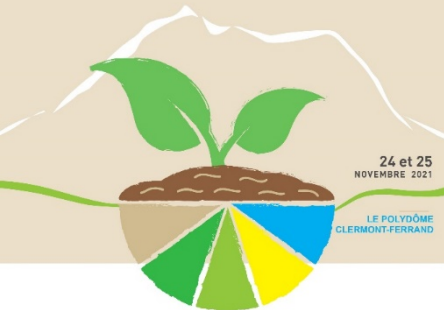


15^È RENCONTRES

DE LA FERTILISATION RAISONNÉE
ET DE L'ANALYSE



Le rendez-vous biennal des professionnels de la fertilisation raisonnée

comifer
Commissariat Régional à l'Environnement
et à l'Énergie de la Région Auvergne-Rhône-Alpes

Gemas
Généraliste des Analyses et des Mesures

Potentiels de volatilisation d'ammoniac au champ de divers substrats : mesures en conditions contrôlées et analyse des déterminismes

Sophie Générmont, Baptiste Esnault, Céline Décuq

UMR 1402
EcoSys


RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
*Liberté
Égalité
Fraternité*

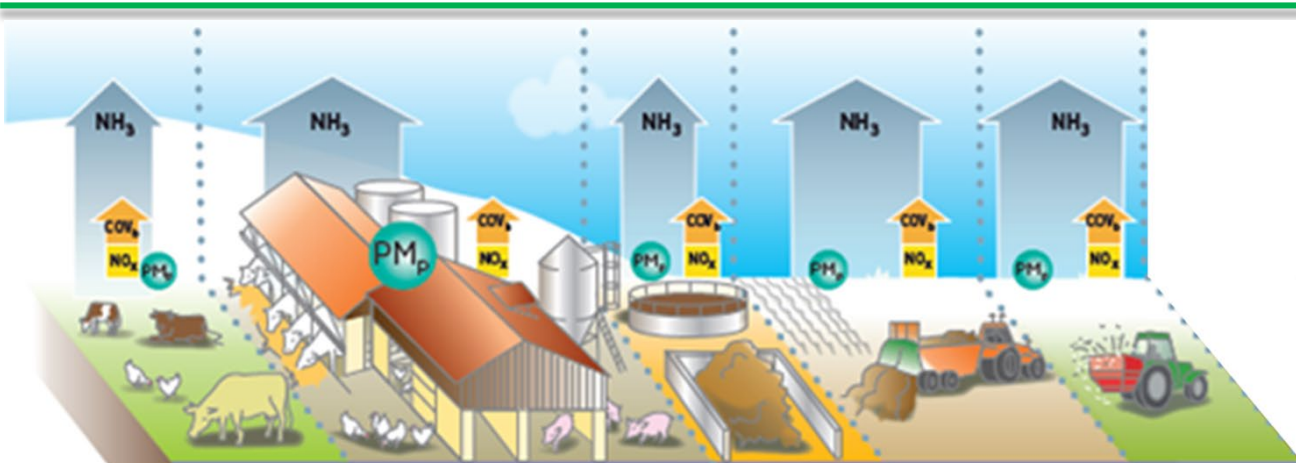
INRAE

AgroParisTech



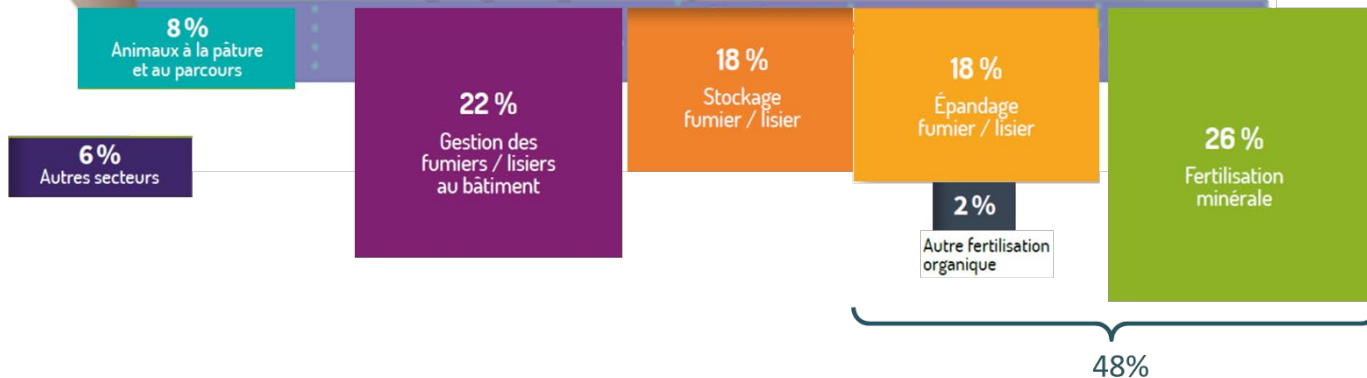
université
PARIS-SACLAY

Volatilisation d'ammoniac et agriculture



Perte d'azote
pour l'agriculture

Contribution à la dégradation
de la qualité de l'air



SECTEN, 2018



CITEPA



ADEME

AGENCE DE LA
TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

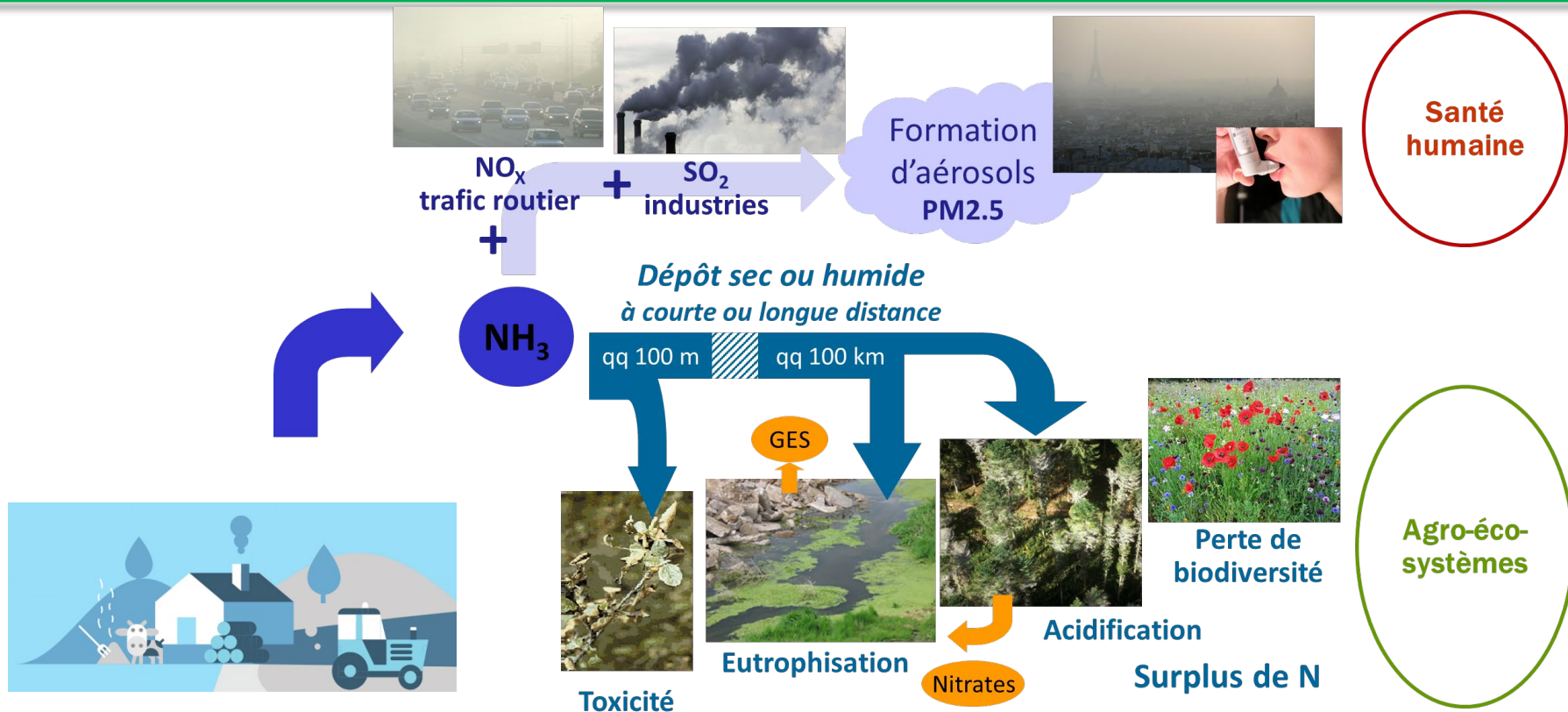


PRIMEQUAL

Programme de recherche interorganisme
pour une meilleure qualité de l'air

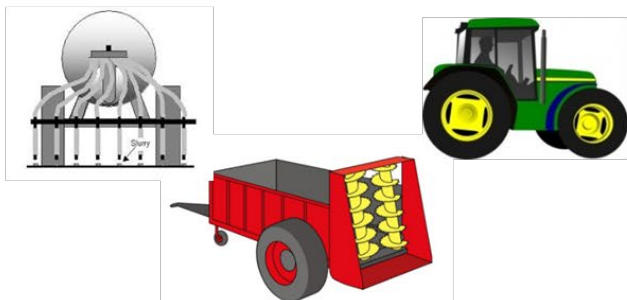
48%

Ammoniac, qualité de l'air, santé et environnement



Variabilité des émissions d'ammoniac au champ

Techniques agricoles



Conditions
météorologiques

Propriétés de l'engrais



Propriétés du sol

« potentiel »



Etat du
couvert végétal

Besoin d'un outil de référence

- Caractériser les potentiels d'émission (conditions contrôlées)
- Comparer les traitements
- Analyser l'effet d'un facteur, l'isoler
- Produire des références vers des facteurs d'émission (Tiers 2 et 3)
- Produire des références vers une typologie / volatilisation
- Evaluer objectivement les leviers de réduction
- Améliorer les outils opérationnels d'aide à la décision
 - Fertilisation – Qualité de l'air
- Extrapoler aux conditions de la parcelle agricole

Mesurer la volatilisation d'ammoniac au laboratoire

Principe général des enceintes dynamiques

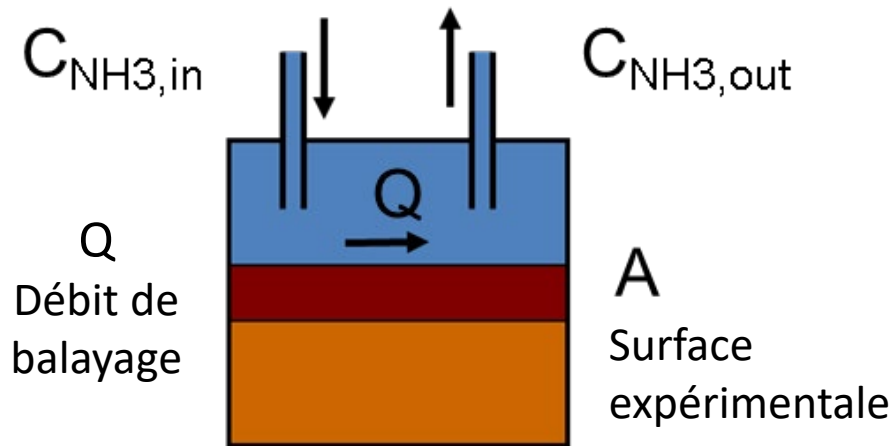
Repose sur un bilan de masse
sortie - entrée

$$F_{\text{NH}_3} = Q (C_{\text{NH}_3,\text{out}} - C_{\text{NH}_3,\text{in}}) / A$$

Classiquement et couramment utilisé

Mais...

- ✓ différences dans les conditions de conduite des expérimentations (température, humidité, sol, air...)
- ✓ différences de conditions de transfert de masse dans l'espace de tête
- Difficultés dans la comparaison des résultats et
- ➔ Difficultés d'interprétation des mesures de flux en conditions de laboratoire



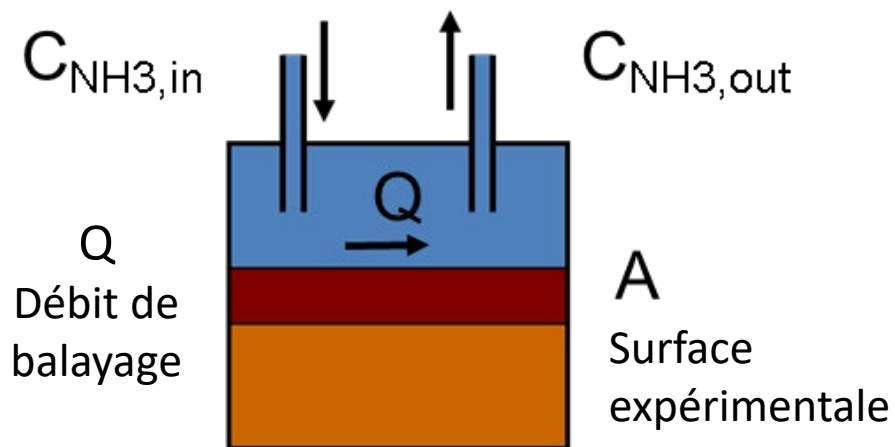
Mesurer la volatilisation d'ammoniac au laboratoire

Principe général des enceintes dynamiques

Repose sur un bilan de masse
sortie - entrée

$$F_{\text{NH}_3} = Q (C_{\text{NH}_3,\text{out}} - C_{\text{NH}_3,\text{in}}) / A$$

Classiquement et couramment utilisé



→ Besoin d'un outil de référence

Optimiser - Réguler - Automatiser

Mesurer la volatilisation d'ammoniac au laboratoire

Optimiser - Réguler - Automatiser

Optimiser

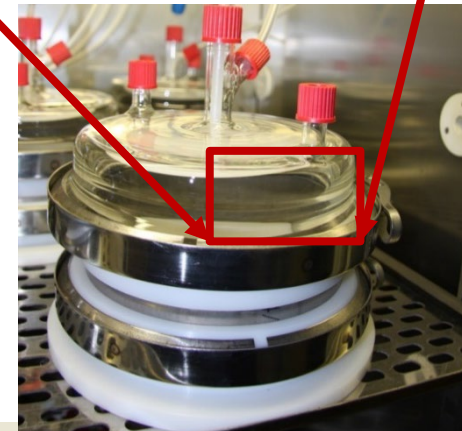
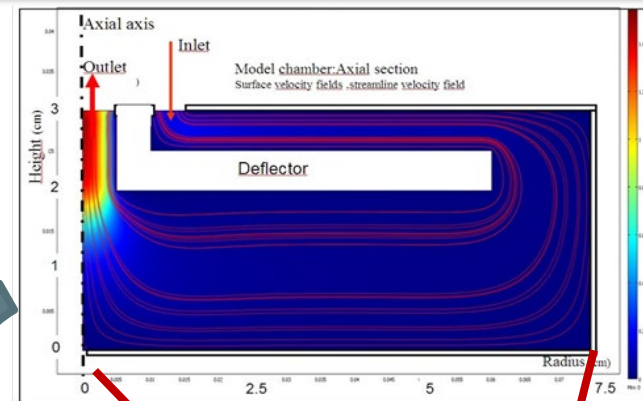
la configuration de l'espace de tête des enceintes

par

- simulations numériques (ComSol)
- expérimentations spécifiques

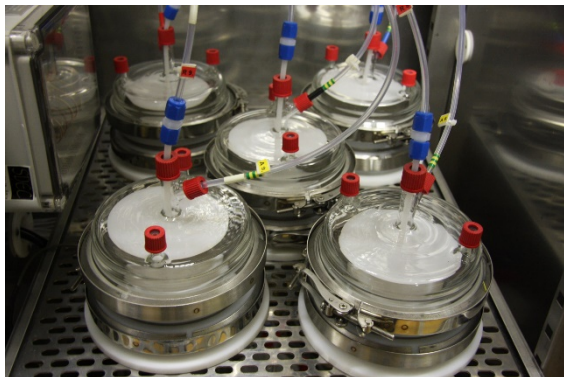
pour

- accueillir des cylindres de sols intacts ou reconstitués
- assurer l'homogénéité des émissions d'ammoniac sur l'ensemble de la surface émettrice dans un volume d'air constant indépendant du substrat
- optimiser les processus d'échange



Mesurer la volatilisation d'ammoniac au laboratoire

Optimiser - Réguler - Automatiser



Réguler
Automatiser

Compartiment technique

Contrôle et régulation
du débit (3.5 L min^{-1})

Mesure
humidité
air entrant

Barbotage
acide

Génération d'air pur ($\text{NH}_3 = 0 \mu\text{g/m}^3$)
et humide (HR=95%)

Incubateur thermostaté (15°C)

Pilotage de la
régulation et
enregistrement

12 cellules de volatilisation
3 témoins (177 cm²)

Mesurer la volatilisation d'ammoniac au laboratoire

Conditions opératoires : sol / support

- **Plaque PVC**
- **Sol en place** prélevé in situ (7-10 cm)

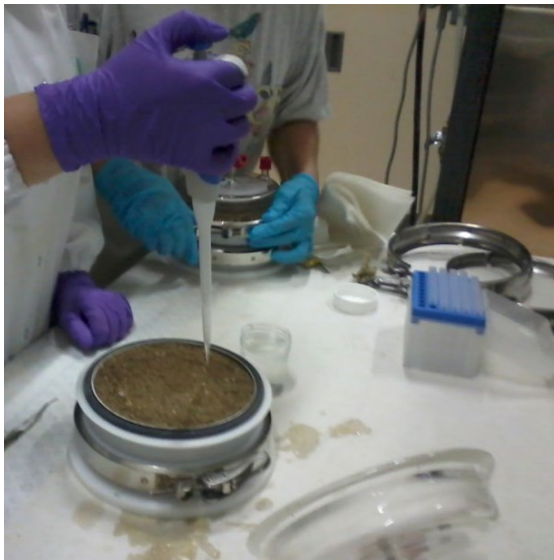


- **Sol reconditionné**
tamisé à 5 mm, apporté sur 2 cm
à une densité apparente choisie
(typiquement 1.2-1.3)
irrigué à la capacité au champ



Mesurer la volatilisation d'ammoniac au laboratoire

Conditions opératoires : PRO / engrais



Pour les engrais minéraux (et la solution de référence)

- Solutions = à la micropipette (~ 1 mL)
- Granules à la main

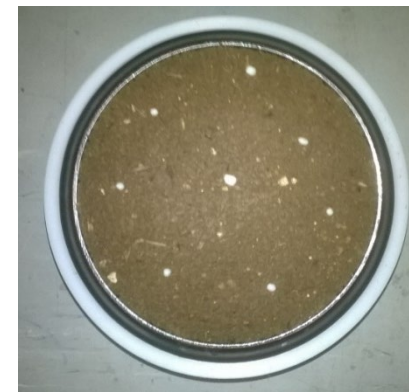
Solution azotée
sur sol reconstitué



Granules simples
sur sol reconstitué



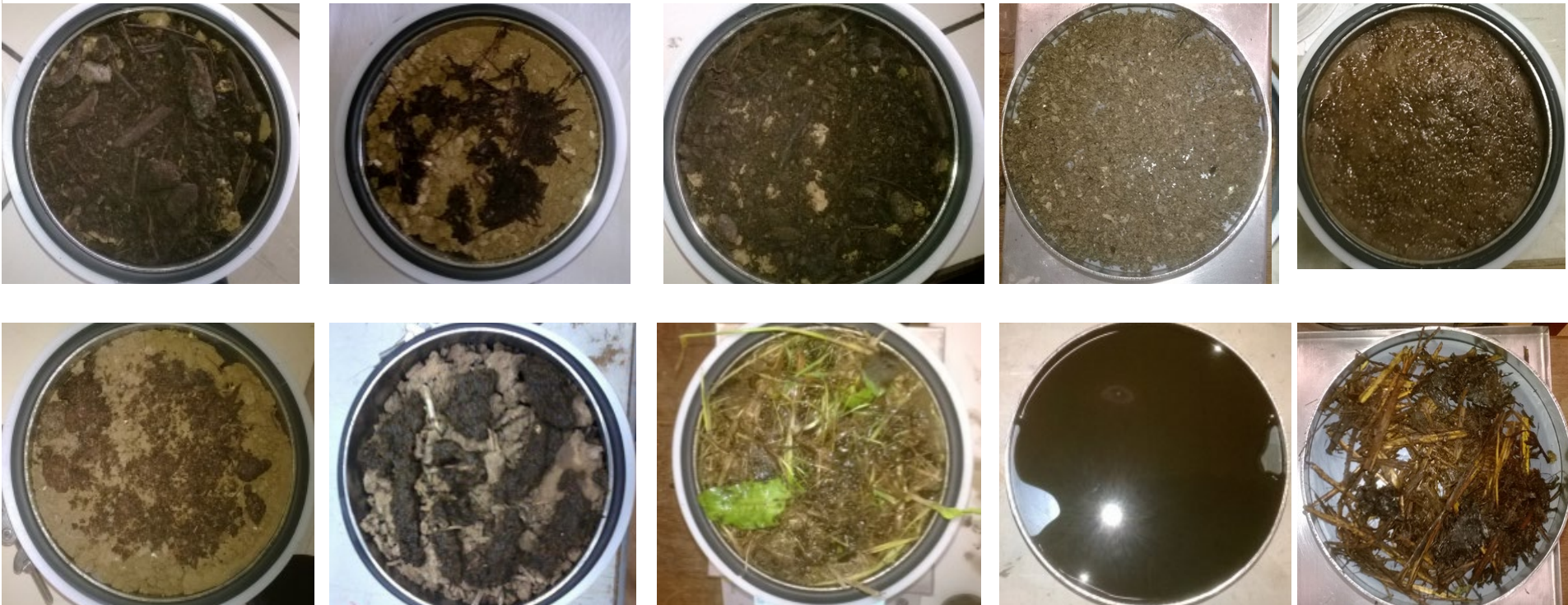
Granules enrobés
sur sol reconstitué



Mesurer la volatilisation d'ammoniac au laboratoire

Conditions opératoires : PRO / engrais

Pour les PRO : même dose qu'au champ - congélation possible des PRO liquides



Mesurer la volatilisation d'ammoniac au laboratoire

Conditions opératoires

15 enceintes dynamiques

- 4 traitements (x 3 répétitions)
- 1 témoin (x 3 répétitions)

surface expérimentale = 177 cm²

Incubation dynamique

- Débit = 3.5 L min⁻¹
- T = 15°C
- HR= 95%

Périodes de mesure

0-1j, 1-2j, 2-3j, 3-6j, 6-9j,

9-13j, 13-16j, 16-20j, 20-23j ... 40j





Illustration de résultats

Illustration de résultats : engrais minéraux

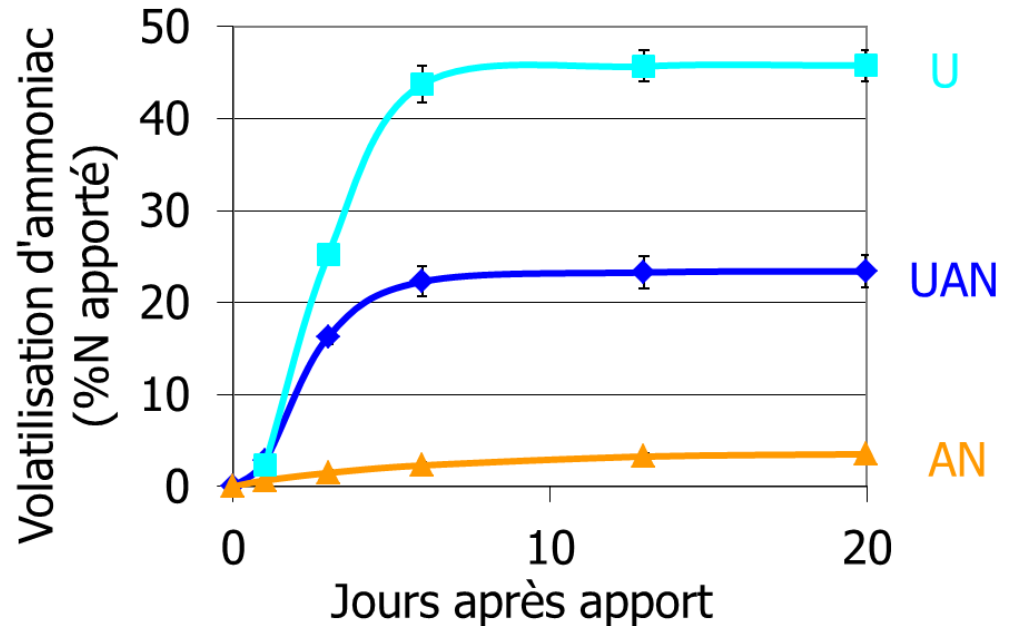
Potentiels de volatilisation

Comparaison des engrais

À 18°C (et non pas 15°C)

Sol argilo-limoneux alcalin

Taux d'application : 100 kg N ha⁻¹



- Volatilisation forte
- Discrimination/classification des engrais

Illustration de résultats : engrais minéraux

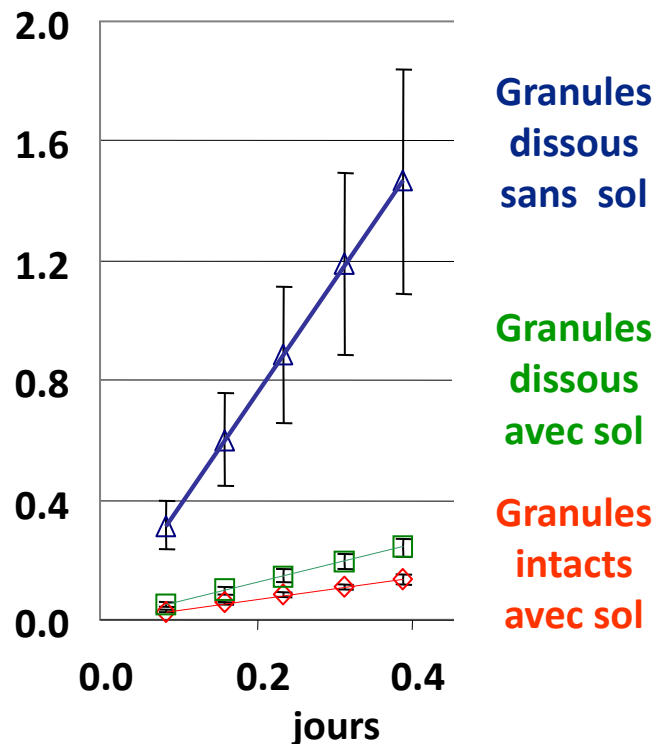
Effet de la dissolution et de la présence de sol

Granules d'ammonitrate



Dissolution

Volatilisation en % N-NH_4^+ apporté



Granules
dissous
sans sol

Granules
dissous
avec sol

Granules
intacts
avec sol

Illustration de résultats : PRO

Potentiels de volatilisation

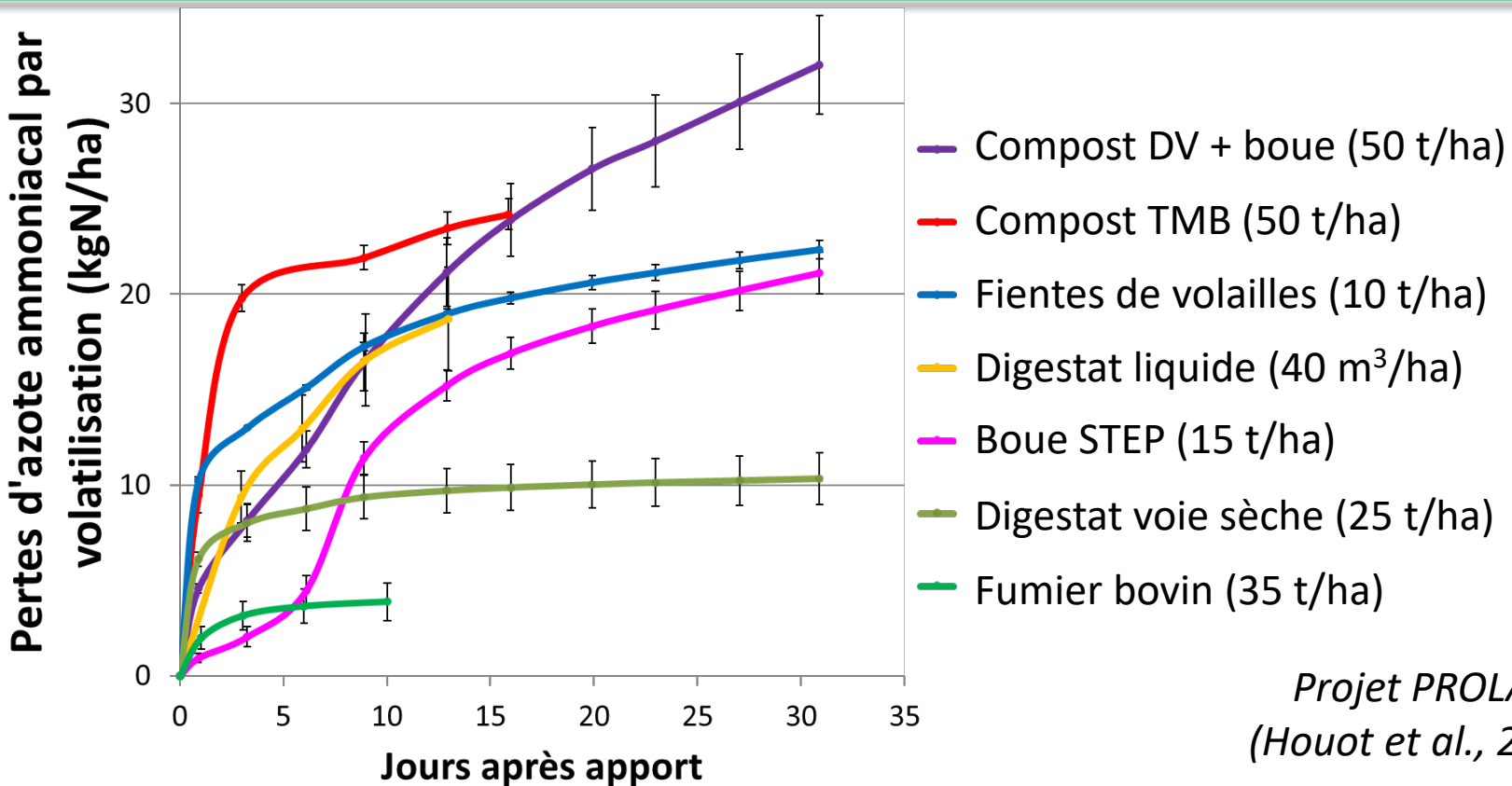


Illustration de résultats : PRO

Isoler les facteurs d'influence

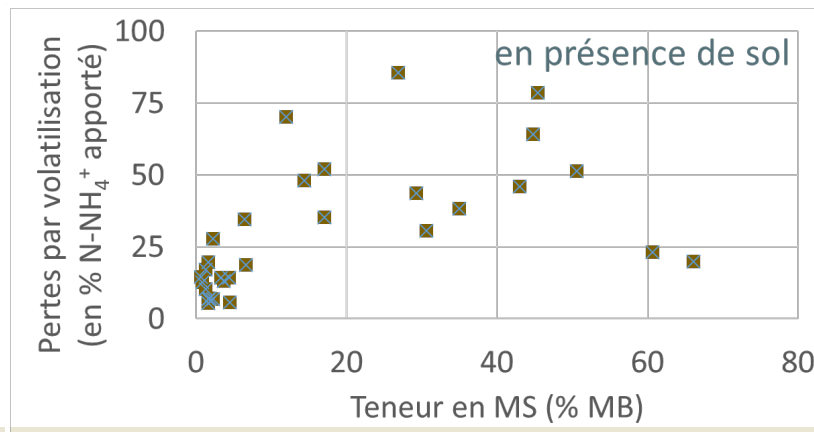
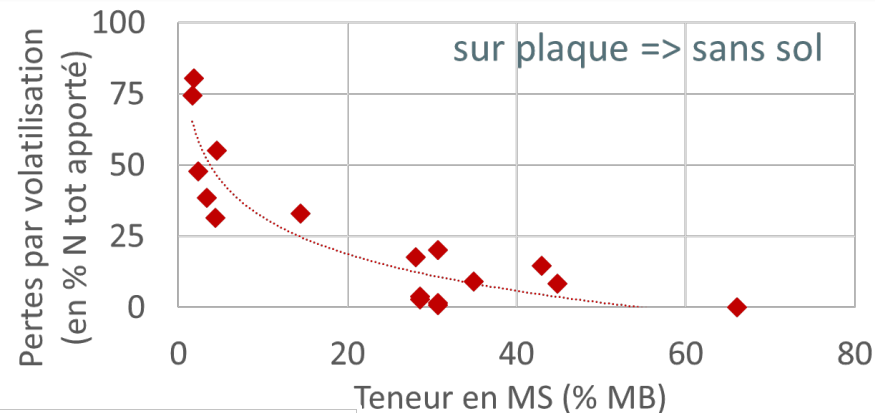
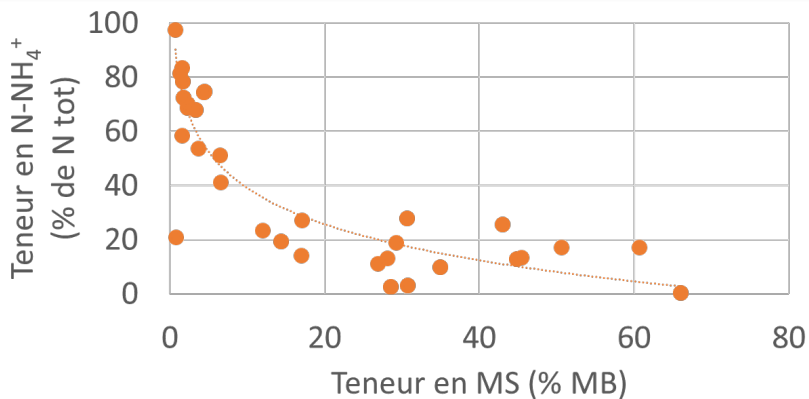
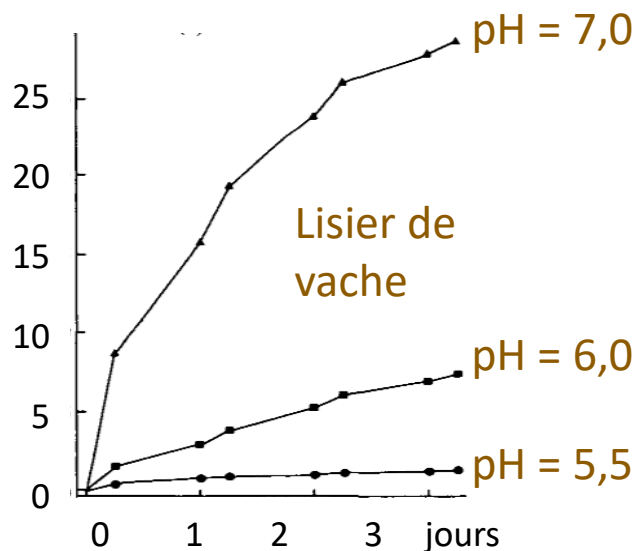


Illustration de résultats : PRO

Isoler les facteurs d'influence

Volatilisation cumulée
sur 3,25 jours (% de l'apport)



Stevens et al. (1989)

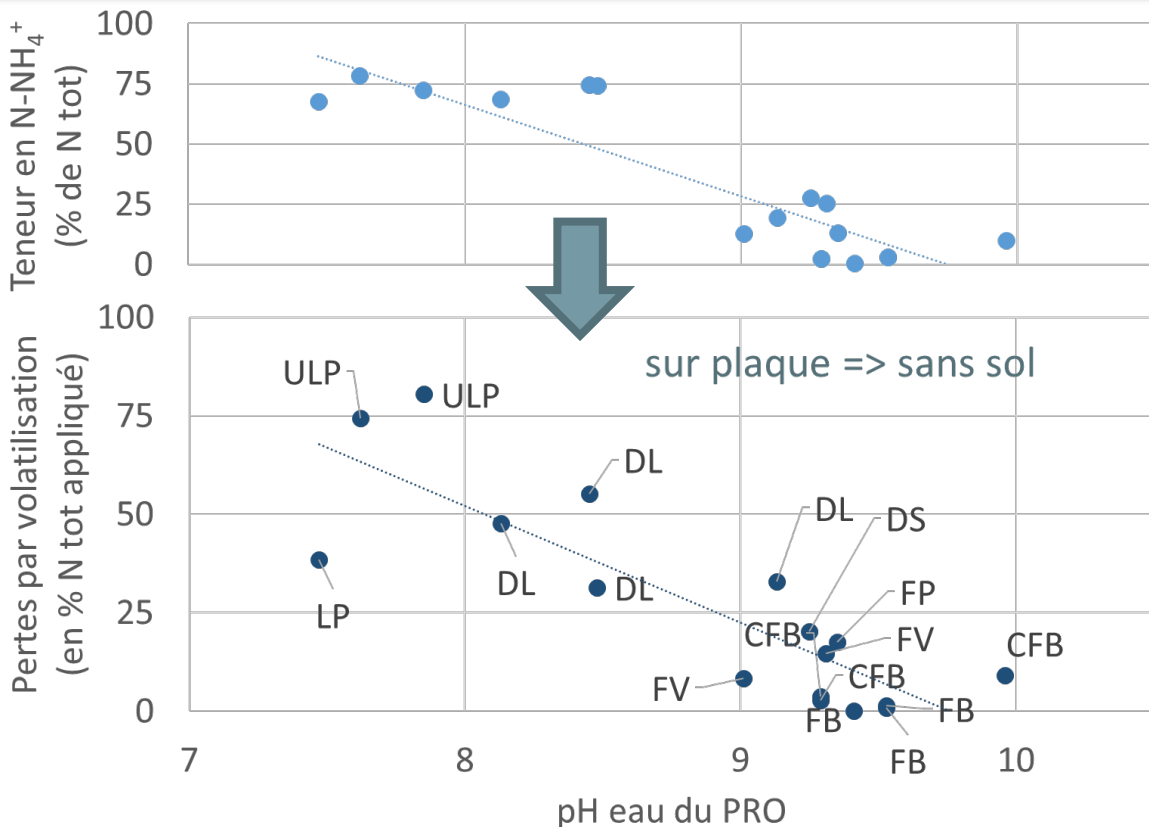
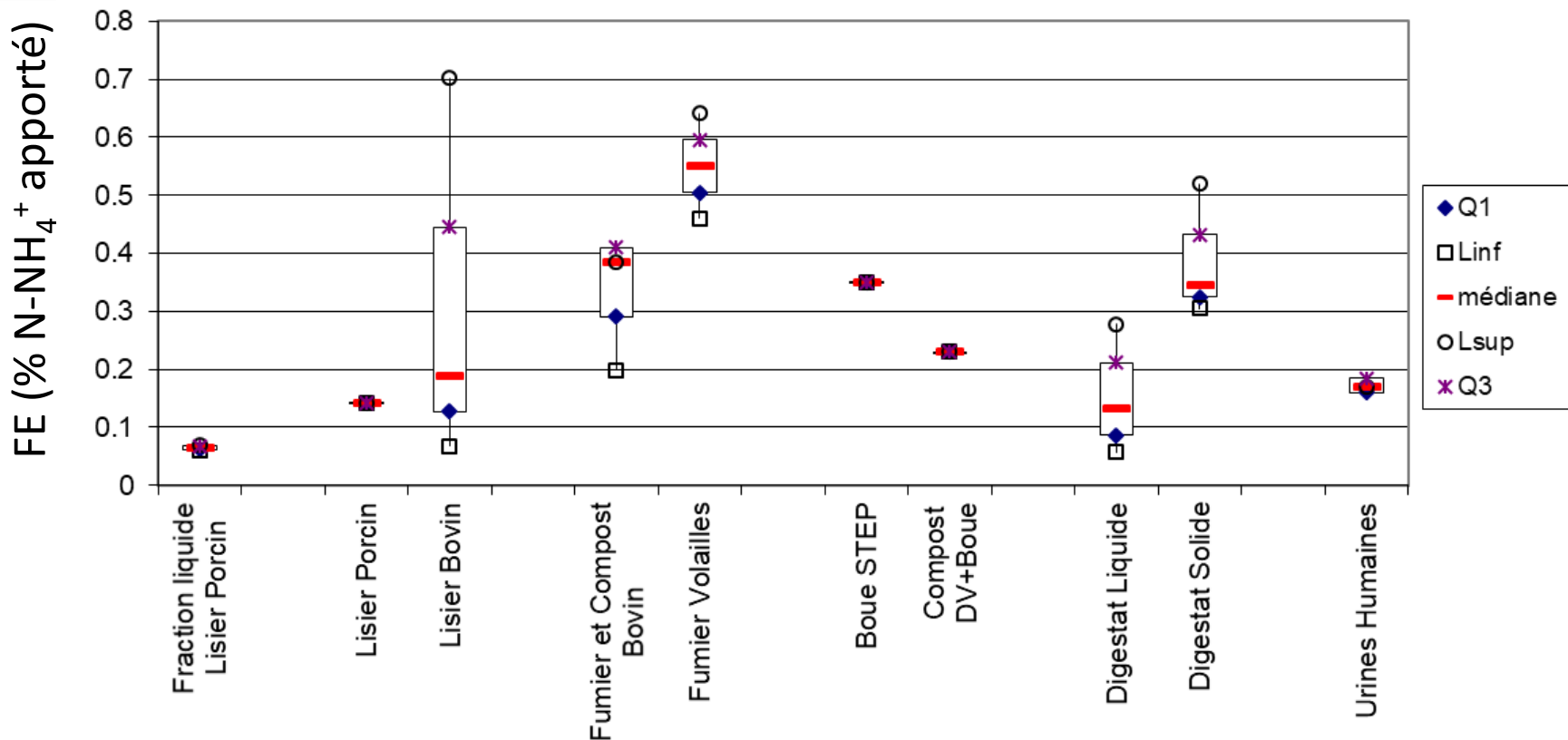


Illustration de résultats : PRO

Actualiser les facteurs d'émission



Conclusions



Un outil de référence pour mesurer et étudier la volatilisation d'ammoniac après fertilisation

opérable en routine et unique dans ses capacités :

- de maîtrise des conditions ambiantes et métrologiques
- de représentativité des conditions de la pratique agricole

Des premiers essais...



... à la prestation de service

2020

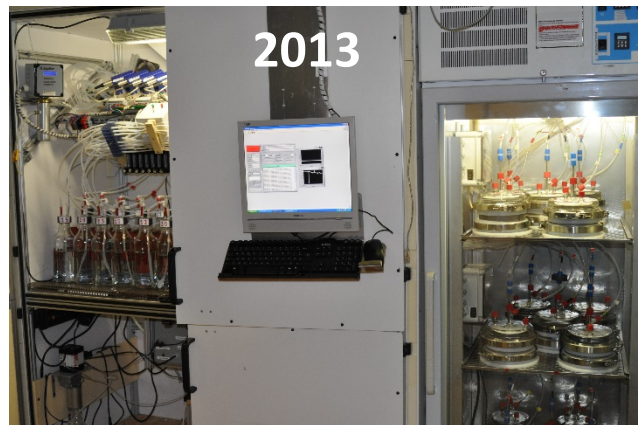
MESURER ET PRÉDIRE LES FLUX D'AZOTE ET DE CARBONE DES AGROÉCOSYSTÈMES

INRAE transfert EnVisaGES

Une gamme de services pour mesurer et prédire les flux d'azote et de carbone des agroécosystèmes. L'opération est menée de nombreux compositeurs gazeux polluants : gaz à effet de serre (GES) - N₂O, CO₂, CH₄ - et l'azote (N₂). La mesure des flux d'azote et de carbone est une préoccupation majeure à l'échelle internationale (Protocole de Kyoto (1997), Protocole de Göteborg (1998, 2012)), et avec les stratégies bas carbone françaises et européennes. L'évaluation des pratiques, les formulations des engrais plus respectueuses de l'environnement sont des exemples concrets de savoir-faire en relation avec les besoins de réduction obtenus. Sur la base de compétences développées en métrologie et modélisation des émissions gazeuses au champ depuis 25 ans, l'UMR ECO2YS s'est associée avec INRAE Transfert pour créer un service INRAE Transfert EnVisaGES (EnVisaGES = Environnement Valorisation GES) et mettre à disposition des acteurs économiques les services et ressources développés sur la base de ses savoir-faire.



...en passant par les prototypes...



DE LA CONCEPTION DU PROJET À L'ANALYSE DES DONNÉES

- DIMENSIONNEMENT du projet
- MISE EN PLACE expérimentale
- ÉCHANTILLONNAGE et MESURE sur site
- ANALYSE au laboratoire
- TRAITEMENT et INTERPRÉTATION des données; MODÉLISATION
- EXPERTISE et CONSEIL

IN SITU Mesure des concentrations et des flux : émissions et dépôts

- Surveillance de la qualité de l'air en zone agricole et industrielle
- Monitoring de sources ponctuelles (sites industriels, saliniers, élevage, décharges, méthaniseurs, production d'engrais, trafic routier)
- Quantification des émissions après une fertilisation (semaines/mois)
- Caractérisation des systèmes culturaux sur des durées plus longues (évaluation de l'impact de nouvelles pratiques in situ)

Mesures SUR SITES | Impacts des PRATIQUES AGRICOLES | ÉMISSIONS et bilans | Comparaison de traitements en PARCELLES D'ESSAI | Suivis et bilans EN PLEIN CHAMP

IN VITRO Mesure des potentiels d'émission d'ammoniac et de GES - Caractérisation des produits

Engrais minéraux, produits résiduels organiques (fumiers, bouses, composts, digestats) ; s/s, résidus de culture, nouveaux produits

Screening au laboratoire EN CONDITIONS CONTRÔLÉES pour une mesure de POTENTIALS D'ÉMISSION

IN SILICO Modélisation des flux, Évaluation de l'impact des changements de pratiques

A court - moyen - long terme

SIMULATION multi scénarios
Évaluation facile et rapide des impacts

VALIDATION de projets bas carbone (évaluation de bonnes pratiques)

EXPERTISE Évaluation des flux d'azote et de carbone dans le sol, les cultures et l'atmosphère
A court et moyen termes

Contact : www.inrae-transfert.fr
www.inrae.fr - @inrae - @inrae.fr

En partenariat avec : INRAE, AgroParisTech, université PARIS-SACLAY, ÉcoSys

15^{ème} RENCONTRES Comifer-Gemas : 24- 25 novembre 2021 – Clermont-Ferrand

Perspectives

- **Créer et enrichir régulièrement une BDD**
 - dynamique et intensité de la volatilisation dans différentes configurations
 - propriétés physiques, physico-chimiques et biochimiques des substrats
- **Extrapoler les émissions dans les conditions de la pratique agricole (Volt'Air)**
- **Générer des modules empiriques dynamiques de la volatilisation**
méta analyse des données, méthodes d'apprentissage machine
=> modèles mécanistes – Fertilisation – Qualité de l'air
- **Refondre et redimensionner**
 - Améliorer encore la précision
 - Augmenter le débit analytique
 - Etendre aux autres composés gazeux (N_2O , NO_y , COV, etc.)

Merci !

