, et pouvant même parfois atteindre la totalité de la fraction ammoniacale.

Le projet se situe donc dans ce double contexte : contribuer à évaluer et à limiter les émissions ammoniacales dues à l'utilisation des engrais minéraux et organiques à des fins environnementales et économiques.

2. Objectifs du projet

Le projet a pour principal objectif de développer une méthode opérationnelle d'évaluation des émissions d'ammoniac au champ et de l'utiliser pour acquérir des références sur un réseau de sites expérimentaux, *pour in fine* :

- quantifier le poids des différents facteurs déterminants du processus
- développer des techniques culturales permettant d'optimiser les apports de produits organiques et minéraux en limitant les pertes ammoniacales.
- Contribuer à l'inventaire quantitatif des émissions selon les systèmes de culture avec des apports de fertilisants organiques et/ou minéraux, notamment par la contribution au développement d'outils d'évaluation des impacts environnementaux de la fertilisation.

Ce projet reposera sur la collaboration étroite entre des équipes de recherches développant à la fois des modèles de simulations d'émissions ammoniacales lors des épandages d'engrais azotés et des méthodologies de mesures des émissions au champ, et des équipes de recherches et développement disposant de dispositifs expérimentaux réparties sur le territoire français. La synergie entre ces équipes constitue un atout important du projet.

Le travail proposé s'inscrit dans le 3^{ème} thème de l'appel à projet : « Approches méthodologiques pour réaliser des bilans environnementaux et des empreintes écologiques des systèmes agricoles ».

3. Programme de travail

Le projet se décompose en 4 phases de travail, qui se recouvrent partiellement :

Phase 1 : mise au point méthodologique/acquisition des références expérimentales

- Mise au point méthodologique d'une méthode simple de mesures des émissions ammoniacales au champ
- Déploiement d'un réseau d'acquisitions de références sur la quantification de l'effet de différents facteurs culturels sur les émissions

Phase 2 : synthèse des données et modélisation

- Synthèse des données recueillies dans les expérimentations et intégration dans une base de données « référentiel ».
- Paramétrage d'un modèle d'estimation des risques liés à la volatilisation lors des épandages d'engrais au champ

Phase 3 : retour d'expertise sur jeux de données existants

- Sur la base de jeux de données expérimentales existants, quantifier la part de la volatilisation ammoniacale sur les « défauts d'efficacité » des apports d'engrais organiques et minéraux, à partir du modèle paramétré en phase 2.

Phase 4 : développement/communication

- Communication des différents « livrables » du projet.

4. Echéancier

- **Phase 1** : janvier 2010 - juin 2012
- **Phase 2** : avril 2011 - octobre 2012
- **Phase 3** : septembre 2011 - octobre 2012
- **Phase 4** : janvier 2012 – décembre 2012

I - SITUATION ACTUELLE DU SUJET DE RECHERCHE

1. Synthèse bibliographique permettant de situer le projet (une page maximum)**

La volatilisation ammoniacale

Dans une parcelle agricole, l'azote sous forme ammoniacale ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) est issu de divers processus du cycle de l'azote : minéralisation de la matière organique, apports de produits organiques ou d'engrais minéraux, hydrolyse de l'urée... (Recous et al. 1997). C'est le passage d'une partie de cet azote en phase gazeuse sous forme d'ammoniac (NH_3) et sa dispersion dans l'atmosphère qui est désigné sous le terme de « volatilisation ammoniacale ». Les émissions sont liées 1) à la disponibilité de l'azote ammoniacal à la surface et donc aux capacités d'infiltration de l'engrais dans le sol et/ou aux techniques d'apport ; 2) aux différents équilibres entre les formes d'azote ammoniacal dans les couches superficielles du sol. La « dynamique » de ces équilibres est sous l'influence 1) des propriétés physico-chimiques du sol (pH et CEC notamment), 2) de l'état hydrique des couches superficielles et, 3) des conditions climatiques (pluviométrie, température, vent...) (Sommer et al. 1991). Bien que la volatilisation de l'azote ammoniacale issu de la minéralisation des matières organiques du sol puisse se produire, l'essentiel de la volatilisation ammoniacale se produit après les apports de produits organiques ou d'engrais minéraux azotés. Les pertes varient alors de 0 à 100 % de l'azote ammoniacal épandu (Génermont, 1996). Indépendamment des propriétés physico-chimiques du sol et du climat, les interventions culturales faciles à mettre en œuvre et qui peuvent réduire sensiblement, voire supprimer la volatilisation sont l'enfouissement du produit épandu et l'apport sous couvert végétal (Génermont 1996, Morvan et al, 1997, Morvan, 1999). Or, l'émission d'ammoniac dans l'atmosphère présente 2 impacts négatifs majeurs :

- **Impact environnemental** : l'ammoniac contenu dans l'atmosphère se dépose à proximité ou à longue distance de sa zone d'émission, contribue à une augmentation des teneurs en azote du milieu, et du fait de la nitrification, acidifie le milieu. Dans les écosystèmes naturels, il peut ainsi être impliqué dans les phénomènes d'eutrophisation, d'acidification et de baisse de biodiversité. Dans l'atmosphère, c'est un précurseur de particules fines de diamètre inférieur à 2,5 μm (PM 2.5) reconnues pour leurs effets majeurs négatifs sur la santé. Selon les dernières estimations du CITEPA, les émissions 2007 de NH_3 anthropogéniques sont de l'ordre de 737 kt en France métropolitaine. L'essentiel (98%) est attribuable aux activités agricoles, avec 78 % attribués à la gestion des effluents d'élevage (production, stockage, épandage) et 20 % attribués aux épandages d'engrais minéraux (CITEPA 2008). En 2010, les plafonds d'émissions de la directive UE NEC (2001/81/CE) seront appliqués à chaque état membre. Un renforcement de ces plafonds d'émissions est prévu pour 2020.
- **Impact économique** : les pertes d'azote par volatilisation ammoniacale lors des épandages minéraux ou organiques sont connus depuis longtemps pour être une des principales causes des pertes d'efficacité des engrais appliqués (Recous 1987). Les contraintes économiques pesant actuellement sur la production de grandes cultures (prix élevés des engrais, instabilité des prix de vente des cultures) imposent aujourd'hui de maximiser l'efficacité des engrais pour assurer une production viable en quantité et en qualité, tout en optimisant l'itinéraire technique d'un point de vue économique (Cohan et al. 2009).

Estimation des flux d'azote liés à la volatilisation au champ

La volatilisation ammoniacale est un phénomène multi-factoriel (cf. plus haut) qui intervient principalement dans les quelques jours qui suivent l'épandage (Génermont 1996, Morvan et al. 1997). Les émissions pendant l'épandage semblent négligeables par rapport aux phénomènes se produisant une fois le produit épandu (Misselbrook et al. 2004). Jusqu'à maintenant, 3 techniques étaient disponibles pour quantifier les flux d'émissions au champ. **Le calcul de défaut de bilan** par marquage ^{15}N de la fraction ammoniacale d'engrais minéraux ou d'effluents d'élevage (Recous et al. 1992, Morvan, 1999) ne discrimine pas les différents types de pertes que peut subir l'engrais et n'est pas applicable aux produits organiques solides (fumier, compost...). **Les enceintes de mesures** (Génermont 1996) permettent d'estimer réellement les quantités émises mais perturbent le couvert en place. Elles ne peuvent donc qu'être utilisées que ponctuellement et ne permettent pas de suivre les flux sur de longues périodes. **Les méthodes micrométéorologiques** (Cellier et al. 1997), se basant sur des mesures de concentrations et de différentes variables (température, vent, humidité) dans les basses couches de l'atmosphère, ne sont pas adaptées pour la comparaison de traitements.

Une nouvelle technique d'estimation de la volatilisation au champ est en cours de validation actuellement (Génermont et Eveillard, com. pers.). Elle couple l'utilisation de **badges ALPHA** permettant de mesurer une concentration d'ammoniac au dessus du couvert (technique initiée par le CEH d'Edinburgh) et l'emploi d'un modèle de calcul de dépôt d'ammoniac en **mode inverse FIDES** (Loubet et al. 2001). Simple d'emploi et ne perturbant pas la culture, cette technique, une fois validée, présentera l'énorme avantage de permettre l'équipement pour des coûts raisonnables de nombreux dispositifs terrains en vue d'étudier la volatilisation.

Parallèlement aux développements des techniques de mesures aux champs, des travaux de modélisation de la volatilisation ont été entrepris. En France, nous pouvons citer les modèles Volt'Air (Génermont et Cellier 1997, Le Cadre 2004) et STAL (Morvan, 1999, Morvan et al, 2001). Ces modèles, comme d'autres disponibles dans la littérature scientifique, présentent l'inconvénient de nécessiter de nombreux paramétrages non réalisables en routine au champ pour estimer les flux d'azote ammoniacal dans l'atmosphère. En l'occurrence, **outre les grands**

* Les références répertoriées dans le texte feront l'objet d'une liste en annexe

principes agronomiques de limitation des émissions ammoniacales lors des épandages, il n'existe pas d'outils d'aide à la décision opérationnels au champ permettant de raisonner les leviers de limitation de ce phénomène.

Manque de données « françaises »

Les jeux de données de volatilisation ammoniacale obtenus dans les conditions culturales françaises sont très peu nombreux. Faute de référence nationale, les études d'impact actuelles utilisent les données plus nombreuses obtenues dans les pays du Nord et de l'Est de l'Europe, pour des conditions de sol, de climat et de pratiques culturale sensiblement différentes des nôtres.

2. Motivation des demandeurs

(en ordre alphabétique)

ACTA porteur du RMT Fertilisation & Environnement

Un des axes principaux du RMT Fertilisation & Environnement porté par l'ACTA et coanimé avec l'INRA et la Chambre d'Agriculture de l'Aisne est l'élaboration et/ou l'amélioration de trois outils de diagnostic et d'aide à la décision : AzoFert (logiciel de raisonnement de la fertilisation azotée), RégiFert (logiciel de raisonnement de la fertilisation pour les éléments minéraux autres que l'azote, le statut acido-basique et le stock de carbone organique du sol) et Azosystem (outil de prévision des pertes en azote à l'échelle des systèmes de culture). La volatilisation ammoniacale est un des postes de perte d'azote que doit simuler Azosystem. Des progrès sur ce poste du cycle de l'azote sont dans l'intérêt d'Azosystem et réciproquement, Azosystem peut fournir un cadre pour faire fonctionner ce module (fourniture de variable d'entrées). C'est pourquoi le RMT apporte son soutien au projet concernant « l'évaluation et la maîtrise de la volatilisation ammoniacale lors des épandages des engrais organiques et minéraux » afin de contribuer à sa communication ainsi que d'en utiliser les résultats dans les outils qu'ils portent, tels qu'Azosystem (voir attestation d'affiliation du RMT). L'ACTA en tant que porteur du RMT tient à assurer la cohérence et la valorisation réciproque des résultats entre ce projet d'une part, l'outil Azosystem et celui déposé à l'AAP Casdar Innovation et Partenariat 2009 dans le cadre du RMT et intitulé « *Améliorer la caractérisation des effluents d'élevage par des méthodes et des modèles innovants pour une meilleure prise en compte agronomique* » ("*effluents d'élevage*") d'autre part. L'ACTA en tant que porteur du RMT Fertilisation & Environnement et du projet casdar "Effluents d'élevage", souhaite donc s'impliquer à la fois dans le suivi général du projet ainsi qu'en phase 4 concernant le développement et la valorisation des résultats.

ARVALIS – Institut du végétal (pilote)

En tant qu'institut de recherches appliquées en grandes cultures, ARVALIS – Institut du végétal a pour champ d'action l'optimisation des techniques de production d'un point de vue économique et environnemental. Les cultures travaillées par l'Institut (céréales à pailles, maïs, pomme de terre, prairie, protéagineux) sont toutes plus ou moins concernées par les pertes par volatilisation. Ce projet est l'occasion pour l'Institut de faire progresser l'estimation de la volatilisation afin 1) de mieux cerner les leviers d'action disponibles au niveau de l'agriculteur pour réduire les émissions, 2) d'améliorer les méthodes de calculs des émissions d'ammoniac dans les bilans environnementaux en agriculture.

CETIOM

Le champ d'action du CETIOM et ses objectifs dans ce projet sont semblables à ceux d'ARVALIS - Institut du végétal. La culture principalement concernée est le colza, compte tenu des quantités d'azote appliquées tant en fertilisation minérale qu'organique. La préoccupation est moins forte pour le tournesol, culture sur laquelle les apports d'azote sont nettement moins élevés. Pour le moment, nous n'avons d'ailleurs pas prévu de travailler sur cette culture dans le cadre de ce projet.

IE (Institut de l'Elevage)

Les déjections bovines représentent plus de 80 % de l'azote organique produit sur le territoire français. Une partie de ces déjections est recyclée directement au champ via les restitutions émises au pâturage tandis que l'autre partie est produite en bâtiment et stockée avant d'être épandue sur les surfaces de l'exploitation. Des pertes par volatilisation sont observées tout au long de la chaîne de production et de valorisation des déjections, de leur émission en bâtiment à la période suivant l'épandage. Pour l'Institut de l'Elevage, ce projet permettra de mieux connaître les facteurs régissant le phénomène de volatilisation suite à l'épandage de déjections bovines et donc de préconiser des techniques permettant de les limiter. Il apportera aussi des références sur les pertes d'ammoniac consécutives aux apports de déjections dans les systèmes laitiers et permettra de préciser les bilans environnementaux. Il viendra ainsi compléter les travaux sur l'évaluation environnementale globale des systèmes laitiers conduits dans le cadre du projet CASDAR n° 8091 « Mise au point de systèmes laitiers innovants, productifs et respectueux de l'environnement (eau, air et sol). D'autre part, un projet visant à évaluer les pertes d'ammoniac en bâtiment et lors du stockage des déjections a fait l'objet d'une manifestation d'intérêt à l'appel à projet CASDAR 2009, projet intitulé « mise en place d'un observatoire des émissions de Gaz à Effet de Serre et d'ammoniac liées aux productions avicoles, bovines et porcines en France ». La complémentarité avec le présent

projet permettra d'identifier les leviers d'action pertinents et cohérents avec l'ensemble du système de production pour réduire les émissions d'ammoniac et améliorer l'utilisation des effluents d'élevage.

IFIP

L'IFIP travaille sur les émissions gazeuses (ammoniac et gaz à effet de serre) des élevages porcins avec comme objectif la précision des facteurs d'émissions et la recherche de techniques et moyens de réduction des émissions. A ce titre l'IFIP travaille en collaboration avec les autres instituts animaux, le Cemagref et l'INRA sur la métrologie des émissions gazeuses pour les postes bâtiments et stockage et prévoit des mesures en élevages pour préciser les facteurs d'émissions des élevages français. La réduction des émissions doit être effective à l'échelle du système de production comprenant les postes bâtiment, stockage, traitement éventuel et épandage pour éviter des transferts de pollution d'un poste à l'autre. C'est parce que ce projet traite de l'émission d'ammoniac à l'épandage qu'il intéresse l'IFIP, en complément des autres projets en cours ou à venir sur les émissions d'ammoniac par les postes bâtiment et stockage.

INRA – UMR EGC Grignon et Agrocampus SAHS Rennes

L'étude de la volatilisation d'ammoniac constitue une pierre d'angle de l'axe thématique « Impact des pratiques agricoles sur l'atmosphère » de l'activité scientifique de l'équipe Biosphère-Atmosphère de l'Unité Mixte de Recherche Environnement et Grandes Cultures (EGC) de l'INRA de Versailles-Grignon. Ce projet est pour EGC l'occasion de contribuer à l'acquisition de jeux de donnée de volatilisation dans une large palette de conditions agro-pédo-climatiques françaises. La construction d'un module de volatilisation et son couplage à un modèle global du devenir de l'azote à l'échelle de la parcelle ou de l'interface entre les agrosystèmes et l'atmosphère dans le cadre de ce projet concrétisent le transfert d'expertise nécessaire dans ce domaine.

Les UMR EGC Grignon et SAHS Rennes gèrent les 3 sites expérimentaux de l'ORE PRO de Feucherolles (78), Colmar (68) et Rennes (35), dont les objectifs généraux portent sur l'évaluation exhaustive et sur le long terme des effets agronomiques et environnementaux résultant des apports sur les sol de produits organiques d'origine urbaine ou issus des élevages. La quantification des émissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac résultant des apports de PRO constitue un axe de recherche important de l'ORE.

UNIFA

L'UNIFA est l'Union des Industries de la Fertilisation. Elle représente les industries auprès des pouvoirs publics, des organismes publics ou privés français, européens ou mondiaux. Elle intervient dans les domaines techniques, économiques, agronomiques, environnementaux et administratifs liés à la production et à l'utilisation des engrais destinés à l'agriculture tout en veillant à l'éthique de la Profession. L'implication de ses adhérents dans le domaine de la fertilisation se traduit par une contribution permanente aux actions engagées par tous les acteurs de la fertilisation et par des relations de confiance avec le monde agricole. Soucieuse de satisfaire les besoins de l'agriculture française et de préserver l'environnement, l'UNIFA assure la promotion de la fertilisation raisonnée et veille à la qualité des fertilisants mis sur le marché. La volatilisation ammoniacale étant un des phénomènes responsables de pertes d'engrais dans l'environnement, ce projet est l'occasion pour l'UNIFA de contribuer à la recherche agronomique permettant de réduire les impacts environnementaux liés aux apports d'engrais azotés.

3. Rappel des financements spécifiques déjà obtenus sur le sujet (montant, origine, date et, s'il y a lieu, références des comptes rendus réalisés)

II - GAINS OU AVANTAGES ATTENDUS

1. Intérêt scientifique

- Développement et application d'une nouvelle technique de mesure des flux d'ammoniac gazeux au champ
- Constitution d'une base de données de volatilisation d'ammoniac pour les conditions françaises, avec quantification de l'effet des différents facteurs cultureux impliqués.
- Conception/optimisation d'un modèle d'estimation des risques de volatilisation ammoniacal au champ
- Ré-interprétation des expérimentations historiques sur les défauts d'efficacité d'engrais (défaut de CAU) en vue d'identifier la part de la volatilisation ammoniacale dans les pertes d'efficacité des engrais les autres processus à l'origine des pertes d'azote
- Contribution à la conception d'outils d'estimation des impacts environnementaux des pratiques de fertilisation

- **Opportunité d'engager une thèse pouvant bénéficier d'une bourse CIFRE.**
- **Opportunité d'engager une mobilité d'ingénieur dans le cadre de ce projet**

2. Intérêt socio-économique

- **Estimation de l'impact socio-économique de la mise en œuvre des résultats par la profession (exploitations agricoles et entreprises amont / aval) ; nature du gain**

L'impact socio-économique sur la profession agricole se situe à 2 niveaux :

- **Niveau exploitation agricole** : par une meilleure mise en évidence de l'impact quantitatif des facteurs influençant la volatilisation ammoniacale, le projet contribuera à l'identification et la mise en œuvre des leviers d'action les plus efficaces pour limiter les émissions. Les conséquences seront à la fois environnementale (diminution des émissions dans l'atmosphère) et économique (meilleure efficacité des engrais minéraux et organiques dans un contexte de prix des intrants élevés).
- **Niveau national** : actuellement, les inventaires du CITEPA se basent sur des méthodes de calculs simples qui utilisent des facteurs d'émissions proportionnels aux cheptels pour les produits organiques et aux quantités d'engrais livrés pour les produits minéraux. Le projet contribuera à fournir un référentiel d'émissions permettant de préciser les estimations et ainsi une meilleure mise en œuvre des leviers d'actions afin de respecter les normes d'émissions qui s'appliqueront à la France à l'avenir.

III - PLAN DE RECHERCHE

1. Programme DETAILLE des travaux (méthodes, protocoles opératoires, justification de la voie de travail choisie, description des différentes phases du projet, répartition des tâches entre les partenaires sur chaque phase...)

Phase 1 : mise au point méthodologique/acquisition des références expérimentales

- Mise au point méthodologique d'une méthode simple de mesures des émissions ammoniacales au champ
Cette tâche consistera à caler la méthodologie d'utilisation des badges ALPHA couplée à l'inversion du modèle FIDES. Elle servira notamment à caler le « maillage » minimal des parcelles expérimentales pour que les estimations de flux ne soient pas perturbées par des phénomènes environnants.
Partenaires impliqués : INRA - EGC (travail méthodologique), ARVALIS – Institut du végétal (dispositif expérimental maillage).
- Déploiement d'un réseau d'acquisitions de références sur la quantification de l'effet de différents facteurs cultureux sur les émissions
A partir de la méthodologie ad hoc, un réseau d'expérimentation sera déployé pour quantifier les effets de 5 facteurs cultureux sur la volatilisation ammoniacale :
 - 1 – **Type/forme d'engrais utilisé**
 - 2 – **Enfouissement de l'engrais** (mode d'enfouissement, profondeur)
 - 3 – **Etat du sol** : caractéristiques pérennes (pH, CEC...) et contemporaines de l'apport (humidité de l'horizon de surface...)
 - 4 – **Variable climatique** (température de l'air, humidité de l'air...)
 - 5 – **Etat du couvert végétal** (hauteur, biomasse aérienne...)

Outre les mesures de volatilisation, chaque expérimentation devra prévoir la mesure des variables d'état nécessaire à la compréhension de l'effet du facteur étudié. En fonction des contraintes méthodologiques de la mise en œuvre des badges ALPHA, les expérimentations seront situées soit sur des sites déjà existants, soit sur de nouveaux sites dédiés. Les sites expérimentaux pourront « croiser » les facteurs.

Partenaires impliqués et informations sur les dispositifs expérimentaux envisagés :

Partenaire	Facteurs étudiés pour leur effet sur la volatilisation					Informations sur les dispositifs expérimentaux
	Forme engrais	Enfouissement	Etat du sol	Climat	Etat du couvert	
ARVALIS - IdV	x	x	x	x	x	Equipement de 4 sites existants et création de 3 sites dédiés (2 ans d'expérimentations)
INRA-SAHS (INRA-EGC)	x	x	x			Equipement des 3 sites ORE-PRO (Rennes, Feucherolles, Colmar) + équipement du site de Trévarez (coll. Ch. Agri.).
CETIOM	x					Equipement d'un site existant (1 an d'expérimentation)
IE	x	x			x	Essais sur les stations de DERVAL et TREVAREZ. Etude de 2 types de déjections (lisier/fumier), sur 2 types de couverts (prairie/maïs), avec plusieurs techniques d'application
UNIFA	x			x		Equipement de 4 sites existants (3 ans d'expérimentations)

Phase 2 : synthèse des données et modélisation

- Synthèse des données recueillies dans les expérimentations et intégration dans une base de données « référentiel ».

La synthèse des données se fera sous 2 angles :

1 – La constitution d'une base de données « référentiel » d'émissions ammoniacales mesurées au champ. Cette base pourra intégrer des données issues d'autres travaux que ceux décrits dans ce projet.

2 – le « traitement » des essais par simulations à l'aide des modèles développés par les partenaires de la recherche : Volt'Air et STAL.

Partenaires impliqués : INRA-EGC, INRA-SAHS, ARVALIS – Institut du végétal, IE, CETIOM, UNIFA

- Paramétrage d'un modèle d'estimation des risques liés à la volatilisation lors des épandages d'engrais au champ

Cette partie du travail consistera à utiliser le jeu de données acquis pour concevoir et paramétrer un modèle d'estimation des risques de volatilisation lors des épandages au champ.

Partenaires impliqués : INRA-EGC, INRA-SAHS, ARVALIS – Institut du végétal, IE, CETIOM, UNIFA

Phase 3 : retour d'expertise sur jeux de données existants

- Sur la base de jeu de données expérimentales existant, quantifier la part attribuable à la volatilisation ammoniacale sur les « défauts d'efficacité » des apports d'engrais organiques et minéraux, à partir du modèle d'estimation des risques paramétré en phase 2.

Les différents partenaires disposent de jeu de données expérimentales mettant en évidence des « défauts » d'efficacité d'engrais minéraux et organiques. Les dispositifs expérimentaux n'ayant pas été équipés de matériels de mesures des émissions ammoniacales, le poids de ce phénomène dans les « pertes d'engrais » repose sur une expertise *a priori*. Le but de cette partie est d'utiliser le modèle d'estimation des risques *a posteriori* pour quantifier le rôle des émissions ammoniacales dans les pertes d'efficacité d'apport engrais afin d'orienter les méthodes visant à les limiter dans les différents milieux explorés par les essais.

Partenaires impliqués : INRA-EGC, INRA-SAHS, ARVALIS – Institut du végétal, IE, CETIOM*, UNIFA

* : sous réserve de disposer de données suffisamment caractérisées pour ce travail.

Phase 4 : développement/communication

- Communication des différents « livrables » du projet.

Les livrables du projet sont :

1 – Publications techniques de vulgarisation sur les différents leviers à disposition des agriculteurs pour les limiter les émissions ammoniacales

2 – Publications technico-scientifiques sur les résultats des phases 2 et 3

3 – Publications scientifiques dans des revues à comité de lecture sur les résultats des phases 1, 2 et 3.

4 – Base de données des mesures de flux d'ammoniac gazeux en fonction des conditions culturales

5 – Utilisation des résultats dans le développement des outils d'estimation des impacts environnementaux des pratiques de fertilisation. **Les données acquises par les membres du RMT Fertilisation et Environnement serviront notamment au paramétrage du module « volatilisation » de l'outil AZOSYSTEM.**

Partenaires impliqués : ARVALIS – Institut du végétal, CETIOM, IE, IFIP, ACTA, UNIFA, INRA-EGC, INRA-SAHS

Dans le cadre de cette phase 4, et plus généralement pour tout le projet, une attention particulière sera portée sur l'articulation des présents travaux avec ceux d'autres projets (déjà existants ou en cours de constitution) :

- Projet CASDAR « Améliorer la caractérisation des effluents d'élevage par des méthodes et des modèles innovants pour une meilleure prise en compte agronomique ». Manifestation d'intérêt AAP CASDAR 2009.
- Projet CASDAR « mise en place d'un observatoire des émissions de Gaz à Effet de Serre et d'ammoniac liées aux productions avicoles, bovines et porcines en France » Manifestation d'intérêt AAP CASDAR 2009.
- Projet CASDAR « NO GAS – N₂O » Manifestation d'intérêt AAP CASDAR 2009.

D'autres part, ce projet est affilié au RMT "Fertilisation et Environnement" (cf. attestation d'affiliation).

2. Calendrier des travaux : diagramme de Gantt

Il permet de représenter les tâches (phases du projet) dans le temps avec des segments proportionnels à la durée (une case cochée = un mois)

Phases du projet (l'implication des partenaires dans les différentes phases du projet aura été précisée au point III-1)

Mois Action	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
	Jan -10	Fev -10	Mar -10	Avr-10	Mai -10	Juin -10	Juil-10	Aou -10	Sep -10	Oct-10	Nov -10	Dec -10	Jan -11	Fev -11	Mar -11	Avr-11	Mai -11	Juin -11	Juil-11	Aou -11	Sep t-11	Oct-11	Nov -11	Dec -11	Jan -12	Fev -12	Mar -12	Avr-12	Mai -12	Juin -12	Juil-12	Aoû t-12	Sep -12	Oct-12	Nov -12	Dec -12			
Phase 1																																							
Phase 2																																							
Phase 3																																							
Phase 4																																							

3. Moyens en personnel (équipe(s) de recherche) et équipements nécessaires (existants et/ou à obtenir)

Partenaire	Tps*	Dont salaires publics*	Coût spécifique**
ARVALIS-IdV (pilote)	13.05		Equipements essais/frais d'analyses
INRA-EGC	13.00	5.00	
INRA-SAHS	2.25	2.25	Equipements essais/frais d'analyses
UNIFA			Equipements essais/frais d'analyses
CETIOM	2.80		Equipements essais/frais d'analyses/frais de déplacement
IE	10.05		Equipements essais/frais d'analyses
IFIP	0.50		
ACTA	1.00		
TOTAL	42.65	7.25	

* en mois de 20 jours

** les coûts spécifiques sont principalement liés au suivi des expérimentations. Les frais d'équipements et d'analyses des dispositifs de mesures des émissions ammoniacales en représentent une grande partie.

4. Moyens de management prévus par le Chef de projet pour assurer la coordination et la bonne réalisation de l'action de recherche.

Temps consacré : 2 mois

Animation du comité de pilotage – diffusion des comptes-rendus

Gestion administrative du projet

5. Nature, composition et modalités de fonctionnement de(s) l'instance(s) de pilotage :

Un comité de pilotage du projet sera constitué d'un représentant ou 2 représentants de chaque partenaire. Ce sera une instance de débat technique et de décisions d'orientations des travaux se réunissant 1 à 2 fois par an. 3 sous-groupes de travail correspondant aux phases 1, 2 et 3 seront aussi constitués avec les partenaires impliqués pour assurer une gestion « opérationnelle » des tâches particulières.

IV – RESULTATS ATTENDUS ET SUITES DU PROJET

1 Résultats attendus :

- Mise au point de la nouvelle technique de mesure de volatilisation ammoniacale au champ
- Modèle opérationnel d'estimation du risque de volatilisation au champ avec quantification du poids des différents leviers d'action
- Interprétation des défauts d'efficacité d'engrais sur les références « historiques »
- Base de données « référentiel » des émissions ammoniacales dans les contextes de production de France métropolitaine.

2 Valorisation et communication prévues (sur le projet, sur les résultats) :

Renseigner clairement les publications, séminaires, formations, autres modes de valorisation qui seront mis en œuvre, en précisant le public cible, les échéances.

1 – Publications techniques de vulgarisation sur les différents leviers à disposition des agriculteurs pour les limiter les émissions ammoniacales : **échéance en phase 4 / public agriculteurs**

2 – Publications technico-scientifiques sur les résultats des phases 2 et 3 : **échéance en phase 2 et 3 / public techniciens agricoles et agriculteurs**

3 – Publications scientifiques dans des revues à comité de lecture sur les résultats des phases 1, 2 et 3 : **échéance en phase 4 / public communauté scientifique internationale**

4 – Base de données des mesures de flux d'ammoniac gazeux en fonction des conditions culturales : **échéance en phase 4 / public équipe de recherches**

5 – Utilisation des résultats dans le développement des outils d'estimation des impacts environnementaux des pratiques de fertilisation : *échéance en phase 4 / public équipes de recherches et développement*

V - EVALUATION :

Moyens permettant d'évaluer les résultats de l'application de la recherche (critères mesurables si possible)

- Mise à disposition encadrée des innovations (méthodologie de mesure au champ, modèles...)
- Mise à disposition encadrée de la base de données de volatilisation
- Nombre de publications

VI COMPTE PREVISIONNEL DE REALISATION DU PROJET

1. Compte prévisionnel détaillé

Désignation des partenaires par catégorie	Coût total en Euros	Temps Techniciens ingénieurs et chercheurs (en mois)	Aide sollicité CAS DAR en Euros	Autres concours financiers publics et privés obtenus ou en cours (détailler par bénéficiaire et par financeur*)	Autofinancement (dont produits de prestations ou de ventes liées au projet)
Pilotage du projet					
ARVALIS – Institut du végétal	18 000 €	2	14 000 €		4 000 €
Missions confiées à un ou plusieurs ITA dans les phases 1, 2, 3 et 4					
ARVALIS – Institut du végétal	112 000 €	11.05	86 000 €		26 000 €
CETIOM	43 600 €	2.80	34 000 €		9 600 €
IE	70 073 €	10.05	54 500 €		15 573 €
IFIP	6 100 €	0.50	5 000 €		1 100 €
ACTA	9 000 €	1.00	7 000 €		2 000 €
Missions confiées à un ou plusieurs organismes de recherche publique (préciser lesquels et détailler ..)					
- salaires publics					
- autres dépenses					
INRA-EGC	61 375 € dont 28 000 € en « salaires publics »	13.00 dont 5.00 en « salaires publics »	26 000 €		35 375 €
INRA-SAHS	30 024 € dont 12 600 € en « salaires publics »	2.25 intégraleme nt en « salaires publics »	13 500 €		16 524 €
Missions confiées à un ou plusieurs établissement d'enseignement technique ou supérieur (préciser lesquels et détailler..)					
- salaires publics					
- autres dépenses					
Missions confiées à un ou plusieurs autres organismes de développement agricole					
Missions confiées à d'autres organismes (association, entreprise privée ..)					
UNIFA	77 095 €		60 000 €		17 095 €
Total hors salaires publics	386 667 €	35.4	300 000 €		86 667 €
Total des salaires publics	40 600 €	7.25			40 600 €
Total Général	427 267 €	42.65	300 000 €		127 267 €

2. Tableau récapitulatif par partenaire

Nom des partenaires	ARVALIS-IdV	INRA-EGC	INRA-SAHS	UNIFA	CETIOM	IE	IFIP	ACTA	Total général
Coût total en €	130 000 €	61 375 €	30 024 €	77 095 €	43 600 €	70 03 €	6 100 €	9 000 €	427 267 €
Total hors salaire public	130 000 €	33 375 €	17 424 €	77 095 €	43 600 €	70 03 €	6 100 €	9 000 €	386 667 €
Total salaire public		28 000 €	12 600 €						40 600 €
Aide sollicitée CAS DAR	100 000 €	26 000 €	13 500 €	60 000 €	34 000 €	54 50 €	5 000 €	7 000 €	300 000 €
Autres concours financiers									
Autofinancement	30 000 €	35 375 €	16 524 €	17 095 €	9 600 €	15 573€	1 100 €	2 000 €	127 267 €

Annexe 1 – Références bibliographiques

- **Cellier P., Germon J.C., Henault C., Genermont S., 1997.** Les émissions d'ammoniac (NH₃) et d'oxydes d'azote (NO_x et N₂O) par les sols cultivés : mécanismes de production et quantification des flux. in *Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes - Annales colloques INRA 83 - Reims (France) 19-20 nov. 1996* - INRA Ed., 25-37.
- **CITEPA 2008.** Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France. Séries sectorielles et analyses étendues. Rapport d'inventaire national Février 2008. 299p.
- **Cohan J.P., Bouthier A., Castillon P., Le Souder C., 2009.** Dossier Fertilisation des céréales - Prix des engrais azotés : quels impacts sur les pratiques sur céréales ?. *Perspectives Agricoles*, 352 (janvier), 18-22.
- **Genermont S., 1996.** Modélisation de la volatilisation d'ammoniac après épandage de lisier sur parcelle agricole. Thèse Univ. Paul Sabatier Toulouse, 170 p. + annexes.
- **Misselbrook, T.H., Smith, K.A., Jackson, D.R., Gilhespy, S.L., 2004.** Ammonia Emissions from Irrigation of Dilute Pig Slurries. *Biosystems Engineering*, 89, 473-484.
- **Morvan T., 1999.** Quantification et modélisation des flux d'azote résultant de l'épandage de lisier. Thèse Paris 6, 120 p.
- **Morvan T., Le Houerou B., Martinez J., Hacala S., 1997.** La valorisation des effluents d'élevage. in *Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes - Annales colloques INRA 83 - Reims (France) 19-20 nov. 1996* - INRA Ed., 233-254.
- **Morvan T., Leterme P., 2001.** Vers une prévision opérationnelle des flux d'azote résultant de l'épandage de lisier : paramétrage d'un modèle dynamique de Simulation des Transformations de l'Azote des Lisiers. (STAL). *Ingénieries*, 26 : 17-26.
- **Recous S., 1987.** Les formes d'azote - Les mécanismes de transformation de l'azote dans le sol. *Perspectives Agricoles*, 115 (Juin), 100-105.
- **Recous S., Machet J.M., Mary B., 1992.** The partitioning of fertilizer-N between soil and crop : comparison of ammonium and nitrate applications. *Plant and Soil*, 144, 101-111.
- **Recous S., Loiseau P., Machet J.M., Mary B., 1997.** Transformations et devenir de l'azote de l'engrais sous cultures annuelles et sous prairies. in *Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes - Annales colloques INRA 83 - Reims (France) 19-20 nov. 1996* - INRA Ed., 105-120.
- **Sommer S.G., Olesen J.E., Christensen B.T., 1991.** Effects of temperature, wind speed and air humidity on ammonia volatilization from surface applied cattle slurry. *J. Agric. Sci.*, 117, 91-100.




Annexe 2 – CV chef de projet

Jean-Pierre COHAN



ARVALIS – Institut du végétal
Service Conduite et Systèmes de Cultures
Station expérimentale
91 720 BOIGNEVILLE - France

Nationalité française
Né le 17 mai 1978 - marié
Tél. : + 33-(0)2-32-07-07-51
Cell. : +33-(0)6-89-95-38-90
jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr

Expériences professionnelles

<p><i>Depuis sept. 2007</i></p> 	<p><u>Responsable du pôle Recherche et Développement en fertilisation</u></p> <p>Coordination des activités sur la fertilisation des grandes cultures (tous éléments fertilisants et amendants) :</p> <ul style="list-style-type: none">■ Coordination des activités de 4 ingénieurs d'études■ Elaboration des programmes d'activités et des projets de recherches■ Elaboration et suivi des budgets de Recherches et Développement <p>Dossiers de recherches techniques pris en charge directement :</p> <ul style="list-style-type: none">■ Fertilisation azotée des grandes cultures : optimisation économique des pratiques de fertilisation, modélisation des flux sol-plante■ Impact des pratiques de fertilisation azotée sur l'environnement : pertes par lessivage (gestion de l'interculture), pertes gazeuses■ Autres dossiers : fertilisation générale (tous éléments, toutes cultures), spécifiquement en charge des dossiers fertilisation de la Pomme de Terre.
<p><i>Janv. 2003 - août 2007</i></p> 	<p><u>Ingenieur régional</u></p> <ul style="list-style-type: none">■ Direction de la station expérimentale de Haute-Normandie (France)■ Elaboration et supervision d'un programme d'expérimentations agronomiques■ Déploiement des partenariats avec les agriculteurs expérimentateurs et les autres organismes régionaux
<p><i>Janv. – Déc. 2002</i></p> 	<p><u>Ingenieur de recherche & développement (au Cameroun)</u></p> <ul style="list-style-type: none">■ Evaluations variétales et expérimentations sur les méthodes de lutte contre les maladies du bananier - Conseil aux plantations industrielles de bananes

Formation

 	<p><u>Ingenieur agronome de l'INA P-G (AgroParisTech)</u></p> <ul style="list-style-type: none">■ Promotion 1998 - diplômé en 2001■ Mémoire de fin d'étude réalisé à l'INRA – UMR Bio3P – Rennes Le Rheu <u>Sujet</u> : Caractérisations biologique, sérologique et moléculaire du virus PVY^C de la pomme de terre
--	---

Langues et compétences informatiques

Anglais : courant Maîtrise des outils bureautiques courants (Microsoft Word, Excel & Power-Point)
Connaissances en logiciels particuliers : ARCVIEW GIS 3.3, STATBOX 6.5

Dernières publications

Cohan J.P., Bouthier A., Castillon P., Le Souder C., 2009. Dossier Fertilisation des céréales - 1 - Prix des engrais azotés : quels impacts sur les pratiques sur céréales ? Perspectives Agricoles, 352 (janvier), 18-22.

Cohan J.P., Bouthier A., Castillon P., Le Souder C., 2009. Dossier Fertilisation des céréales - 2 - Fertilisation azotée : Optimiser l'efficacité des apports en culture. Perspectives Agricoles, 352 (janvier), 24-27.

Cohan J.P., Bouthier A., Castillon P., Le Souder C., Trochard R., Paumard T., 2009. Dossier Fertilisation des céréales - 3 - A l'échelle du système : Exploiter d'autres sources d'azote. Perspectives Agricoles, 352 (janvier), 28-31.