

RMT Fertilisation & Environnement

**Quantifier les fuites d'azote vers l'environnement
pour mieux les réduire**

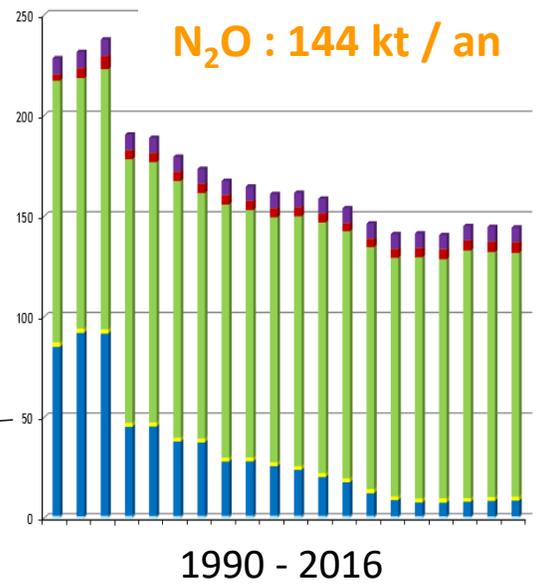
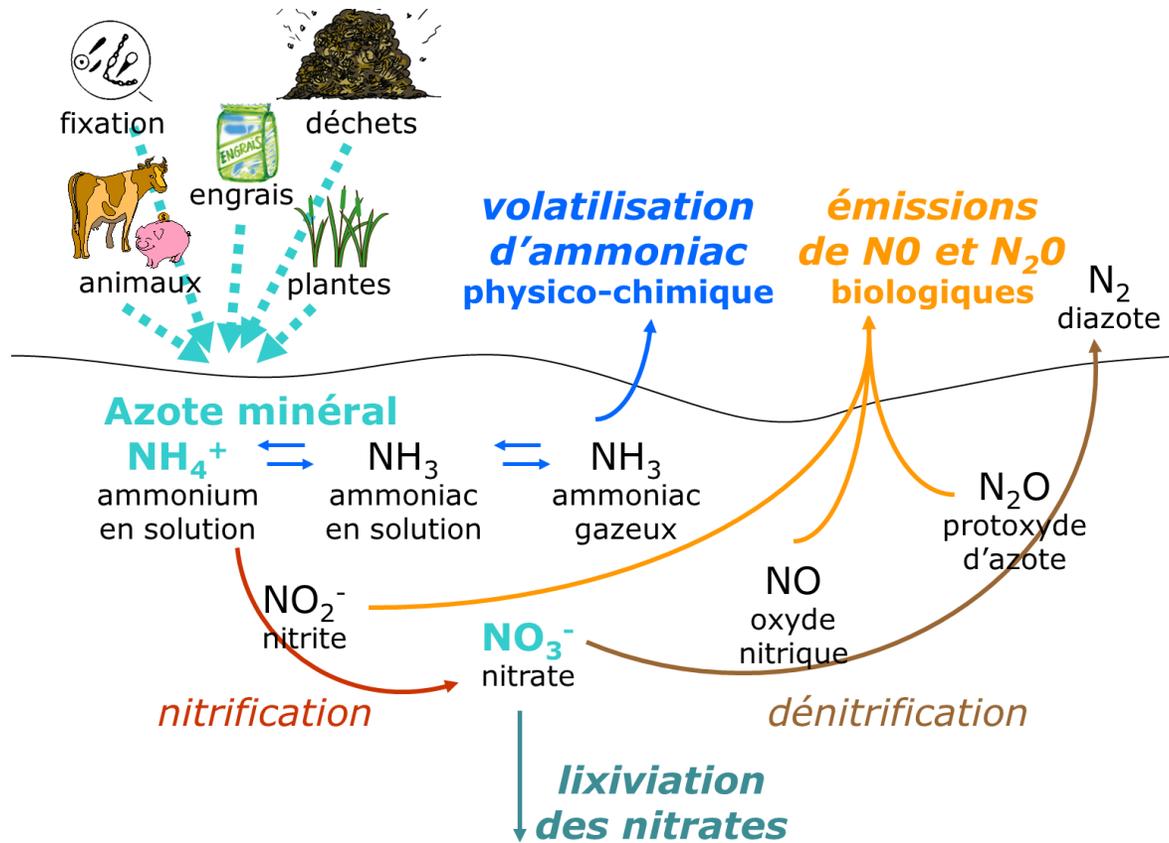
Le Gall C., Parnaudeau V., Soenen B., Générumont S.



Pourquoi s'intéresser aux pertes d'azote ?

- **Contexte scientifique et politique : un œil braqué sur les pertes d'azote**
 - Contexte scientifique : de plus en plus de questions posées sur le devenir de l'azote "hors du champ"
 - **Au départ, focus sur les pertes vers l'eau (nitrate) puis une ouverture sur le compartiment air (NH_3 , N_2O , NOx ...)**
 - Contexte politique : une prise en compte de plus en plus importante des impacts de l'agriculture sur l'environnement
 - **Directive Cadre sur la qualité de l'eau**
 - **Directive Cadre sur la qualité de l'air**
 - **Directive Energie Renouvelable**
- **L'azote n'est pas le seul composé problématique...**
 - **Phosphore** : eutrophisation des milieux aquatiques
 - Métaux lourds, COV, HAP etc.
- **...mais c'est un composé très réactif et très difficile à gérer**

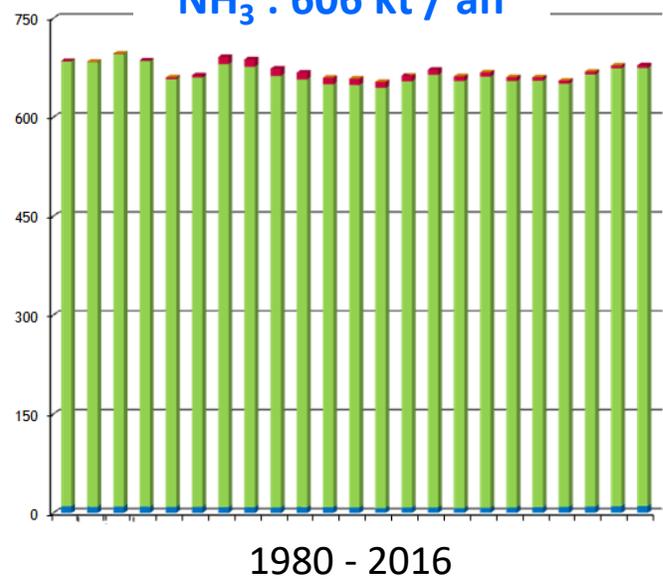
D'où viennent les fuites d'azote ?



Cultures (engrais) : 82%
Elevage : 4,5%

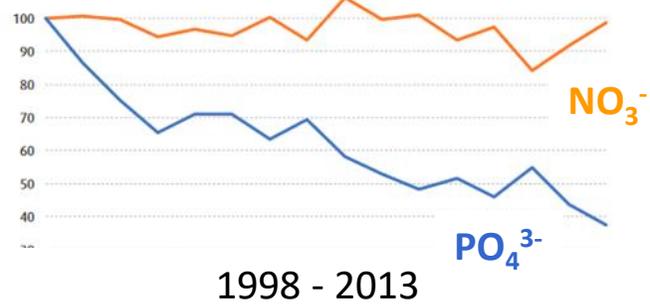
$NO_x = NO + NO_2$: 814 kt
(que combustion)
+ sources "biologiques" :
émissions par les sols +
effluents d'élevage = 11%

NH_3 : 606 kt / an



Elevage (déjections animales) : 64%
Cultures (engrais minéraux) : 34%

Indices de pollution des cours d'eau



Agence de l'eau, 2015



s, le 19 septembre 2019

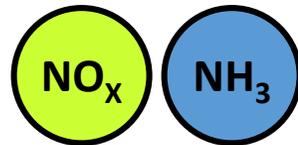
Quels en sont les impacts ?



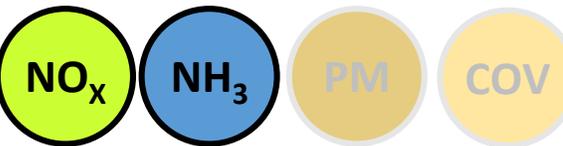
Réchauffement de l'atmosphère



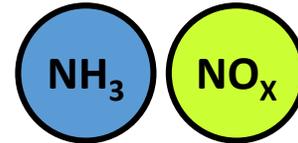
Acidification



Dégradation de la qualité de l'air



Baisse de la biodiversité



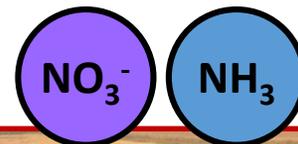
Trou dans la couche d'ozone



Dégradation de la qualité des eaux de surface et de mer



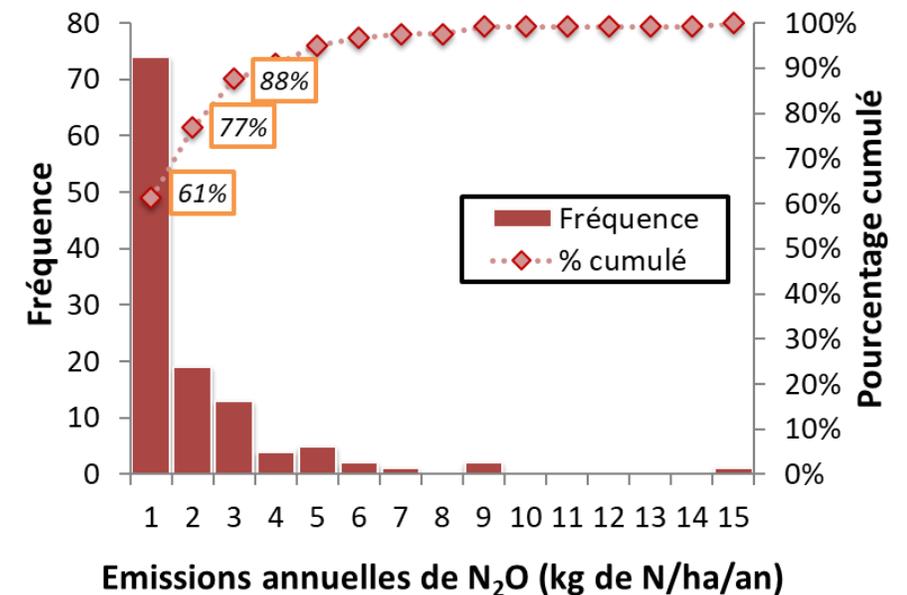
Pollution de l'eau potable



1 – Comprendre et quantifier les pertes

- Un fort enjeu sur la compréhension des mécanismes
 - Avec un focus sur les pertes gazeuses
- Appuyé par un gros effort d'acquisition de références
 - Au laboratoire : caractérisation des potentiels d'émission N_2O et NH_3 des PRO et des sols
 - Dans les conditions de la pratique agricole française
 - Variabilité des émissions au niveau français
 - Effet du pédoclimat
 - Effet des pratiques
 - ✓ Dont focus sur l'effet du type d'engrais

Ex. du travail d'acquisition de références réalisé : bilan des émissions N_2O observé à l'échelle France



(BDD NO GAS 2)

Acquisition de références au champ : focus sur NH_3

- Un travail de recherche engagé depuis plusieurs années pour comprendre les causes et modéliser les processus
 - Premières acquisitions de référence, mais avec des dispositifs relativement lourds
- Le déploiement de l'acquisition de références à une échelle territoriale nécessitait d'abord la mise au point d'une méthode d'acquisition de référence fiable mais plus « simple » à mettre en œuvre
 - Adaptation d'une méthode de suivi des concentration NH_3 atmosphérique pour la mesure dans des dispositifs d'expérimentation analytique (projet Volat' NH_3)
- Déploiement de la méthode au niveau national pour construction d'un jeu de références français dans le cadre de plusieurs projets :
 - *Volat' NH_3 (2009-12): centré sur l'adaptation de la méthode et son déploiement*
 - EvaPRO (2016-19) : centré sur les PRO et les leviers d'atténuation
 - EvaMIN (2017-20) : centré sur les engrais minéraux et les leviers d'atténuation

Acquisition de références au champ : focus sur NH_3

- Volat NH_3 , EVAPRO, EVAMIN : les références acquises

Un réseau expérimental conséquent :

- 50 essais (19+17+14) et 130 modalités testées (51+28+51)
- 6 cultures différentes (sol nu, blé, orge, colza, maïs, betterave, prairie)
- 3 leviers MIN (forme, inhibiteurs, enfouissement) et 4 leviers PRO (choix du produit, technique d'apport, enfouissement, traitement des PRO)

Quelques exemples marquants :

Acquisition de références au champ : focus sur NH₃

- **VolatNH3, EVAPRO, EVAMIN** : Exemples de résultats expérimentaux EvaMIN (2016-2018)

Lien entre sensibilité à la volatilisation et efficacité agronomique

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

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

Comparaison / Ammonitrate	Urée	Urée +NBPT	Solution N	Solution N +NBPT
%N volatilisé	+13.1**	-0.5 ^{NS}	+9.4**	+1.6 ^{NS}
	6 essais		4 essais	

Comparaison / Ammonitrate	Urée	Urée +NBPT	Solution N	Solution N +NBPT
CAU (%)	-3.6**	+1.7 ^{NS}	-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 %.
NS : différence non significative

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

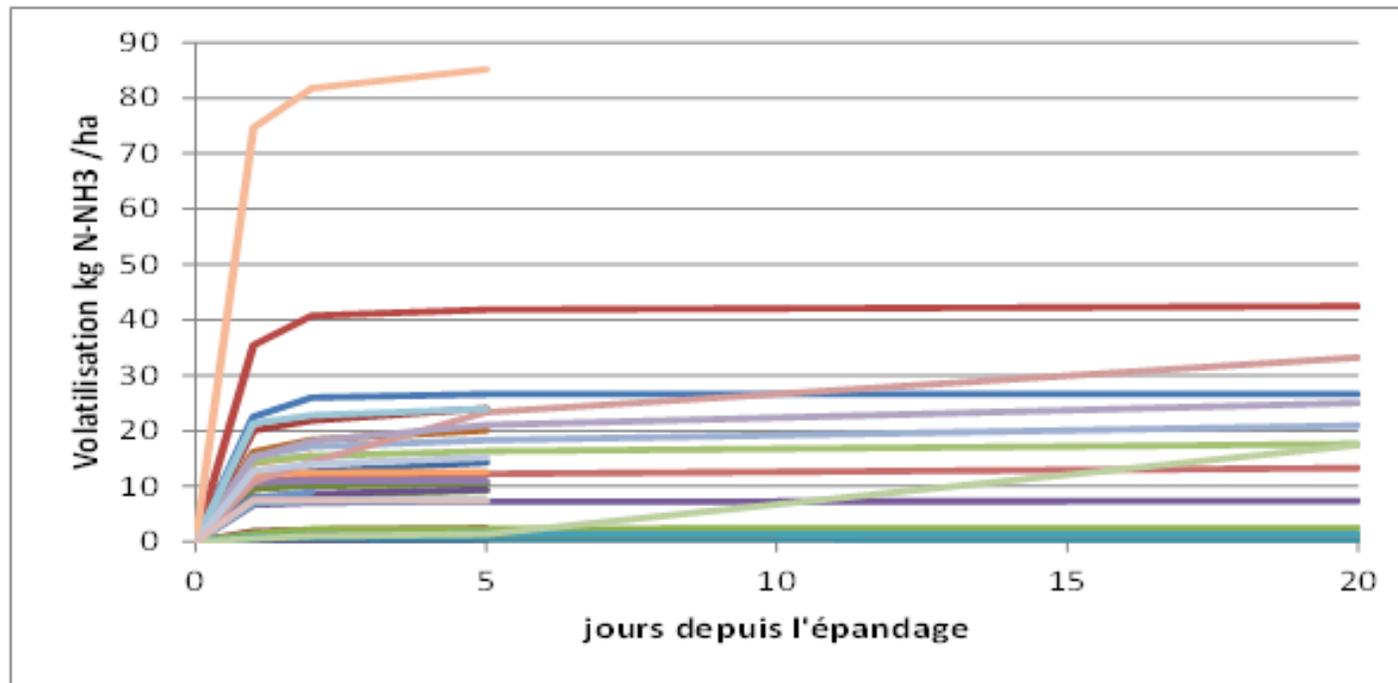
Différence significative au seuil de 5 % (**) et 1% (***)
NS : différence non significative

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

Acquisition de références au champ : focus sur NH_3

- VolatNH3, EVAPRO, EVAMIN : Exemples de résultats expérimentaux EvaPRO (2016-2017)

Ensemble des cinétiques de volatilisation d'azote ammoniacale cumulée



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 ?

1 – Comprendre et quantifier les pertes

L'ensemble des connaissances et données acquises ont permis:

- De mieux comprendre les processus et identifier les leviers pour réduire les pertes
 - Les tester sous différentes conditions de pédoclimat
- **Améliorer les outils et modèles s'attelant à l'estimation et la prédiction des pertes (formalismes et paramétrages)**

2 – Estimer et prédire les émissions

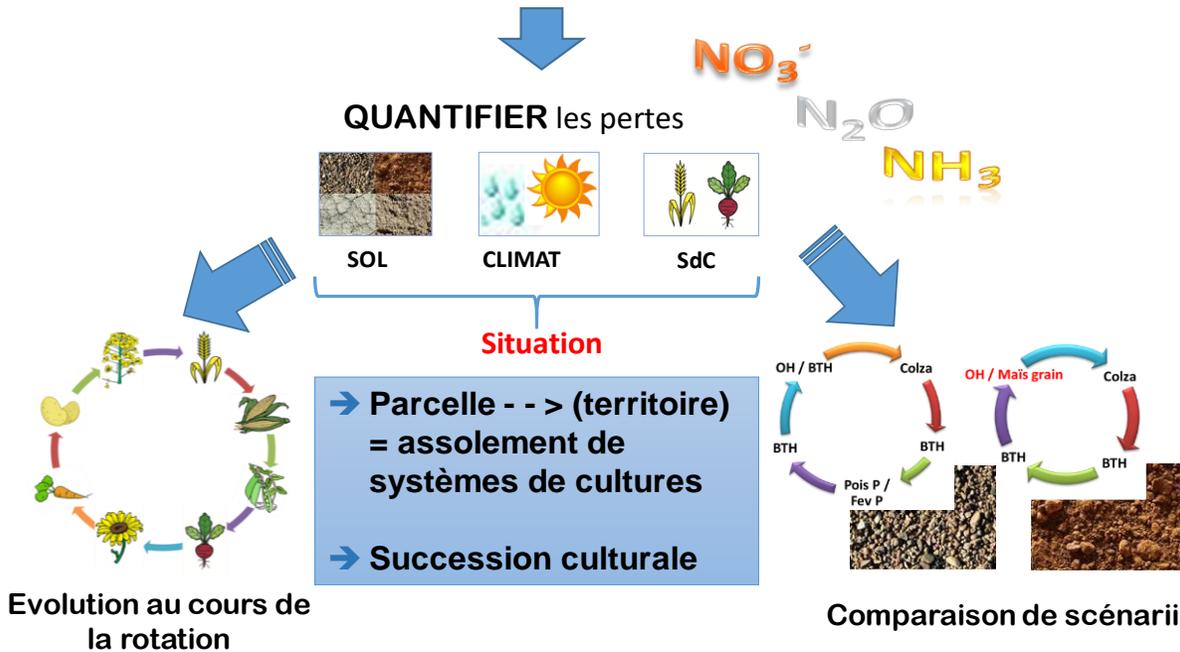
- Evaluer et faire évoluer les modèles et les outils de raisonnement et de diagnostic : un exemple concret avec l'outil de diagnostic **Syst'N**[®]

2 – Estimer et prédire les émissions

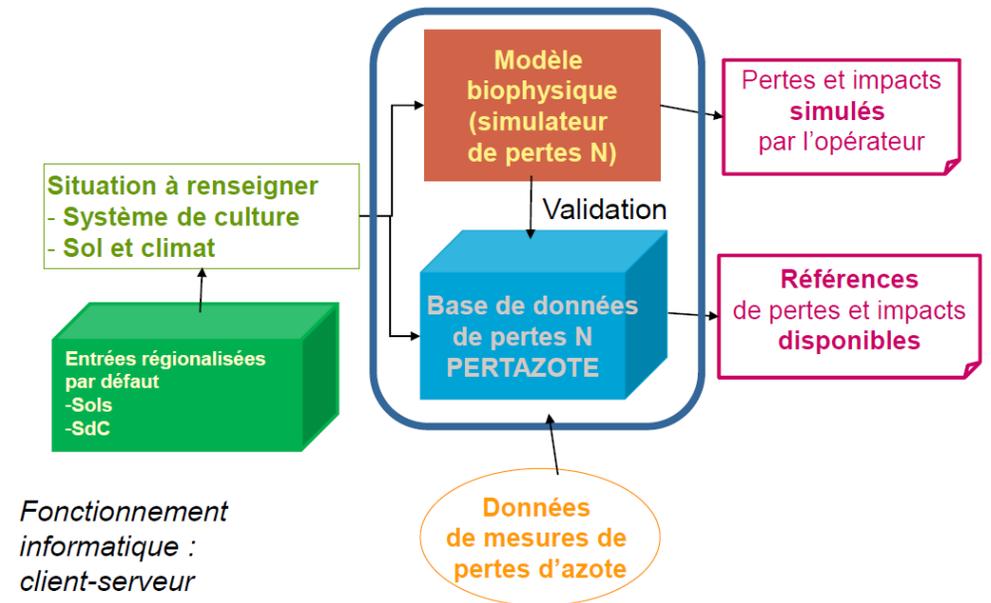
- Evaluer et faire évoluer les modèles et les outils de raisonnement et de diagnostic : un exemple concret avec l'outil de diagnostic **Syst'N**[®]



➤ Outil conçu pour **développer le diagnostic des pertes d'azote dans les systèmes de culture**



➤ Basé sur un modèle dynamique adossé à plusieurs bases de données

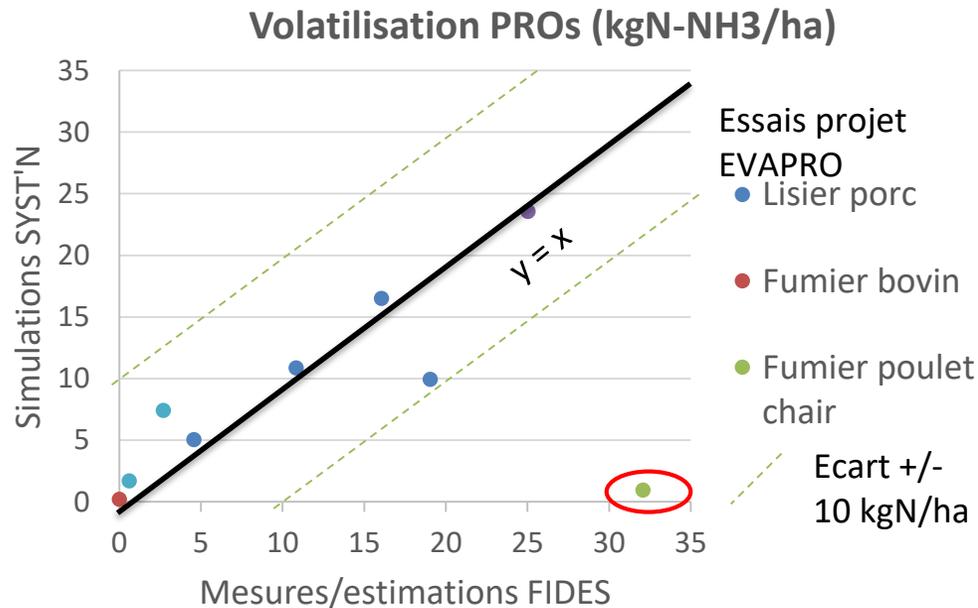


2 – Estimer et prédire les émissions

- Evaluer et faire évoluer les modèles et les outils de raisonnement et de diagnostic : un exemple concret – l'outil **Syst'N®** : Quelles évolutions permises par les connaissances et références acquises?

- réalisées dans des projets de recherche

Exemple du projet *ADEME EVAMIN (2017-2019)*
Résultats relatifs aux essais EVAPRO avec les PROs paramétrés dans l'outil



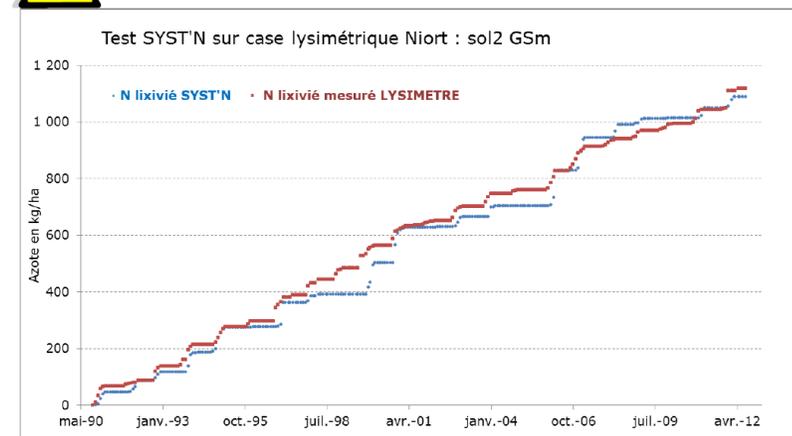
- réalisées par les usagers

Exemple de la *CA79 en 2014 (M. Guiberteau)* : résultat de lixiviation sur 20 ans, après saisie de la description du sol de la case lysimétrique

Calage sur case lysimétrique



Attention à bien caler les types de sols des situations !



2 – Estimer et prédire les émissions

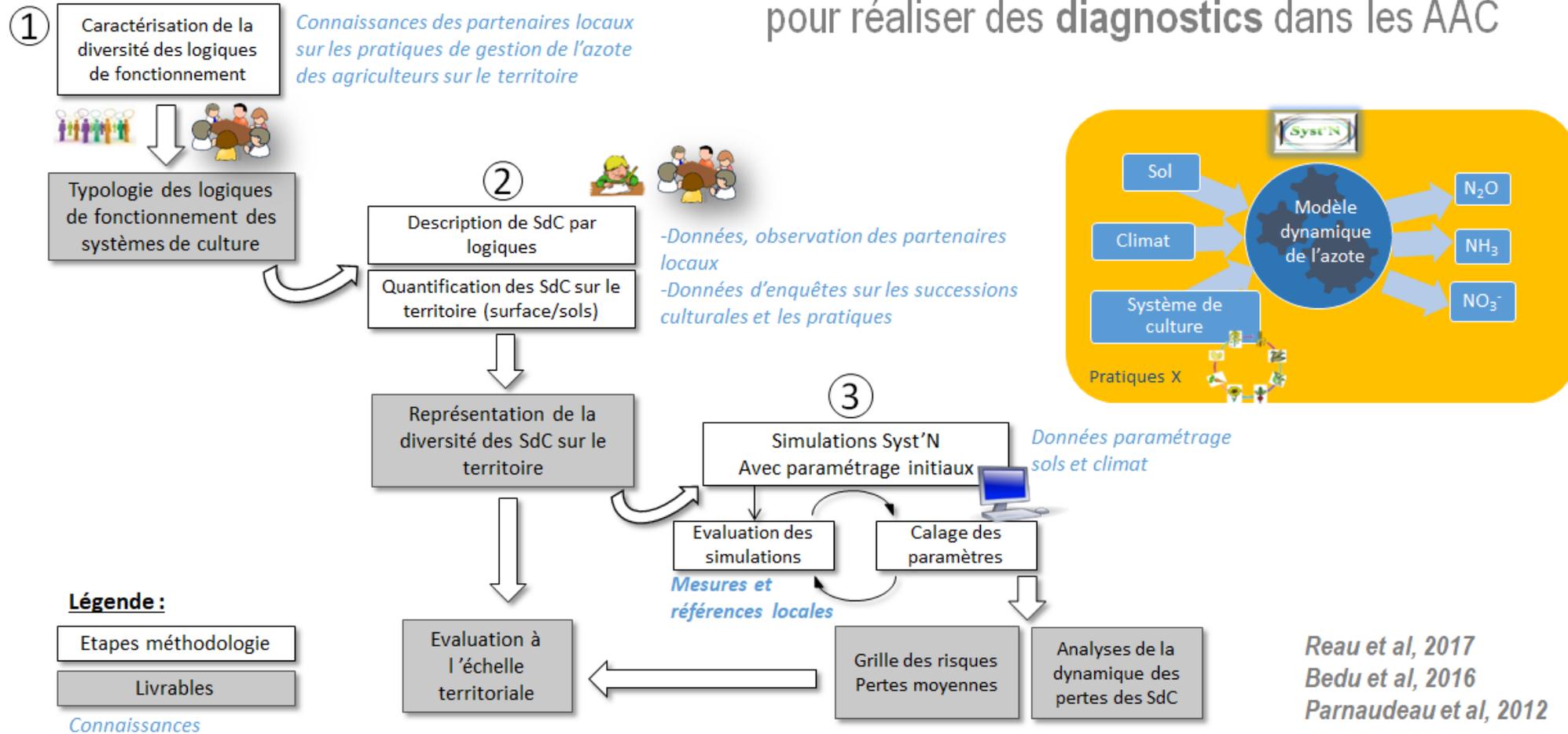
- Ces travaux ont alimenté d'autres démarches :
 - Estimer et prédire les émissions à l'échelle supra-parcellaire, sur de petits territoires

Ex : échelle du bassin versant pour les pertes de nitrate – diagnostic réalisé avec Syst’N® dans les Aires d’Alimentation de Captage (AAC)



2 – Estimer et prédire les émissions

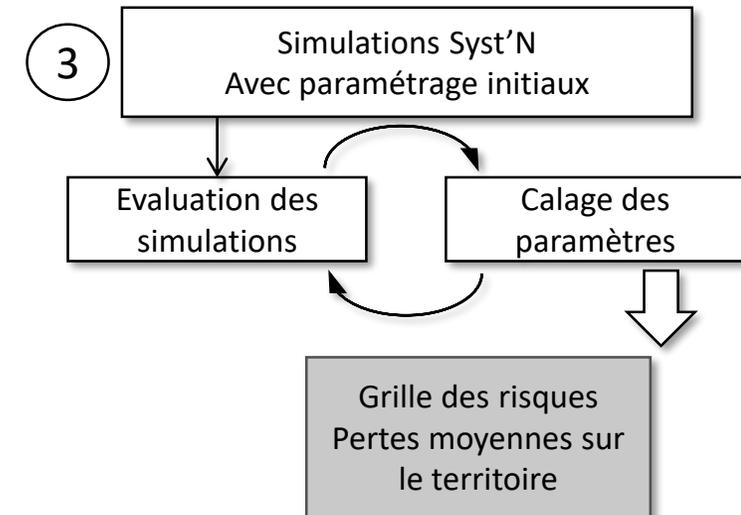
Utilisation de Syst'N® pour réaliser des diagnostics dans les AAC



2 – Estimer et prédire les émissions

Utilisation de Syst’N®
pour réaliser des diagnostics dans les AAC

Gestion pluriannuelle		Sans couvert		Couvert réglementaire		Couvert pour vider le sol		Couvert pour la biomasse
Fréq. Apports O.	Succession des Cultures	0 carence N visible	0 carence N avec impact rdt	0 carence N visible	0 carence N avec impact rdt	0 carence N visible	0 carence N avec impact rdt	0 carence N visible
/	C+B.O+	22	22	18	18	15	15	5
/	C+B+Op+			17	17	6		4
/	C+B.B.O+	25				20		
/	C+B+P+B.O+	28				14	14	
/	C+B+M.B.O+					13		
/	C+B+Op.B+O+							6
/	C+B.O+P+B.O+	29		23	23	17		
/	C+B.O+T.B.O+				23			
/	C+B+T+C+B.O+				18			



Légende :

Etapes méthodo

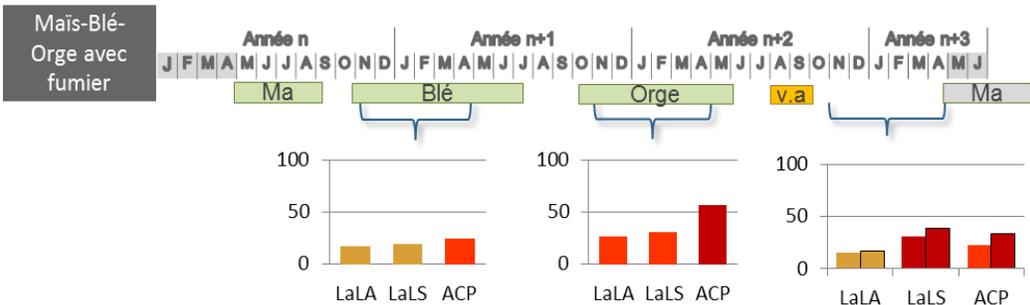
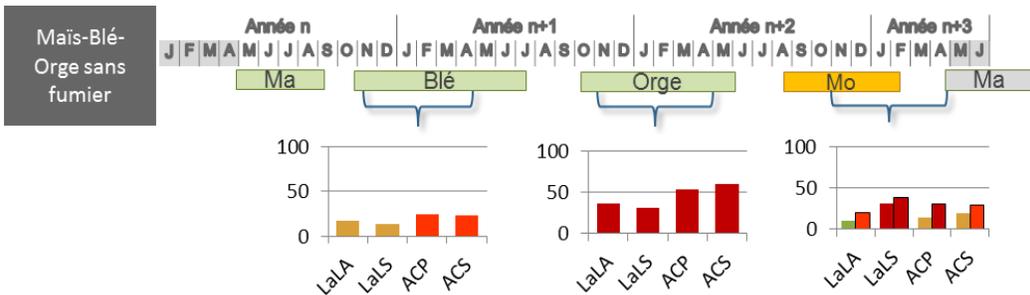
Livrables rapport AAC



2 – Estimer et prédire les émissions

Utilisation de Syst'N®
pour réaliser des diagnostics dans les AAC

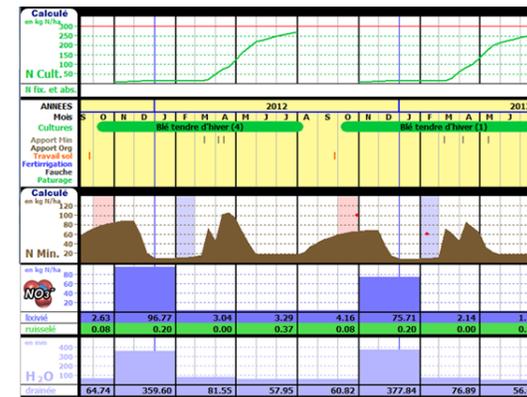
Exemple :



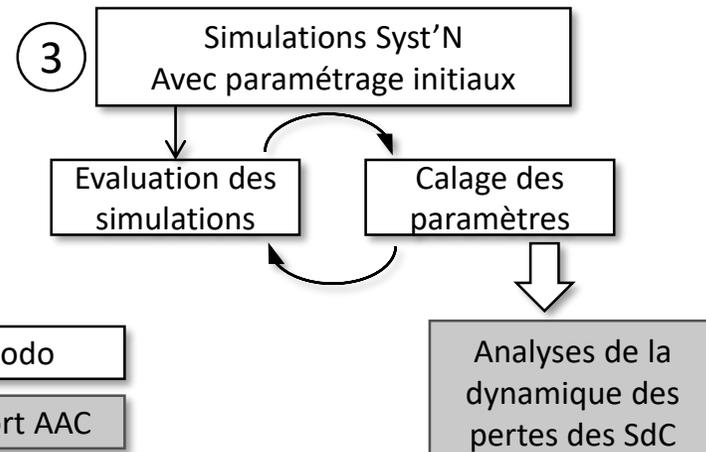
Légende :

Etapes méthodo

Livrables rapport AAC



Valoriser les sorties Syst'N permettant de mieux comprendre la dynamique des flux de N



2 – Estimer et prédire les émissions

- Ces travaux ont alimenté d'autres démarches :
 - Estimer et prédire les émissions à l'échelle supra-parcellaire, de petits territoires
 - Faire évoluer les méthodes de calcul / d'estimation des émissions pour d'autres applications : réalisation des inventaires nationaux d'émissions, l'évaluation multicritère, etc.
 - Faire le lien avec leurs impacts : ACV

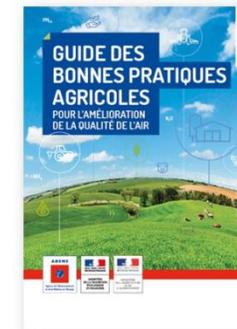
2 – Estimer et prédire les émissions

Ces efforts conséquents ont permis, au fur et à mesure :

- D'identifier, pour chaque levier testé, les plus efficaces (en fonction du contexte)
- **En les combinant au sein du système de culture, travailler à aller vers des systèmes « moins émetteurs »**

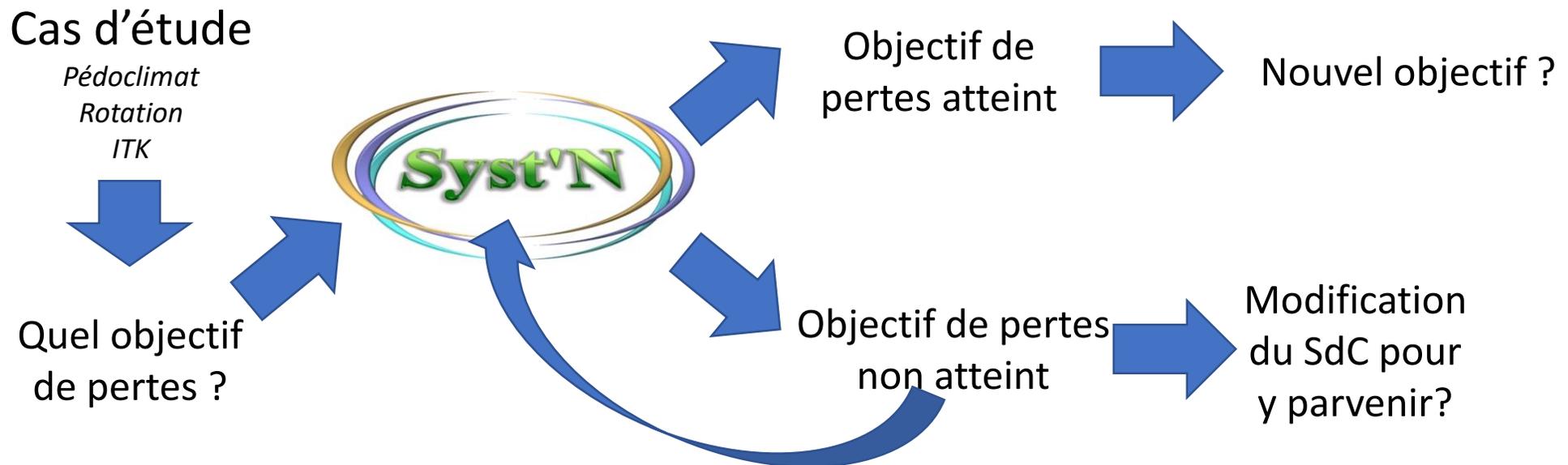
3 – Aller vers des systèmes moins émetteurs

- **Utiliser les références et connaissances acquises pour appuyer les politiques publiques**
 - NO_3^- : appui aux GREN dans le cadre du contentieux sur la Directive Nitrates
 - NH_3 : appui à l'élaboration du PREPA et à la réalisation du « Guide des Bonnes Pratiques Agricoles »
 - N_2O : PCAET
- **Raisonner les paysages**
 - Raisonner la gestion des pertes d'azote à une échelle supra-parcellaire
 - Et en incluant des leviers à l'échelle du paysage (ex : zone tampon)
- **Faire évoluer les systèmes de culture**
 - Pour limiter le recours aux intrants de synthèse (et les impacts associés)
 - Pour limiter les pertes
 - En agissant « à la source » : réduction de dose, modification de la forme d'engrais, enfouissement etc.
 - En pilotant la réflexion du système par l'objectif de réduction de pertes



3 – Aller vers des systèmes moins émetteurs

- Piloter la réflexion du système par l'objectif de réduction des pertes : utilisation de Syst'N® pour identifier des systèmes à Hautes Performances Azotés (HP2N)



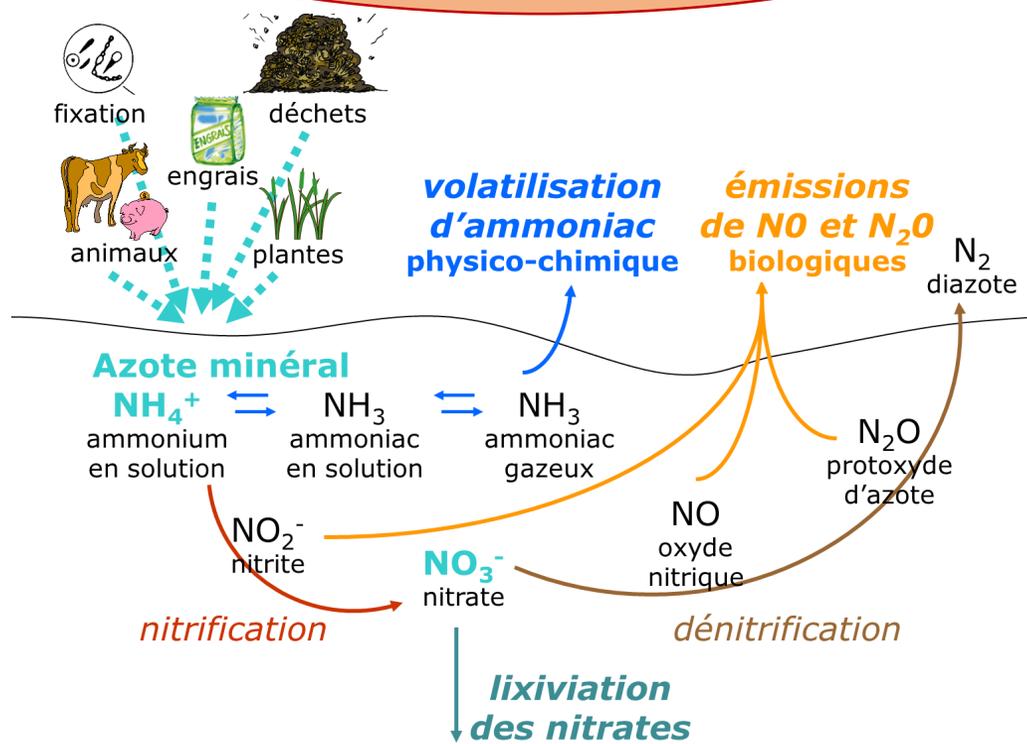
Pour conclure

Acquisition de références françaises

N_2O , NH_3

Formalismes/

Paramétrisations de modèles



Stratégies de gestion de l'azote à l'échelle de l'exploitation

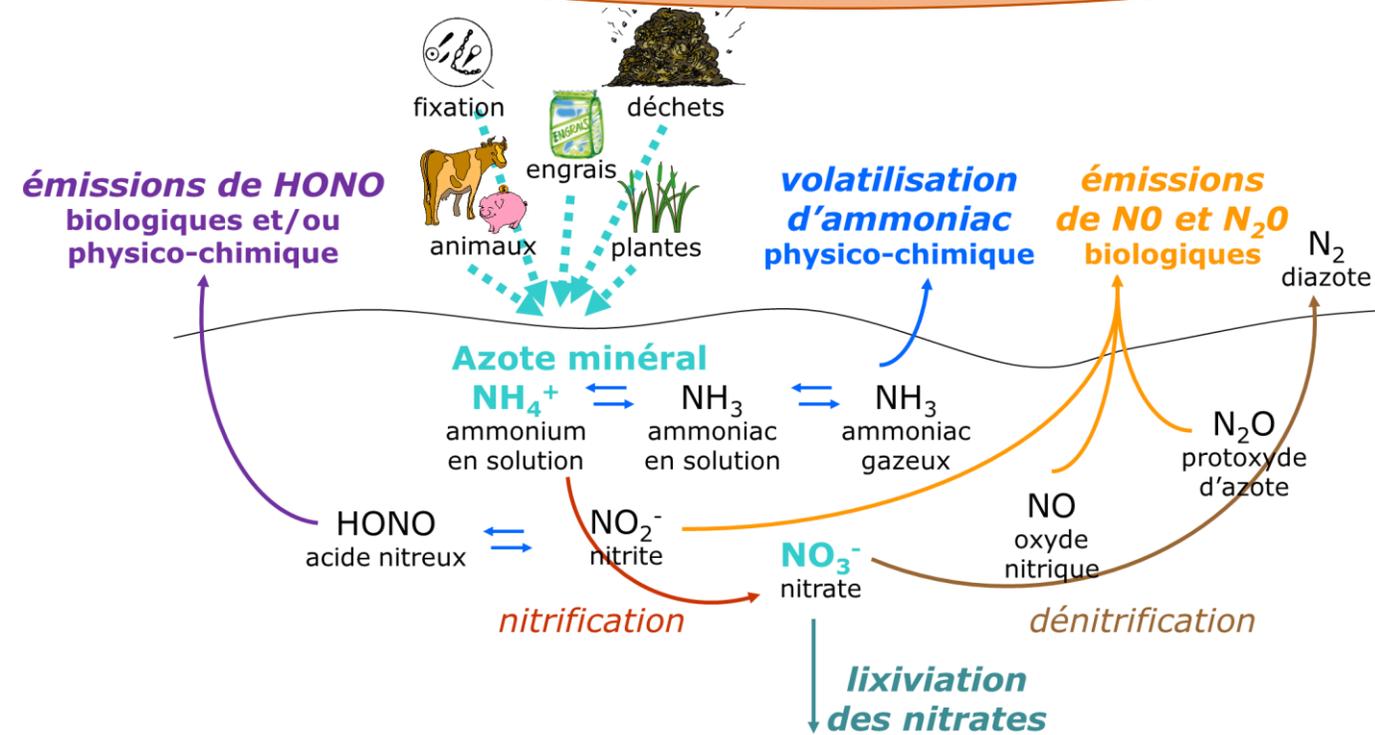
Scénarisation paysagère du devenir l'azote

Quels prolongements envisager ?

Acquisition de références françaises

NO, HONO, COV, DOC..., émissions indirectes

Formalismes/
paramétrisation modèles



Stratégies de gestion intégrative (toutes les formes de l'azote) à l'échelle du territoire et de la filière

