



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 engrais minéraux azotés pour la fertilisation des cultures et des prairies : les formes d'azote, les pratiques de réduction de la volatilisation – Résultats du projet EvaMIN

*Baptiste Soenen*



Sous le haut patronage



# Présentation du projet EvaMIN

Evaluation des pertes d'azote par Volatilisation Ammoniacale suite à l'épandage d'engrais  
**MIN**éraux

➔ projet financé par l'ADEME dans le cadre du programme PROMEQUAL (2016-2019)



Financier



**Objectif 1** : Acquisition de références inédites en France, et parfois au niveau international

**Objectif 2** : Evaluation et amélioration du paramétrage d'outils de simulation de la volatilisation ammoniacale (AzoFert, Syst'N, grille COMIFER/RMT F&E) ➔ cf. Rencontres COMIFER-GEMAS 2019

**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



# Acquisition de références inédites sur la volatilisation ammoniacale des engrais minéraux

**Objectifs** : acquérir des données de volatilisation ammoniacale (Volat'NH<sub>3</sub>) suite à l'épandage d'engrais minéraux selon 4 thématiques techniques :

- 1) sensibilité des trois grandes formes d'engrais (ammonitrate/urée/solution azotée) sur colza, maïs et betterave sucrière,
- 2) lien entre sensibilité à la volatilisation et efficacité agronomique sur céréales à paille,
- 3) efficacité de l'enfouissement sur colza, maïs et betterave sucrière,
- 4) évaluation des nouvelles technologies des engrais sur céréales à paille, notamment les inhibiteurs de l'hydrolyse de l'urée.

➔ 16 essais au champ (51 modalités d'épandage), répartis sur 3 années (2016 à 2017)

# Réseau expérimental EvaMIN (2016-2018)

Organisme	Thématique	2016	2017	2018
ARVALIS	Formes N sur blé	X	X	
ARVALIS	Formes N sur blé	X	X	
ARVALIS	Enfouissement sur maïs		X	X
UNIFA	Formes N sur blé		X	
UNIFA	Formes N sur colza			X
UNIFA	Enfouissement et formes N sur maïs	X	X	
Terres-Inovia	Forme N sur colza		X	
Terres-Inovia	Enfouissement sur colza		X	X
ITB	Enfouissement et formes N sur betterave			X

## Formes N

Ammonitrate

Urée

Solution N

Urée + NBPT

Solution + NBPT

## Enfouissement

Binage après l'apport

Enfouissement au moment de l'apport

Incorporé par le semis

Sous le haut patronage

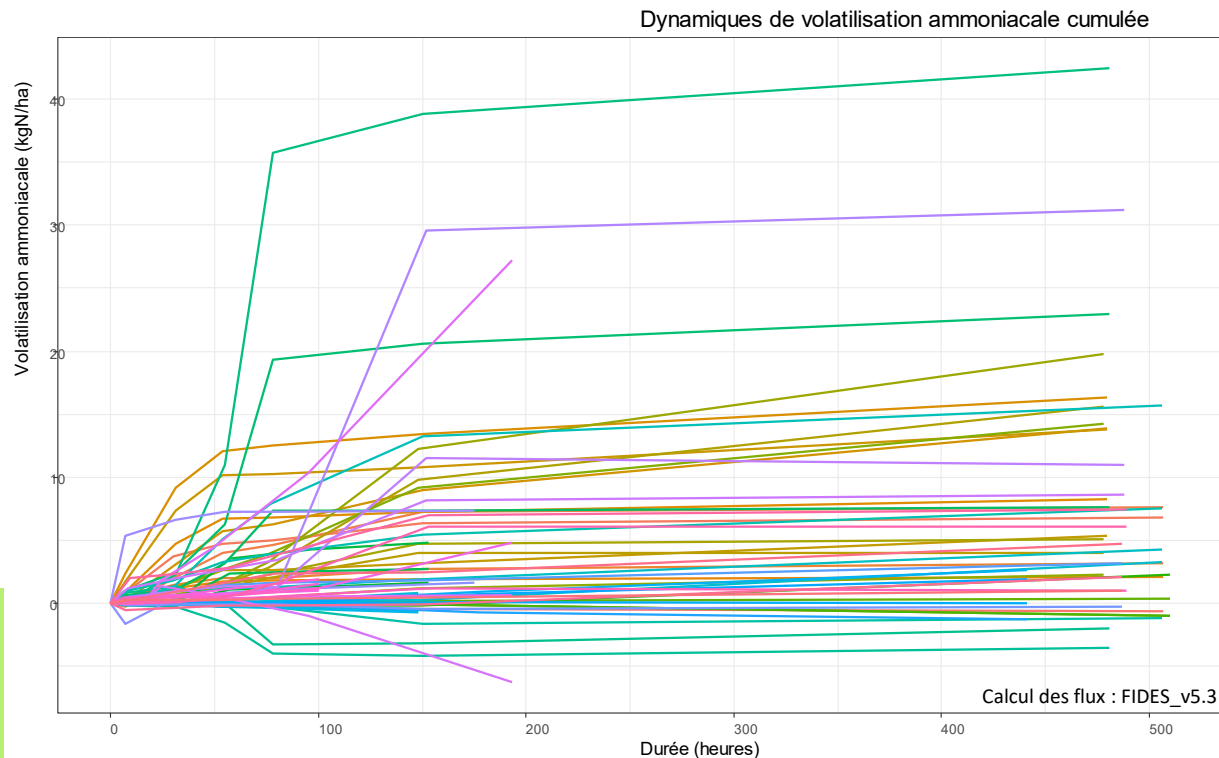


# Résultats expérimentaux EvaMIN (2016-2018)

## Ensemble des cinétiques de volatilisation d'azote ammoniacale cumulée

Pertes d'azote par volatilisation ammoniacale très variables (allant de 0 à 42 kgN/ha)

Des dynamiques plus progressives que pour les PRO



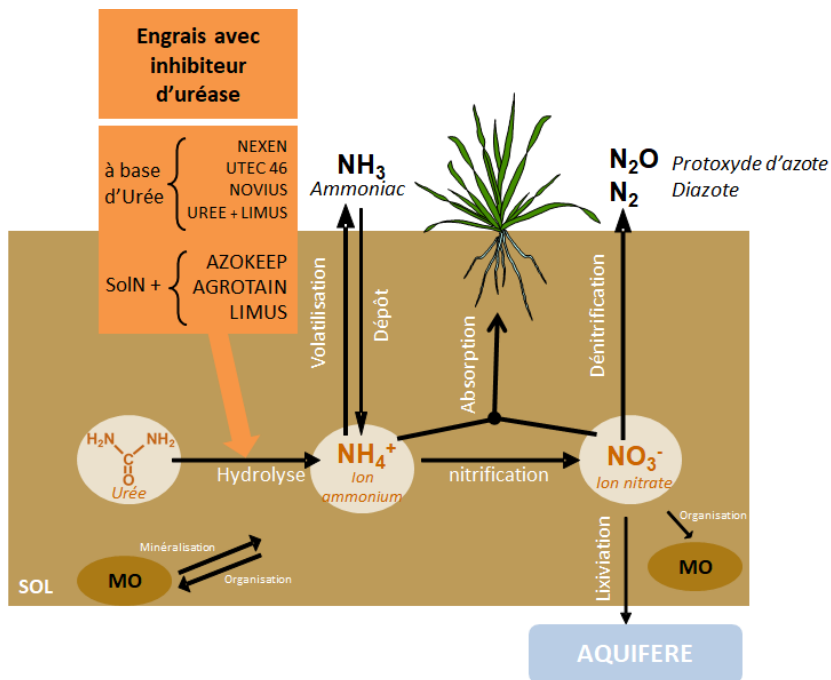
Sous le haut patronage



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

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

# Les formes d'engrais évaluées dans EvaMIN



NOM	U/NH <sub>4</sub> /NO <sub>3</sub> (% N-Total)	N-Total (% masse)	N-UREE (% masse)	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (% masse)	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (% masse)	Inhibiteur
AMMONITRATE 33.5	0/50/50	33.5	0	16.75	16.75	
SOLUTION N 390*	50/25/25	30	15	7.5	7.5	
UREE SOLIDE	100/0/0	46	46			
SOLUTION N 390 + NBPT	50/25/25	30	15	7.5	7.5	NBPT
UREE + NBPT	100/0/0					NBPT

\*N-Total en % volumique = 39 % (densité = 1.3)

\*\* aussi appelé DAP ou 18-46

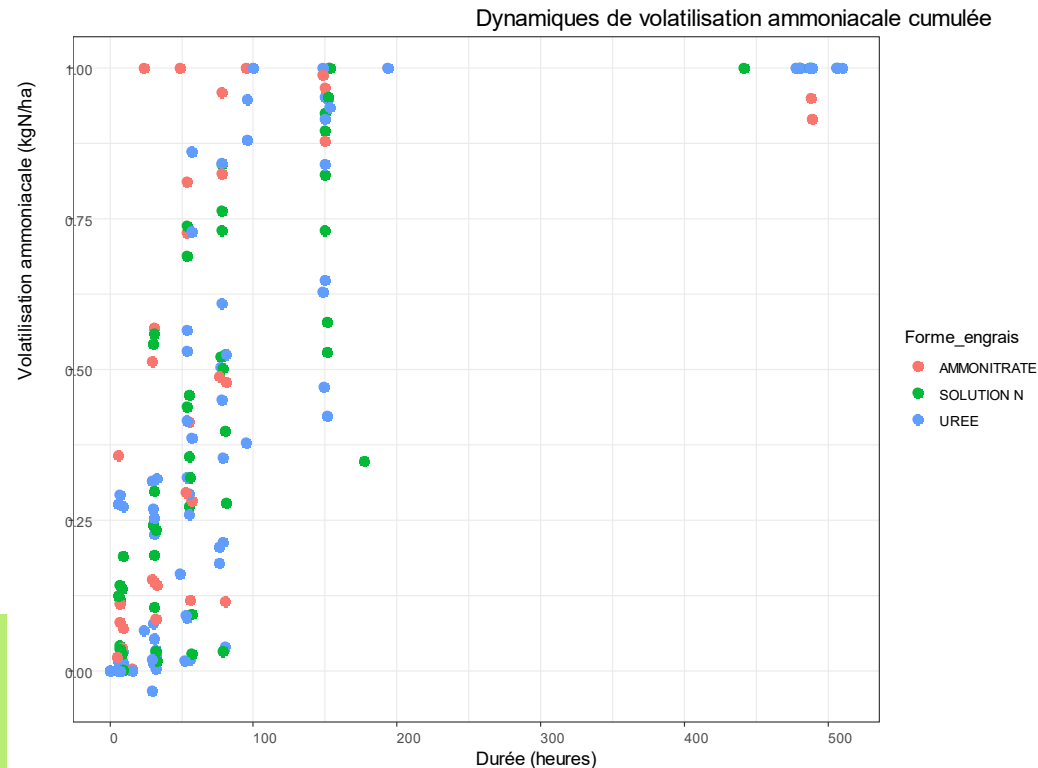
Sous le haut patronage

# Résultats expérimentaux EvaMIN (2016-2018)

## Sensibilité des formes d'azote à la volatilisation ammoniacale

Tous points confondus  
Apports en surface

Des dynamiques de volatilisation différentes selon la forme : plus progressive lorsque le produit contient de l'urée (cf. hydrolyse de l'urée)



Sous le haut patronage



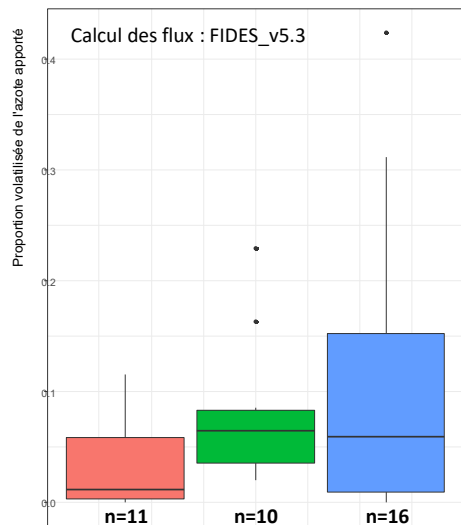
comifer  
Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Révisée

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



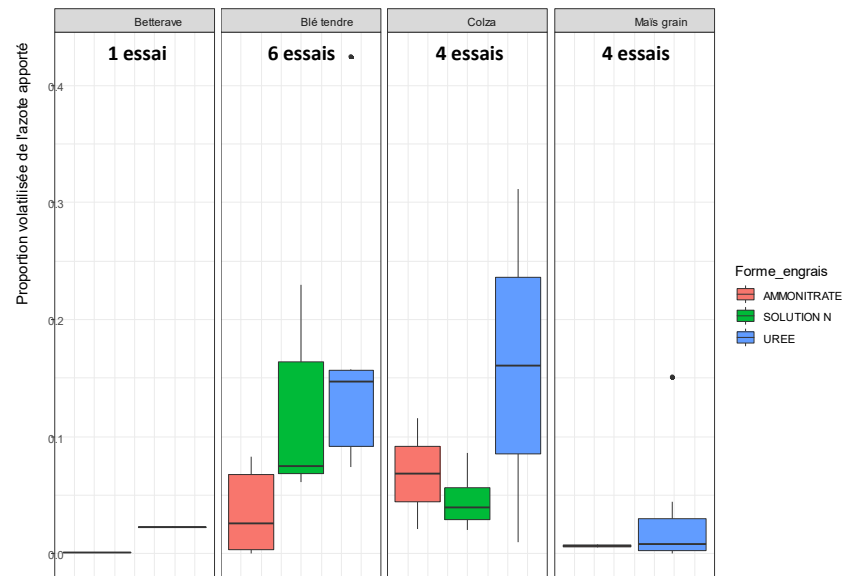
# Résultats expérimentaux EvaMIN (2016-2018)

## Sensibilité des formes d'azote à la volatilisation ammoniacale



Tous points confondus  
Apports en surface

Y a-t-il des différences  
statistiques à contextes  
pédoclimatiques identiques ?



Sous le haut  
patronage

# Résultats expérimentaux EvaMIN (2016-2018)

## Sensibilité des formes d'azote à la volatilisation ammoniacale

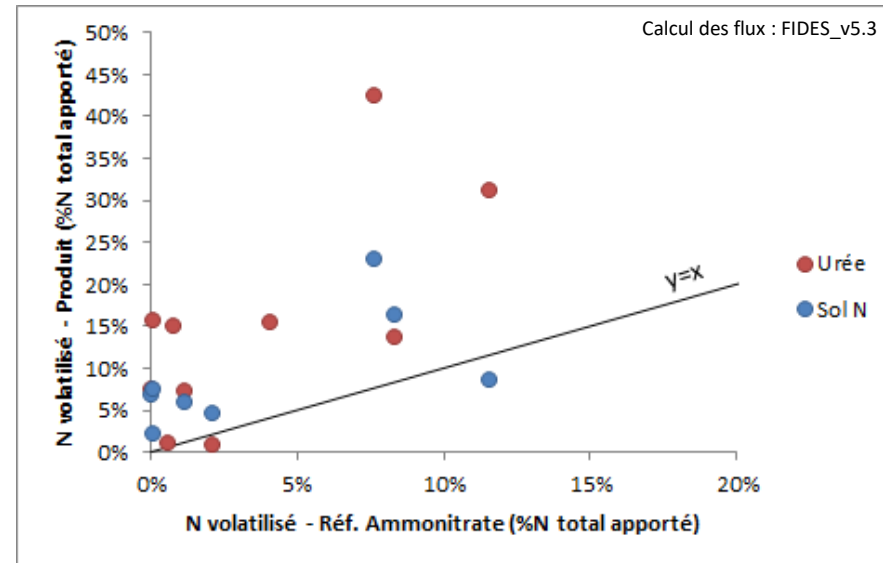
AMMO < Solution N < Urée

Résultats cohérents avec la bibliographie internationale

6 essais blé  
2 essais maïs  
2 essais colza  
1 essai betterave

Comparaison / Ammonitrate	Urée	Sol N
%N volatilisé	+11.5***	+5.6**
	6 essais	4 essais

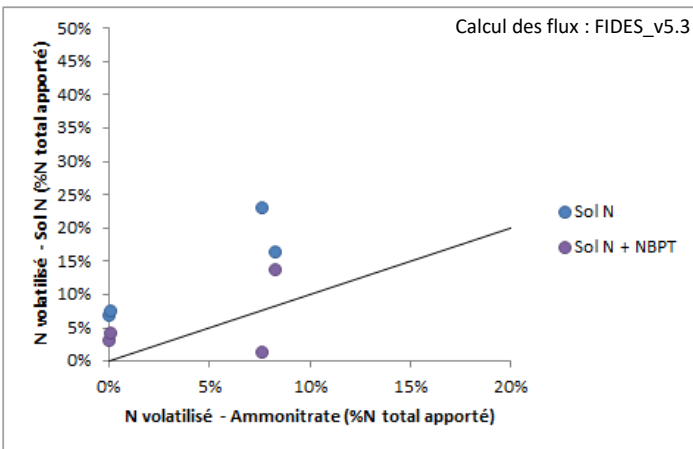
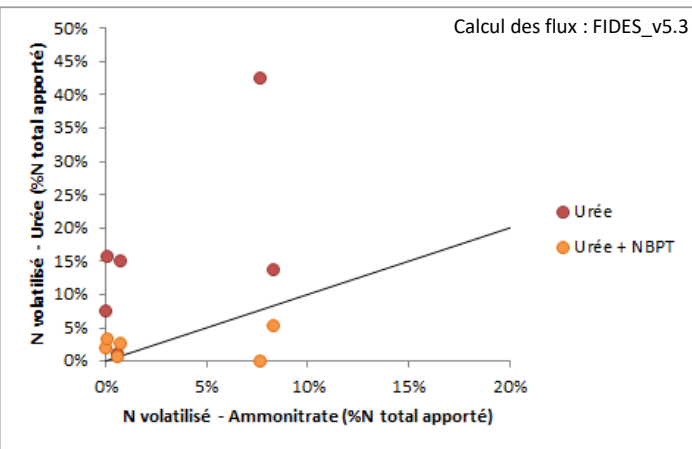
Test statistique en comparaison à la référence Ammonitrate (comparaison de moyennes appariées) :  
Différence significative au seuil de 5 % (\*\*) et 1% (\*\*\*)  
NS : différence non significative



Sous le haut patronage

# Résultats expérimentaux EvaMIN (2016-2018)

## Efficacité des inhibiteurs de l'uréase



➔ Les inhibiteurs de l'uréase efficaces pour réduire les pertes par volatilisation

Cohérent avec la bibliographie internationale

Comparaison / Ammonitrate	Urée	Urée +NBPT	Solution N	Solution N +NBPT
%N volatilisé	+13.1**	-0.5 <sup>NS</sup>	+9.4**	+1.6 <sup>NS</sup>
	6 essais		4 essais	

4 essais blé  
2 essais maïs

Test statistique en comparaison à la référence Ammonitrate (comparaison de moyennes appariées) :

\*\* : Différence significative au seuil de 5 %.

NS : différence non significative

Sous le haut patronage

# Résultats expérimentaux EvaMIN (2016-2018)

## Lien entre sensibilité à la volatilisation et efficacité agronomique

4 essais blé (2016-2018)  
2 essais maïs (2016-2017)



Comparaison / Ammonitrate	Urée	Urée +NBPT	Solution N	Solution N +NBPT
%N volatilisé	+13.1**	-0.5 <sup>NS</sup>	+9.4**	+1.6 <sup>NS</sup>
	6 essais		4 essais	

Test statistique en comparaison à la référence Ammonitrate (comparaison de moyennes appariées) :

\*\* : Différence significative au seuil de 5 %.  
NS : différence non significative

39 essais blé (2013-2018)  
ACOLYANCE, ARVALIS,  
SOUFFLET et VIVESCIA



Comparaison / Ammonitrate	Urée	Urée +NBPT	Solution N	Solution N +NBPT
CAU (%)	-3.6**	+1.7 <sup>NS</sup>	-10.1***	-5.4***
	39 essais		25 essais	

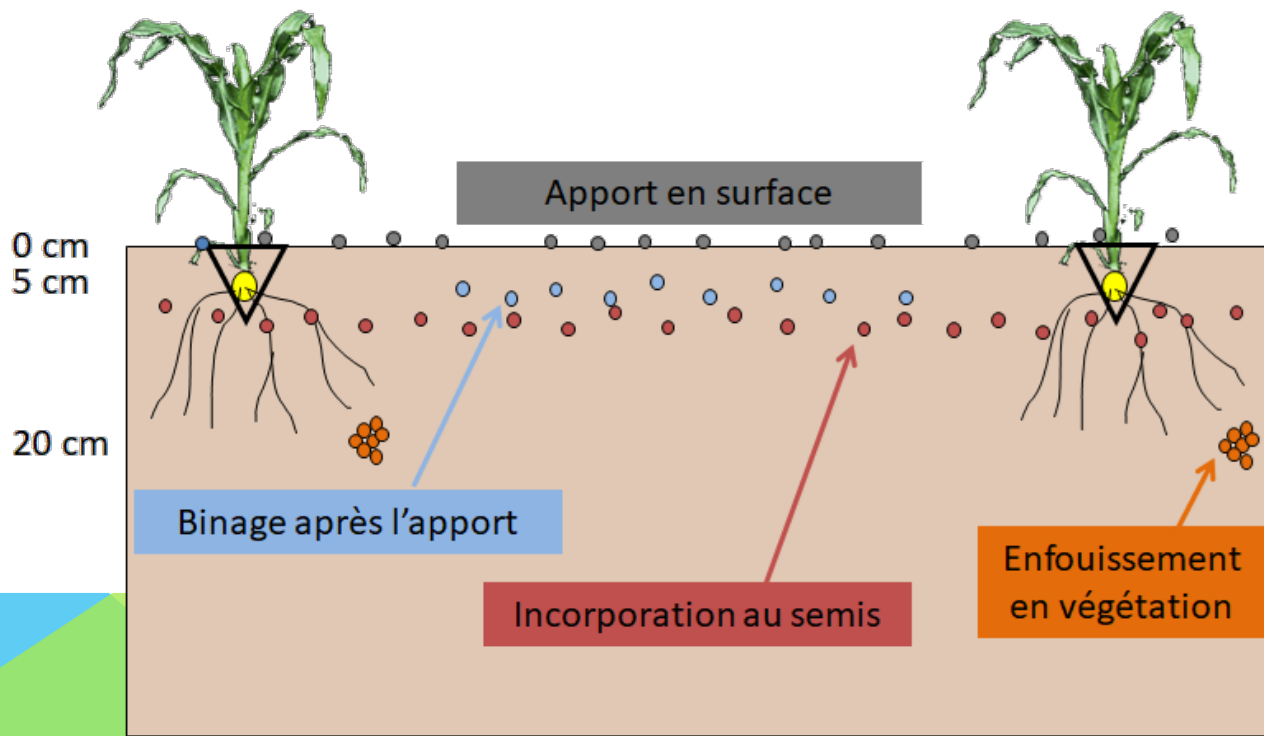
Test statistique en comparaison à la référence Ammonitrate (comparaison de moyennes appariées) :

Différence significative au seuil de 5 % (\*\*), 1% (\*\*\*)  
NS : différence non significative

**La Solution N est moins sensible à la volatilisation ammoniacale que l'urée, mais son efficacité agronomique est moindre → effet forme physique ?**

Sous le haut patronage

# Les modalités d'enfouissement évaluées dans EvaMIN

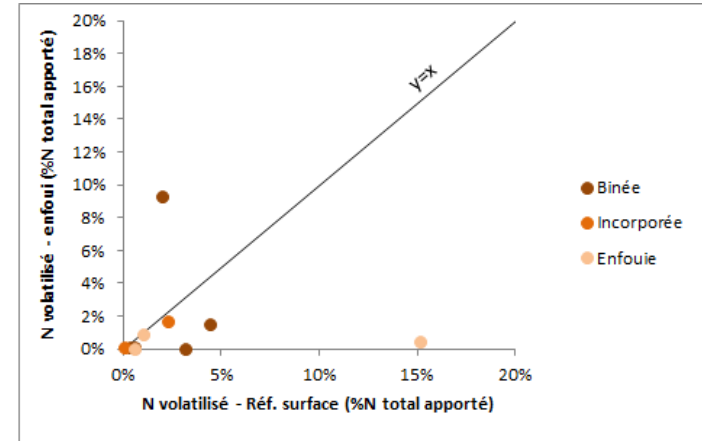
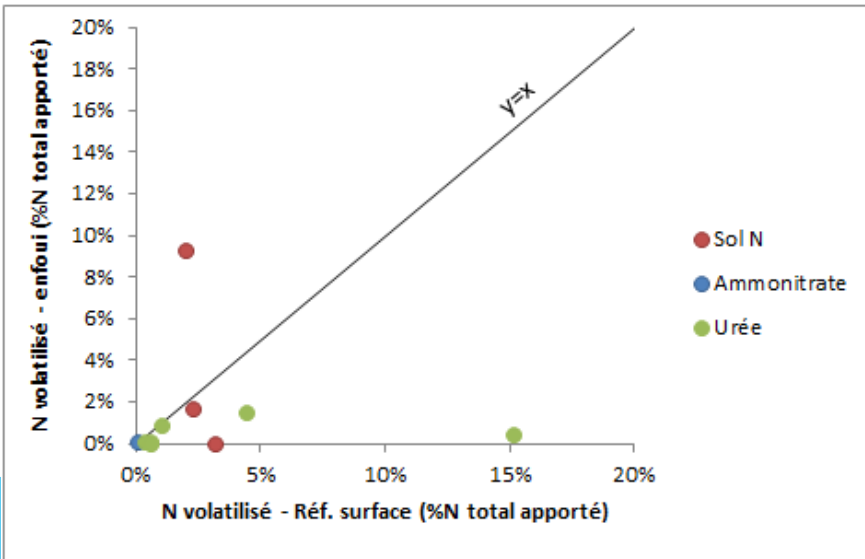


Sous le haut patronage

# Résultats expérimentaux EvaMIN (2016-2018)

## Efficacité de l'enfouissement

1 essai betterave  
2 essais colza  
5 essais maïs



Pas d'effet significatif dans le réseau d'essais EvaMIN, mais seul 1 essai a présenté des conditions volatilisantes

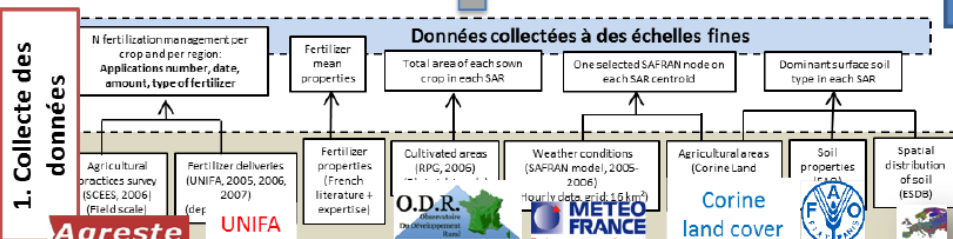
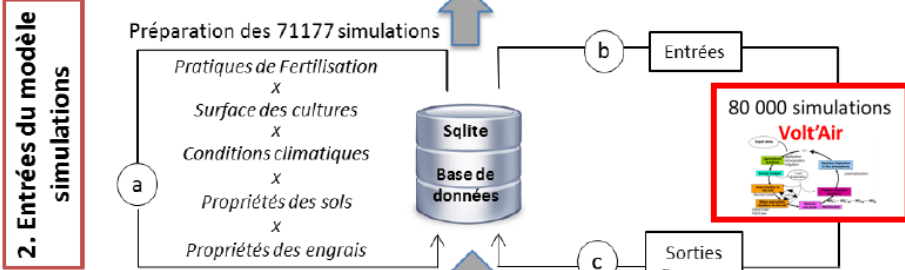
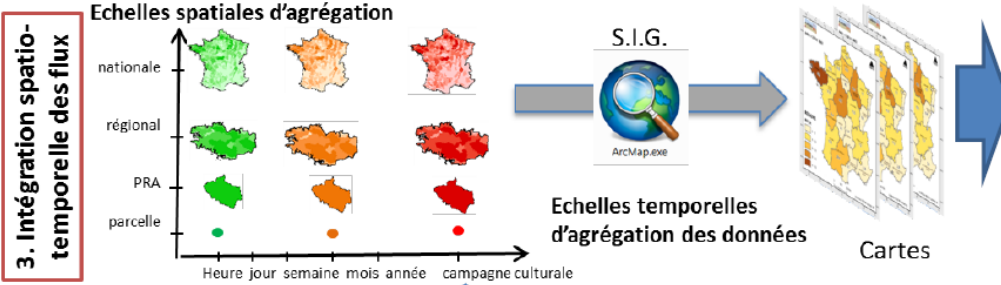
Sous le haut patronage

# Quid de l'extrapolation des résultats expérimentaux EvaMIN/EvaPRO

**CadastreNH<sub>3</sub>** : utilisation de Volt'Air pour simuler les émissions à l'échelle territoriale (en fonction des pratiques), puis création de métamodèles (facteurs d'émission)



## Étape 2 : définition des scénarios de simulation



**Qualité de l'air, Politiques publiques :**  
variabilités spatiales et temporelles  
→ CTM (PM10, PM2.5)  
- anticipation des pics de pollution aux particules  
- impact des mesures et techniques de réduction

**Inventaires nationaux :**  
FE NH3 adaptés au contexte français

**Optimisation de la fertilisation azotée :**  
outils d'aide à la décision transfert de pollution (N<sub>2</sub>O...) (CERES-EGC, STICS, Syst'N, Azofert...)

**Opérationnalité**  
Fonctions simplifiées de volatilisation par méta-modélisation thèse INRA ADEME 2014-2017  
Julie Ramanantenasoa (David Makowski, Jean-Marc Gilliot, Carole Bedos, Sophie Générmont)

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 ?