



Comité Français d'Étude et de Développement  
de la Fertilisation Raisonnée

Sous le haut patronage



# QUALITÉ DE L'AIR ET FERTILISATION : RÉDUIRE LES ÉMISSIONS D'AMMONIAC

14 MARS 2019 – APCA (PARIS)

# Les PRO – Produits Résiduaires Organiques - pour la fertilisation des cultures et prairies : quantification des pertes de NH<sub>3</sub>, facteurs déterminants - Résultats du projet EvaPRO

*Robert Trochard - présentation Baptiste Soenen -*

ARVALIS  
Institut du végétal

INRA UMR ECOSYS  
SCIENCE & IMPACT

INSTITUT DE  
L'ELEVAGE

AGRICULTURES  
& TERRITOIRES  
CHANGEMENTS D'AGRICULTURE  
RÉSILIENTS

Organismes associés :

Financier :

INRA UMR SAS  
SCIENCE & IMPACT

ITAVI

ifip  
Institut Français  
de l'Agriculture  
Pratiquée

Terres  
Inovia  
l'agronomie en mouvement

CITEPA

acta  
LES INSTITUTS  
TECHNIQUES  
AGRICOLLES

ADEME  
Agence de l'Environnement  
et de la Prévention de l'Énergie

Sous le haut  
patronage



comifer  
Comité Français d'Etude et de Développement  
de la Fertilisation Révisée

# Présentation du projet EvaPRO

Evaluation des pertes d'azote par Volatilisation Ammoniacale suite à l'épandage de  
Produits Résiduaire Organiques

→ projet financé par l'ADEME dans le cadre du programme CORTEA (2015-2019)

ARVALIS  
Institut du végétal

INRA UMR ECOSYS  
SCIENCE & IMPACT

INSTITUT DE  
L'ELEVAGE

AGRICULTURES  
& TERRITOIRES  
CHANGEMENTS D'AGRICULTURE  
BRETAGNE

Organismes associés :

Financier :

INRA UMR SAS  
SCIENCE & IMPACT

ITAVI

ifip  
Institut du genre

Terres  
Inovia  
l'agronomie en mouvement

CITEPA

acta  
LES INSTITUTS  
TECHNIQUES  
AGRICOLES

ADEME  
Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie

**Objectif 1 :** Validation par une méthode de référence de la méthode de mesure Volat'NH<sub>3</sub>

**Objectif 2 :** Acquisition de références inédites en France, et parfois au niveau international

**Objectif 3 :** Utilisation novatrice du modèle Volt'Air calé sur les résultats des essais au champ pour produire des jeux de données virtuels à destination des travaux sur les facteurs d'émissions

Sous le haut  
patronage

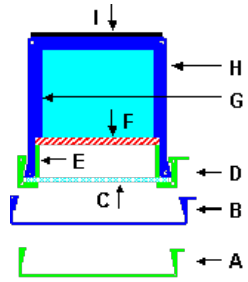


comifer  
Comité Français d'Etude et de Développement  
de la Fertilisation Révisée

MINISTÈRE  
DE L'AGRICULTURE, DE LA  
PÊCHE ET DE LA  
PÊCHERIE

cf. présentation EvaMIN

# Méthode Volat'NH<sub>3</sub> : suivi des concentrations NH<sub>3</sub> au champ



- A bouchon de scellement final
- B bouchon supérieur de protection
- C membrane PTFE 5 µm (27mm diam.)
- D bouchon percé pour la membrane
- E anneau de fixation (6 mm hauteur)
- F papier filtre imbibé
- G anneau interne – support papier filtre
- H corps du badge
- I velcro pour fixation au support

Projet CASDAR VOLAT'NH<sub>3</sub>

**Principe n°1 :** suivi des quantités de NH<sub>3</sub> émis via des pièges portant des filtres imbibés d'acide (badge ALPHA) installés et relevés à pas de temps réguliers au champ.

**Principe n°2 :** Suivi par modalités testées à 2 hauteurs de mesures (30 cm et 1 m de la source) + suivi sur des mâts de 3 m entourant les essais pour capter le « bruit de fond » du site d'essai.



Identification des badges				Suivi des badges													Somme en NH <sub>3</sub> (µg)	
N° badge	Organisme	Site	Date de relevés	Modalité	Bloc	Hauteur	Répliquat	Code badge	Date	Heure	Humidité	Date relevé	Humidité relevé	Date expédition	Date réception	Date	Quantité	NH <sub>3</sub> en µg
1	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
2	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
3	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
4	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
5	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
6	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
7	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
8	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
9	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
10	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
11	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
12	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
13	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
14	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
15	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
16	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
17	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
18	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
19	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
20	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
21	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100
22	ARVALIS	ARVALIS	2018-01-15	100	100	100	100	ARVALIS-100-100-100	2018-01-15	10:00	80	2018-01-15	80	2018-01-15	2018-01-15	2018-01-15	100	100

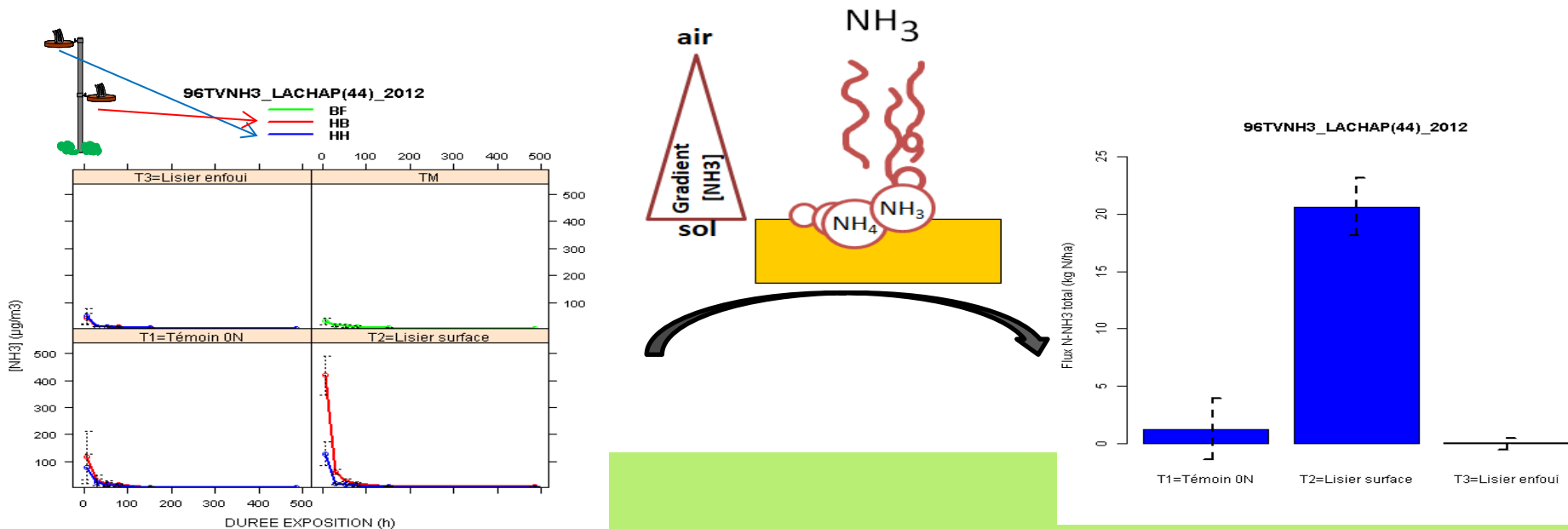
**Principe n°3 :** Les quantités de NH<sub>3</sub> captés sont extraites et quantifiées par analyses au laboratoire (prestataire actuel = LDAR).



Sous le haut patronage  
  
 Technique initiée par le CEH d'Edimburgh (Sutton et al. 2001)

# Méthode Volat'NH<sub>3</sub> : le calcul des flux par les Gradients

Utilisation du principe du gradient [NH<sub>3</sub>] à l'origine du phénomène



Sous le haut patronage

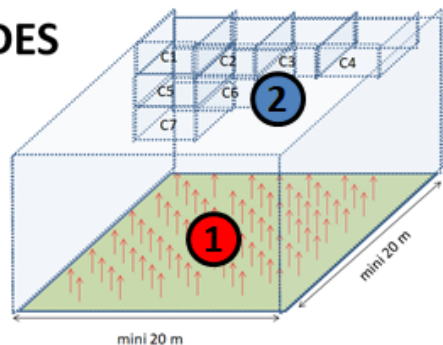
comifer  
Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée



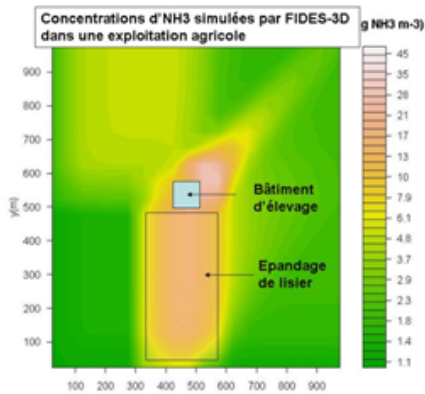
# Méthode Volat'NH<sub>3</sub> : le calcul des flux par FIDES inversé

Inversion d'un modèle d'estimation des [NH<sub>3</sub>] à partir d'une source connue (FIDES)

FIDES



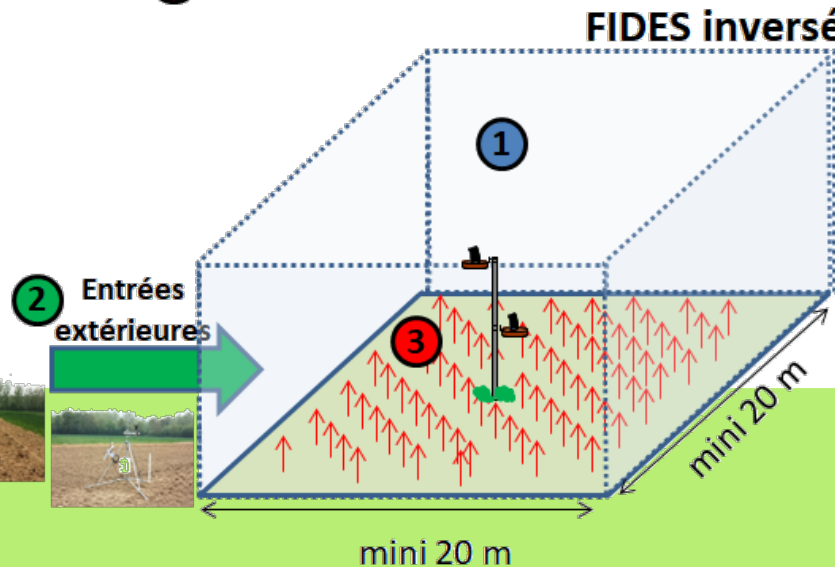
- 1 connaissant la source ...
- 2 ... on calcule [NH<sub>3</sub>] en tout point



- 1 mesurant [NH<sub>3</sub>] en certains points ...
- 2 et connaissant l'environnement extérieur ...
- 3 ... on estime la source



FIDES inversé



# Méthode Volat'NH<sub>3</sub> : le calcul des flux de perte par volatilisation ammoniacale

## ➤ Méthode des Gradients :

Méthode mise au point et validée dans le projet VOLAT'NH<sub>3</sub>

Mise en routine dans un script R

**Non utilisable en valeurs absolues, mais permet d'évaluer la qualité des émissions calculées**

## ➤ Méthode FIDES inversée :

Méthode mise au point et validée dans le projet EvaPRO

Mise en routine dans un script R

**Plus performante, peut être utilisée en valeurs absolues**

Sous le haut patronage

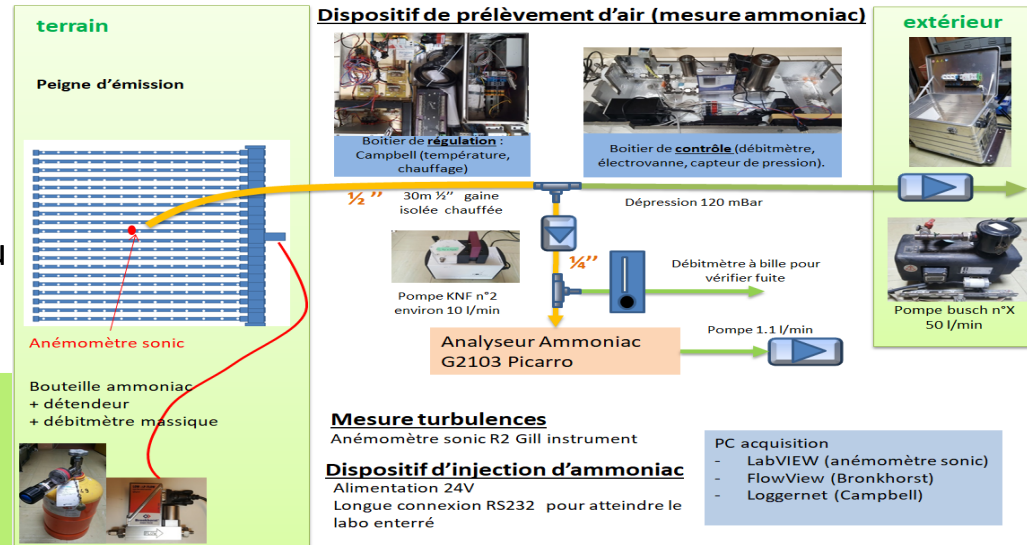
# Validation de la méthode Volat'NH<sub>3</sub> - FIDES inversé

**Évaluation théorique de la méthode**, avril 2018, <https://www.biogeosciences.net/15/3439/2018/>

Principe : utiliser FIDES en mode direct pour simuler des [NH<sub>3</sub>] à pas de temps mi-horaire à partir d'un flux connu, puis utilisation de la méthode FIDES inversé sur des [NH<sub>3</sub>] moyennées sur plusieurs heures pour ré-estimer ces flux.

## Évaluation au champ de la méthode

Principe : générer une source d'intensité connue sur une surface équivalente à celles rencontrées dans les essais agronomiques (20 m x 20 m ou 10 m x 40 m) et estimation du flux avec la méthode FIDES inversé pour évaluer les performances.



Sous le haut patronage



**comifer**  
Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Révisée

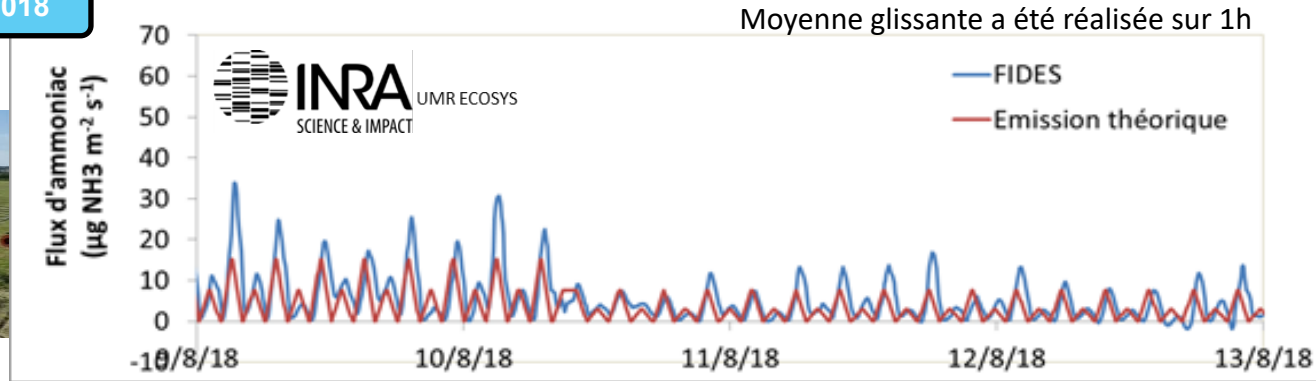
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE LA PÊCHE ET DE LA MER  
FERTILISATION



# Validation de la méthode Volat'NH<sub>3</sub> - FIDES inversé

## Premiers résultats de l'évaluation au champ

Essai INRA-ECOSYS Grignon - 2018



Les émissions estimées par le modèle FIDES inversé suivent globalement les variations de la source théorique mais avec un retard d'environ 20 min.

La comparaison modèle FIDES inversé / émission théorique est bonne sur une partie de la période, mais surestimation moyenne de l'ordre de 50% sur l'ensemble de la période pour tous les niveaux. Les raisons de cette surestimation sont actuellement investiguées.

Sous le haut patronage

# Acquisition de références inédites sur la volatilisation ammoniacale des PRO

**Objectifs** : acquérir de données de volatilisation ammoniacale (Volat'NH<sub>3</sub>) suite à l'épandage des produits organiques nouveaux ou peu renseignés dans la bibliographie :

digestats,

lisiers de canard,

lisier de bovins,

lisier de porcs,

phases liquides et solides de raclage en V de bâtiments porcs,

fientes et fumiers de volailles,

fumier et compost de fumier de bovins.

➔ 17 essais au champ (31 modalités d'épandage), répartis sur 2 années (2016 et 2017)



Sous le haut patronage

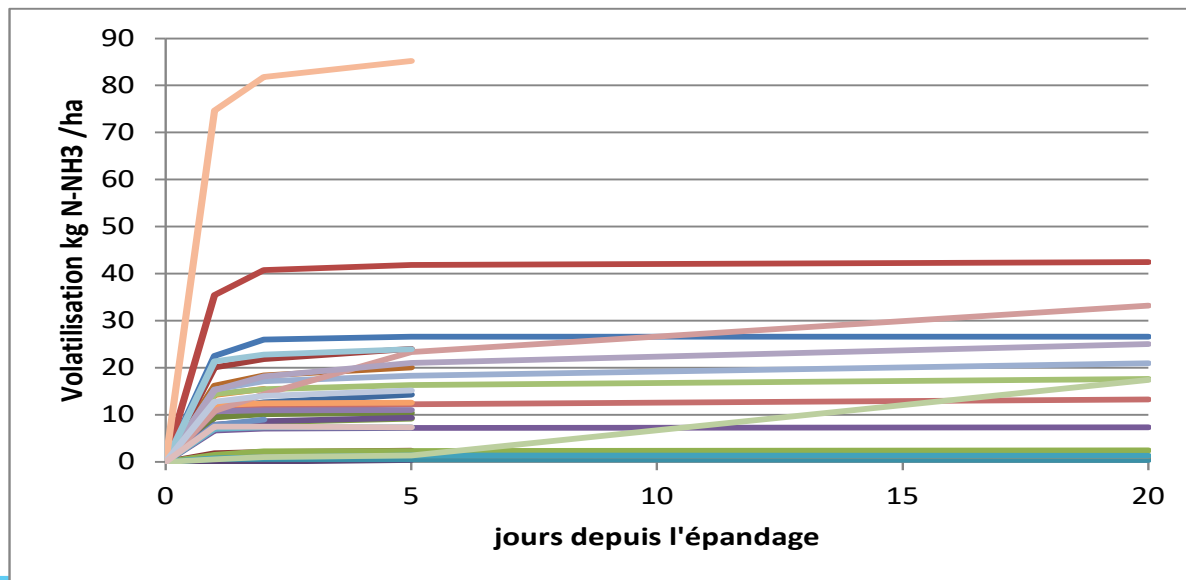


# Réseau expérimental EvaPRO (2016-2017)

code essai	modalité 1	modalité2	modalité 3
ARV_LJ_2016 2017	<b>Lisier canard</b> à rotir	<b>digestat</b> lisier de bovins + lisier de canard à rotir + cive + déchets argoalimentaires	
ID_A_2016	<b>Fumier de bovins</b> allaitants	<b>Fumier composté de bovins</b> allaitants	
ID_P_2016	<b>Lisier de bovins</b>	<b>phase liquide de lisier de bovin</b> après séparation de phase	<b>phase solide de lisier de bovin</b> après séparation de phase
TI_2016 2017	<b>Lisier de porcs</b>	<b>digestat</b> de lisier de porcs	
IF_P_2016 2017	<b>phase liquide</b> (urines) stockage <b>non couvert</b> projet EFAC- <b>raclage en V</b>	<b>phase liquide</b> (urine) stockage <b>couvert</b> projet EFAC- <b>raclage en V</b>	
IF_A_2016 2017	<b>phase solide</b> (crottes) projet EFAC- <b>raclage en V</b>		
IN_2016	<b>phase liquide digestat</b> (urine+ crottes) stockage <b>non couvert</b>	<b>phase liquide digestat</b> (urine+ crottes) stockage <b>couvert</b>	<b>Lisier de porcs</b>
CR_2016	<b>Lisier de porcs</b>	<b>digestat</b> de lisier de porcs	<b>digestat</b> de lisier de porcs <b>sol nu</b>
CR_2017	<b>phase liquide digestat</b> (urine+ crottes) stockage <b>non couvert</b>	<b>phase liquide digestat</b> (urine+ crottes) stockage <b>couvert</b>	
IT_FP_2016	<b>fumier poulet chair</b> (paille)		
IT_FD_2016	<b>fumier dinde</b> (paille +copeaux)		
IT_FS_2017	<b>Fientes sèches</b> de poules		
IT_LC_2017	<b>lisier de canard</b> gavage		

# Résultats expérimentaux EvaPRO (2016-2017)

Ensemble des cinétiques de volatilisation d'azote ammoniacal cumulée



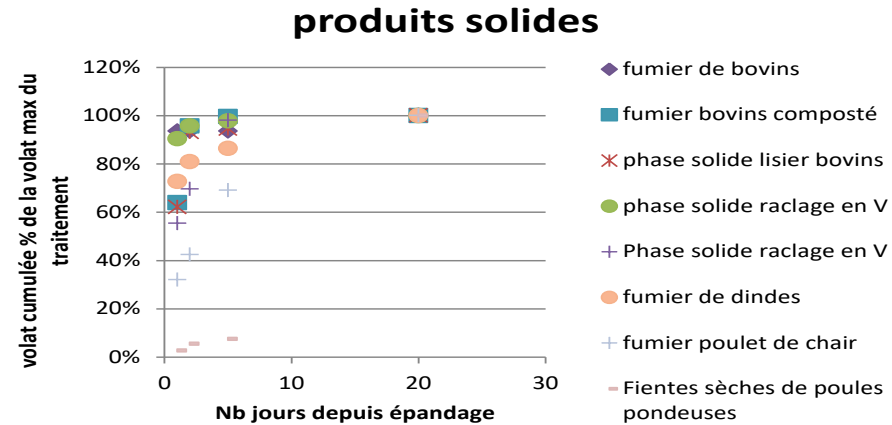
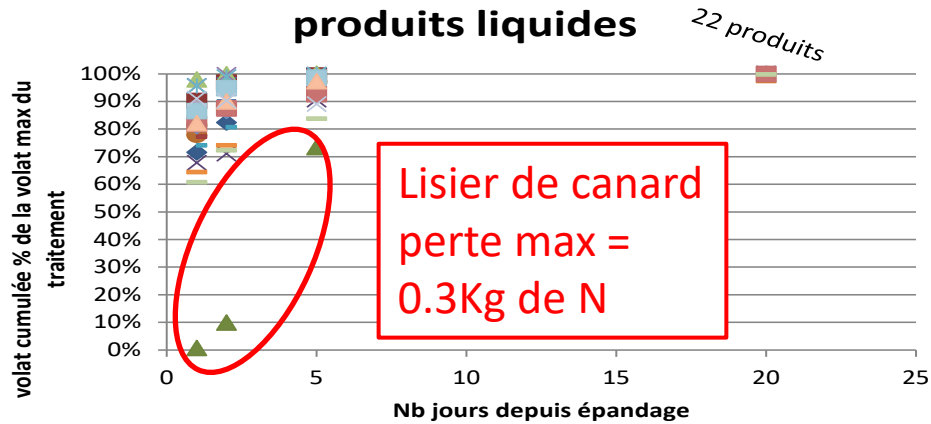
Certains suivis sur  
5j d'autres 21j

Perte d'azote par volatilisation ammoniacale allant de 0.3 à 85.2 kg de N/ha  
2 cinétiques particulières fumier de poulet de chair et fientes sèches : N uréique ?

Sous le haut  
patronage

# Résultats expérimentaux EvaPRO (2016-2017)

## Volatilisation d'azote ammoniacal cumulée 1, 2, 5 et 20 jours après l'épandage



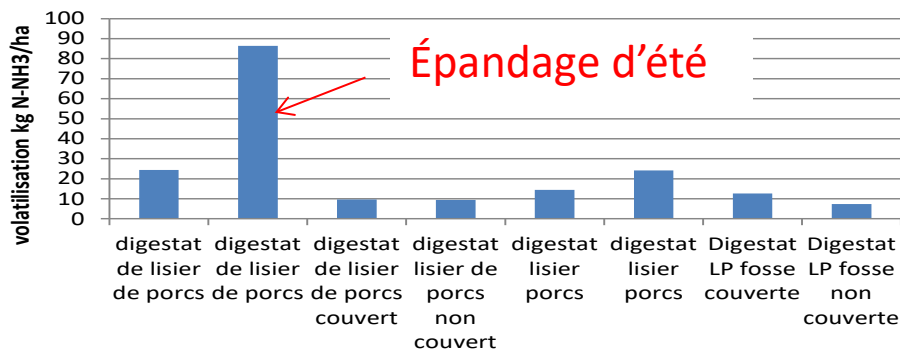
Comparaison des traitement en %, sur la base de la volatilisation max de chaque traitement

- produits liquides : entre 60 et 80% du total perdu en 1 jour
- produits solides : entre 30 et 90% du total perdu en 1 jour

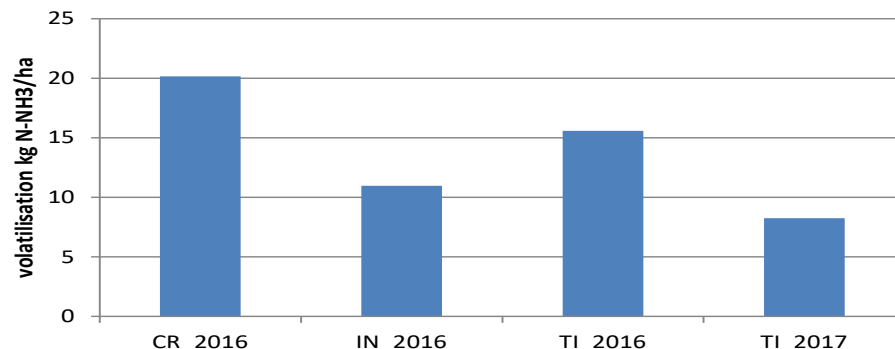
# Résultats expérimentaux EvaPRO (2016-2017)

## Pertes liées aux digestats de lisier de porcs

### digestat de lisier de porcs



### Lisiers de porcs



Les digestats de lisiers de porcs perdent en moyenne 15.7% du N-NH<sub>4</sub> (de 6 à 50%)

Les lisiers de porcs perdent en moyenne 22% du N-NH<sub>4</sub> (de 15 à 32%)

Sous le haut patronage

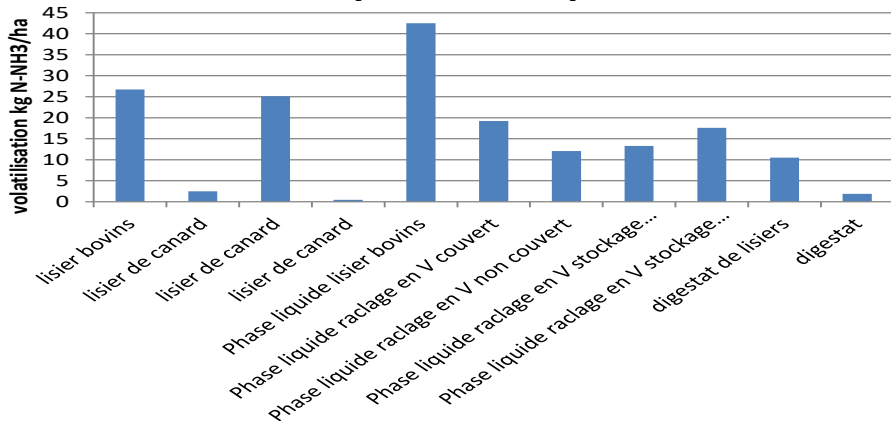


comifer  
Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Révisée

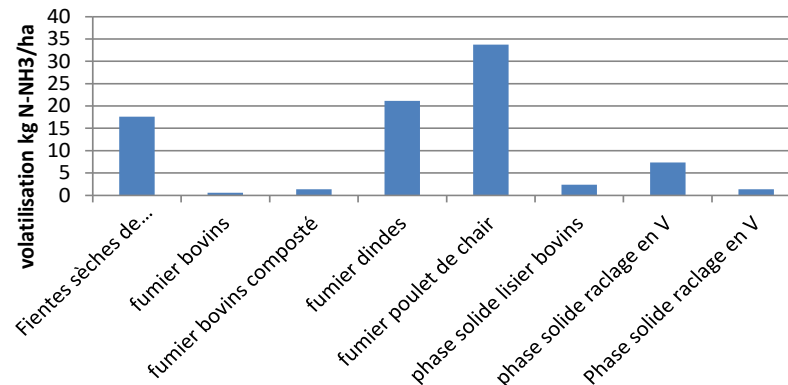
# Résultats expérimentaux EvaPRO (2016-2017)

## Autres nouvelles références

### Autres produits liquides



### Produits solides



➔ Des pertes par volatilisation variables, liées à la composition du PRO en N-NH<sub>4</sub> (et N-Urée?) et aux conditions pédoclimatiques (pH sol, pluies/T°C/vent après l'apport)

Sous le haut patronage



Comité Français d'Étude et de Développement  
de la Fertilisation Raisonnée

Sous le haut patronage



# MERCI DE VOTRE ATTENTION

# DES QUESTIONS ?