

RMT Fertilisation & Environnement 2014 – 2019

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

Juillet 2016 – Août 2019



Organismes
associés

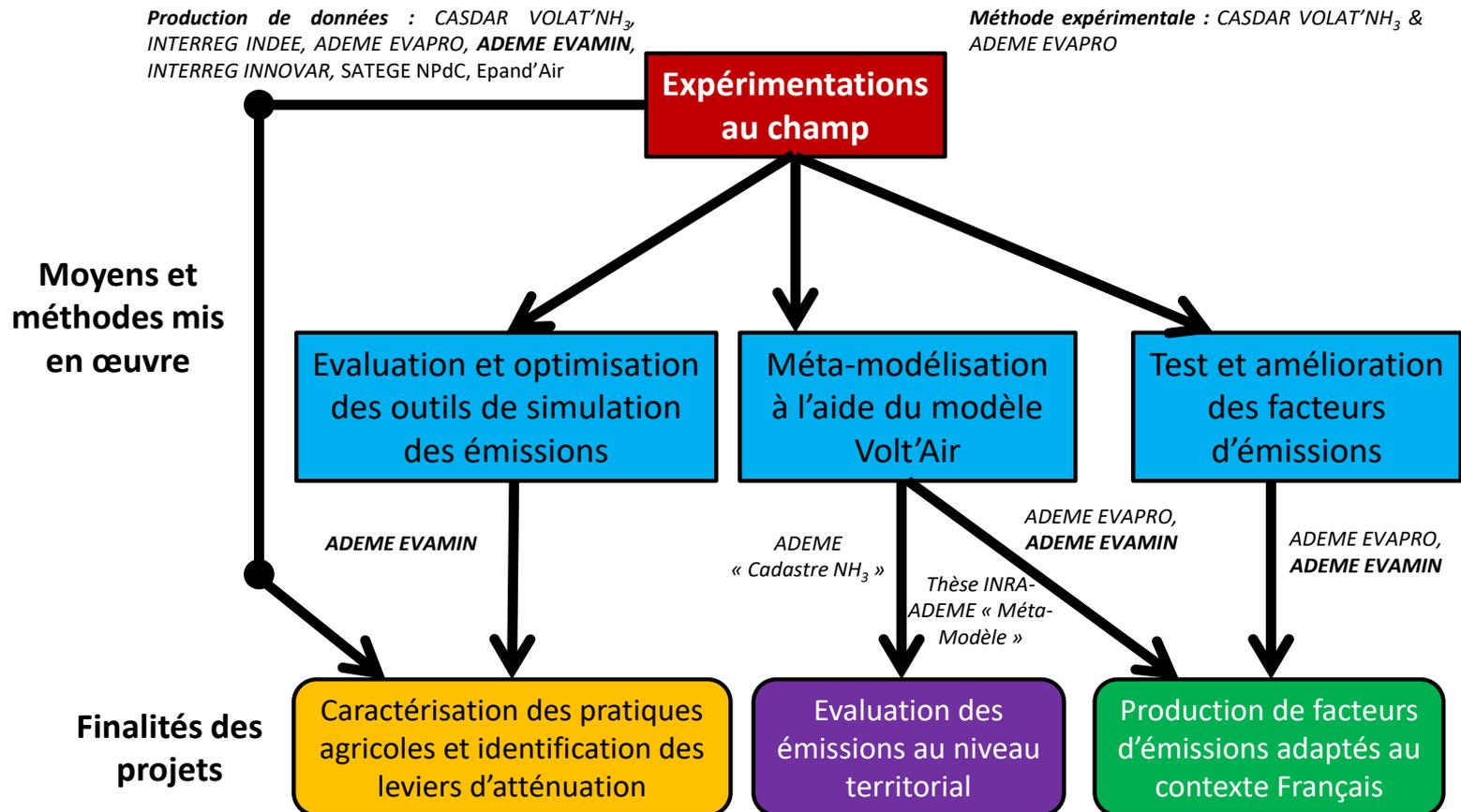


Financier

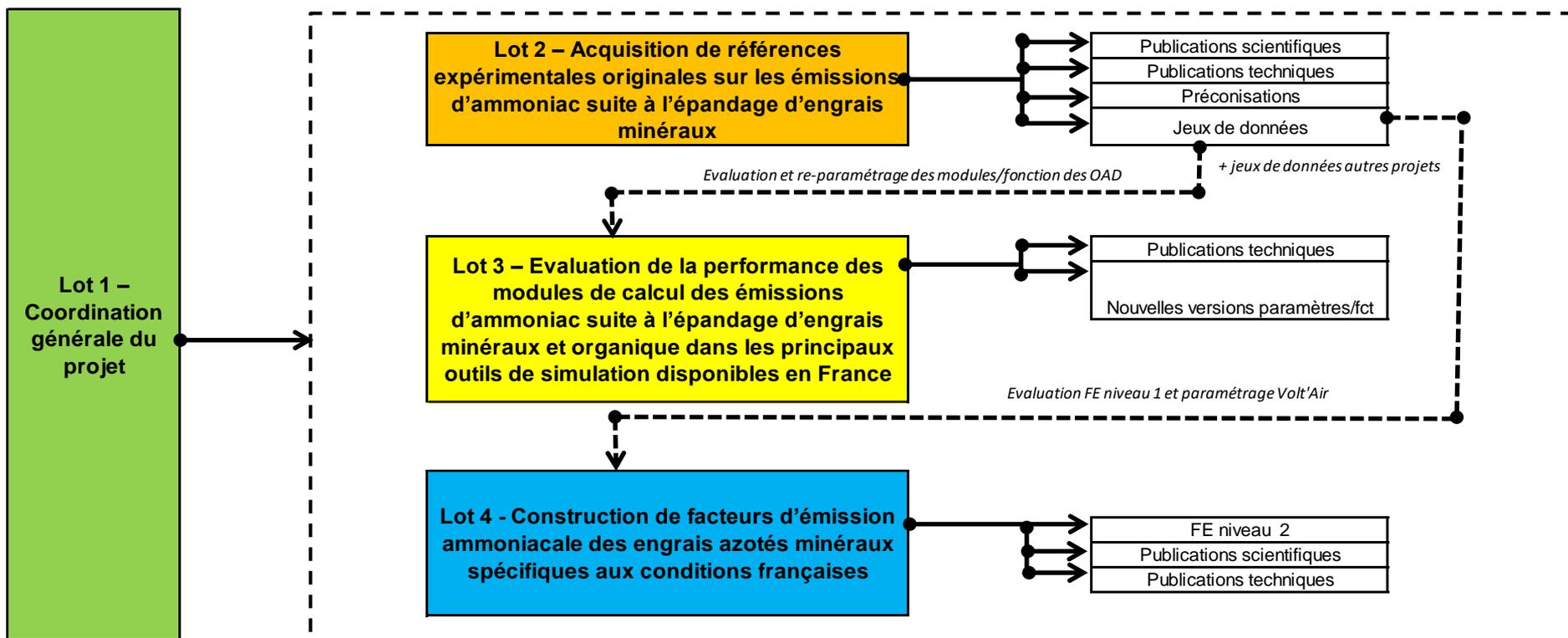


Rappel : positionnement du projet

Schéma d'articulation global des actions de R&D françaises sur les émissions d'ammoniac suite à l'épandage de produits azotés minéraux et organiques, avec la ventilation des différents projets passés, en cours ou à venir



Un projet structuré en 4 lots



FE = Facteur d'Emission

Animation :

Lot 1 & Lot 2 : ARVALIS ; Lot 3 : LDAR ; Lot 4 : INRA UMR ECOSYS

Calendrier prévisionnel et livrables

Mois à partir de mars 2016	Mars 2016									Janv 2017												Janv 2018												Janv 2019		
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	M31	M32	M33	M34	M35	M36
Lot 1	L1.1									L1.2												L1.3											L1.4	L1.5		
Lot 2	L2.1			L2.2				L2.3								L2.4				L2.5									L2.6		L2.7			L2.8		
Lot 3				L3.1					L3.2						L3.3					L3.4							L3.5							L3.6		
Lot 4									L4.1																									L4.3	L4.4	

Lot 1 : lancement de projet (L1.1), COPIL (L1.2, L1.3, L1.4), réunion de clôture (L1.5)

Lot 2 : lancement lot (L2.1), essais 2016 et synthèse (L2.2, L2.3), essais 2017 et synthèse (L2.4, L2.5), essais 2018 et synthèse (L2.6, L2.7), bilan lot (L2.8)

Lot 3 : lancement lot (L3.1), lancement simulations 1 (L3.2), bilan intermédiaire s1 (L3.3), bilan s1 et lancement s2 (L3.4), bilan intermédiaire s2 (L3.5), bilan s2 et lot (L3.6)

Lot 4 : lancement lot (L4.1), évaluation Volt'Air sur engrais min. (L4.2), Génération jeu de données (L4.3), méta-modélisation et bilan lot (L4.4)

Lot 2

Acquisition de références originales sur les émissions d'ammoniac suite à l'épandage d'engrais minéraux

Animateur : Arvalis-Institut du Végétal

Réseau expérimental EVAMIN

Organisme	Thématique	Dpt	Nb modalités dépôt			Nb modalités mi-parcours		
			2016	2017	2018	2016	2017	2018
ARVALIS	FormesN sur blé	51	5	5		5	5	
ARVALIS	FormesN sur blé	27	5	5		5	5	
ARVALIS	Enfouissement sur maïs	67		3	3		3	3
UNIFA	FormesN sur orge d'hiver	86		2			3 (blé)	
UNIFA	FormeN sur colza	86			2			3
UNIFA	Enfouissement sur maïs	64	3	3		4	4	
Terres-Inovia	FormeN sur colza	51		3	3		3	0
Terres-Inovia	Enfouissement sur colza	54		2	2		2	2
ITB	FormeN ou Stratégie N sur BS	80	3	3		0	0	4
			TOTAL =52			TOTAL =51		

- Bonne qualité expérimentale des données en 2016 et 2017
- Bonne réactivité des partenaires impliqués dans ce lot
- Essais traités avec la méthode des Gradient. Traitement des essais avec FIDES en cours

4 thématiques techniques :

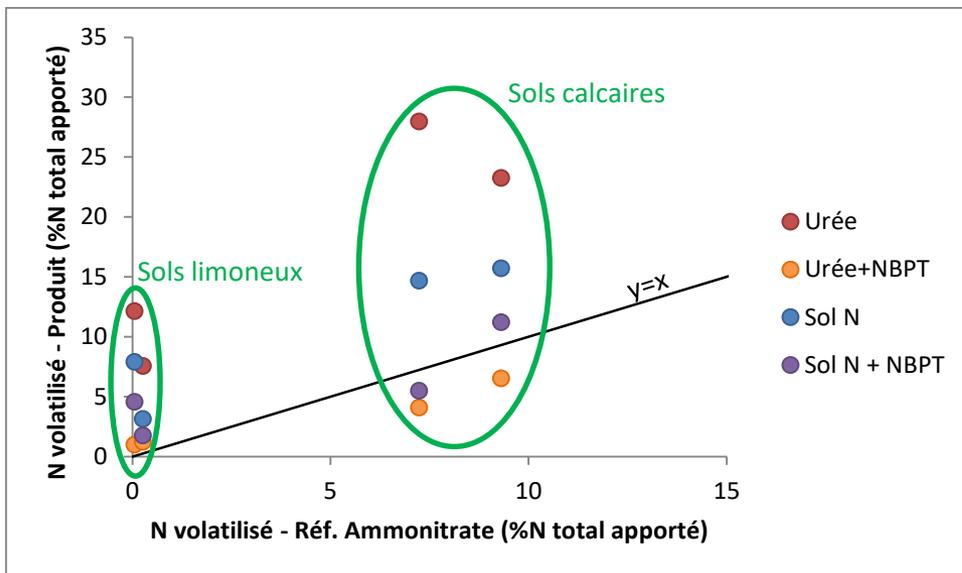
- 1) sensibilité des trois grandes formes d'engrais (ammonitrate/urée/solution azotée) sur colza, maïs et betterave sucrière,
- 2) lien entre sensibilité à la volatilisation et efficacité agronomique sur céréales à paille,
- 3) efficacité de l'enfouissement sur colza, maïs et betterave sucrière,
- 4)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

Première synthèse (MFE 2017)

- **Stagiaire** : Sophie Dubois (AgroParisTech)
 - **Titre** : Evaluation des pertes d'azote par volatilisation ammoniacale suite à l'épandage d'engrais minéraux
- > Saisie de tous les essais « engrais minéraux » sous un format Excel standardisé et déposé sur l'espace de partage
- > Mise en BDD des flux et covariables environnementales
- > Première analyse, à mettre à jour avec les nouvelles références

Exemples de résultats

- effet des inhibiteurs de l'uréase sur blé -



	Urée	Urée + NBPT	Solution azotée	Solution azotée + NBPT
% d'azote volatilisé	+13,5**	-1,0 ^{NS}	+6,1**	+1,5 ^{NS}

Pourcentage d'azote volatilisé en comparaison à l'ammonitrate de l'urée et d'une solution azotée avec ou sans ajout de NBPT.

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

→ Publication technique :

Soenen B. (2018). Fertilisation azotée sur blé : les inhibiteurs de l'uréase réduisent la volatilisation ammoniacale. Perspectives Agricoles, Février 2018 (n°452), pp 52-54.

Lot 3

Evaluation de la performance des modules de calcul des émissions d'ammoniac suite à l'épandage d'engrais minéraux et organiques dans les principaux outils de simulation disponibles en France

Animateur : LDAR

Etat d'avancement

Collecte des données

1^{ère} étape : Identifier et collecter l'ensemble des jeux de données utiles à l'évaluation



2^e étape : Analyser les jeux de données : disponibilité des données nécessaires pour chaque outil, cohérence des résultats expérimentaux, nombre et type de données mesurées



3^e étape : Sélectionner si besoin les jeux de données les plus pertinents

AzoFert®

Syst'N

Grille Comifer

4^e étape : Mettre en forme les données pour faire fonctionner chaque outil et effectuer les comparaisons mesures/sorties de simulation

5^e étape : Effectuer les simulations et analyser les résultats

6^e étape : Comparer les résultats de simulation aux mesures de volatilisation à l'aide d'indicateurs statistiques

7^e étape : Analyser les causes possibles des écarts entre simulations et mesures

8^e étape : Améliorer les modules si nécessaire et si possible

9^e étape : Synthèse globale des résultats obtenus

Analyse par outil

Rétroplanning

		2016		2017				2018				2019	
		T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2
Collecte des jeux de données													
Simulation et analyse par outil	AzoFert®												
	Syst’N												
	Grille comifer												
Synthèse globale													

Répartition des tâches :

stagiaire INRA SAS
 Apprentie LDAR

- En lien avec tous les partenaires pour collecter les données manquantes
- Simulations à réaliser sur les 3 outils (grille, AzoFert®, Syst’N)

Lot 4

**Construction de facteurs d'émission
ammoniacale des engrais azotés minéraux
spécifiques aux conditions françaises**

Animateur : INRA – UMR ECOSYS

Les différentes étapes

- ❖ Objectif – Démarche
- ❖ Étape 1 : Evaluation du modèle Volt'Air
pour les engrais minéraux et organiques
- ❖ Étape 2 : Génération des jeux de données virtuels
- ❖ Étape 3 : Méta-modélisation
- ❖ Étape 4 : Evaluation des méta-modèles

Objectif - Démarche

Démarche :

mobilisation non pas de jeux de données expérimentaux

(rares et non représentatifs mais « justes »)

mais de jeux de données « virtuels »

- obtenus avec un modèle de volatilisation basé sur la description des processus (robuste) et validé (le plus juste possible)

=> Volt'Air

- sur des descriptions de situations représentatives de la réalité de la pratique agricole française (dont la variabilité)

=> CADASTRE_NH3

Données sol, Données météo, Données pratiques culturales,

Couverture réaliste de la variabilité des conditions agricoles françaises

1 - Evaluation et éventuel calage de Volt'Air

En cours (lien fort avec le lot 3)

Evolutions potentielles de Volt'Air

Pistes :

➤ adsorption de l'azote ammoniacal sur la fraction argilo-humique du sol et sur la matière organique des PRO

➤ pH sol / engrais / PRO

+ inhibiteurs ?

+ fientes / fumiers volaille : acide uréique

+ couvert végétal : fonctions de Thorman et al. (2008)

Calage (à défaut)

2 possibilités :

➤ sur les expérimentations de terrain

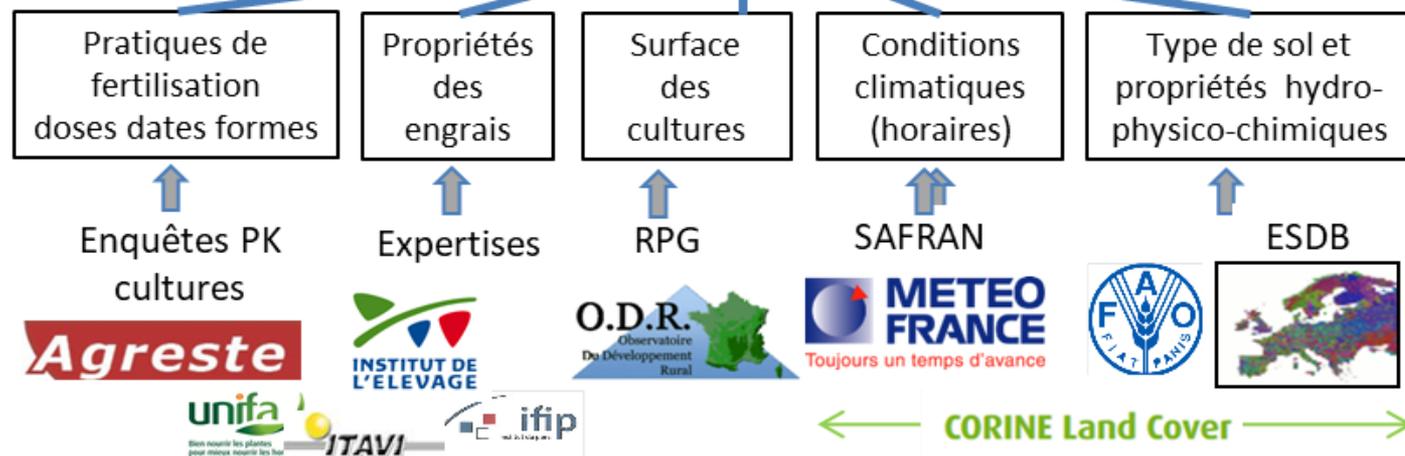
➤ sur des expérimentations réalisées (EVAPRO) ou à programmer (EVAMIN) sur le dispositif de laboratoire de caractérisation du potentiel de volatilisation en conditions "standardisées"

2 - Génération des jeux de données virtuels



**2. Multi-simulations de Volt'Air
Sur l'année culturale 2005-06 :
71177 simulations**

X 3 années météo
→ 201 593 situations
→ 20 régions



1. Collecte des données à des échelles fines



Ramanantenasoa et al.,
STOTEN, 2018
Génermont et al.,
DIB, 2018

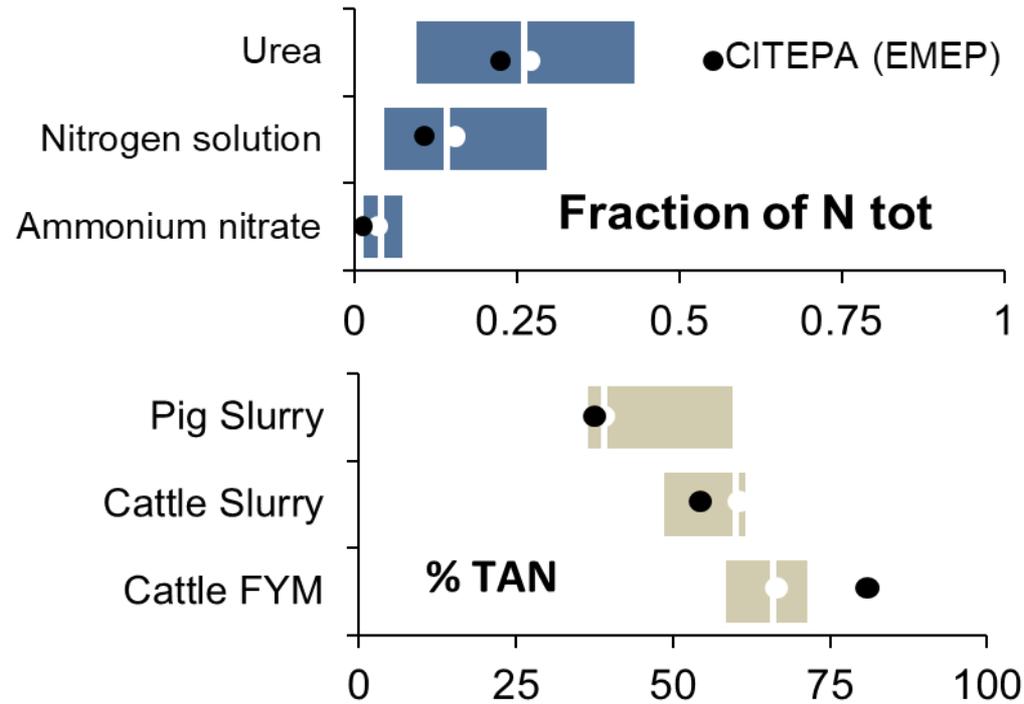
2 - Génération des jeux de données virtuels

8 engrais :

Minéraux :

Organiques :

+ fumier ovin,
+ vinasses



Actualisation

- Adaptation de l'outil et simulations sur l'année culturale 2010-11
- Autres engrais : composts de fumier bovin, fientes de volaille...

Ramanantenasoa et al.,
STOTEN, 2018
Génermont et al.,
DIB, 2018

3- Méta-modélisation

Variable d'intérêt

taux de volatilisation ($\text{kg N ha}^{-1}/\text{kg N ha}^{-1}$) =

Cumul des émissions sur 30 jrs après l'apport d'engrais divisé par la dose N apportée

Variabes explicatives :

Latitude, Longitude

Données sol: pH, Clay, Silt, OC, da, humidité à l'apport

Variabes pratiques culturales : Date, Dose application

Variabes climatiques : Tair (moy, Max, min) Pluie (intensité), vent, humidité, Rg
sur des pas de temps allant de 24h à 30j

→ 23 jeux de variables
explicatives

Modèles statistiques testés (par type d'engrais)

- Régressions linéaires simples,
- Régressions linéaires sans /avec interactions (à dire d'experts)
- Régression pénalisée LASSO
- Modèle additif généralisé GAM
- Random Forest

→ 8 engrais

→ 30 modèles

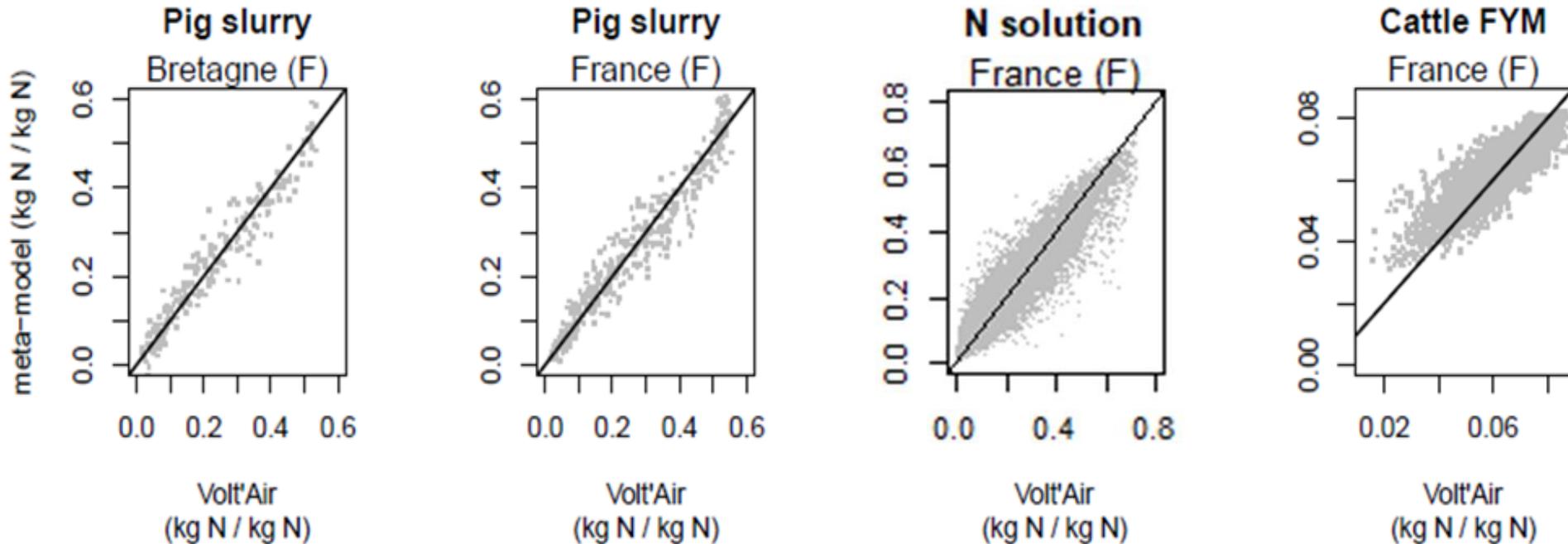
Critères d'évaluation des modèles

- RMSE , RRMSE ; MAE, RMAE ; Biais ; EF
- RMSEP_leave 1 out, parcel by parcel, year by year
- Nb_variables_retenues

→ 10 critères

4 - Evaluation des méta-modèles

Qualité de prédiction des méta-modèles / modèle Volt'Air



Qualité de prédiction des méta-modèles / observations

Par confrontation des méta-modèles avec les données à la parcelle : → cf. lot 3, et lot 4 étape 1

Ramanantenasoa et al.,
en révision pour JEMA

