

INRAE



université
PARIS-SACLAY

➤ Assimilation de données pour améliorer les modèles de qualité de l'eau : vers un indicateur de pression azotée

Médaille d'Argent Dufrenoy – Section 5

Réalisée par :

- Samy CHELIL

Soutenue publiquement le :

09/12/2022

Dirigée par :

- Julien TOURNEBIZE
- Pierre Olivier MALATERRE

Co-encadrée par :

- Hind OUBANAS
- Hocine HENINE
- Igor GEJADZE

Research Unit HYCAR Hydrologie Continentale Anthropisée : Ressource – Risque - Restauration



Centre de Jouy en Josas - Antony

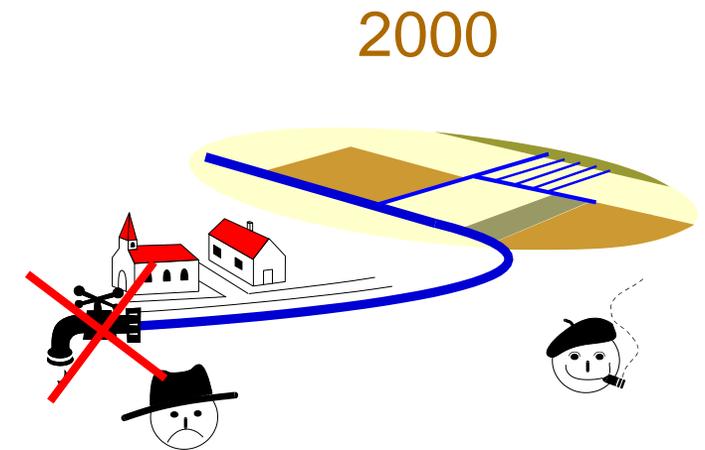
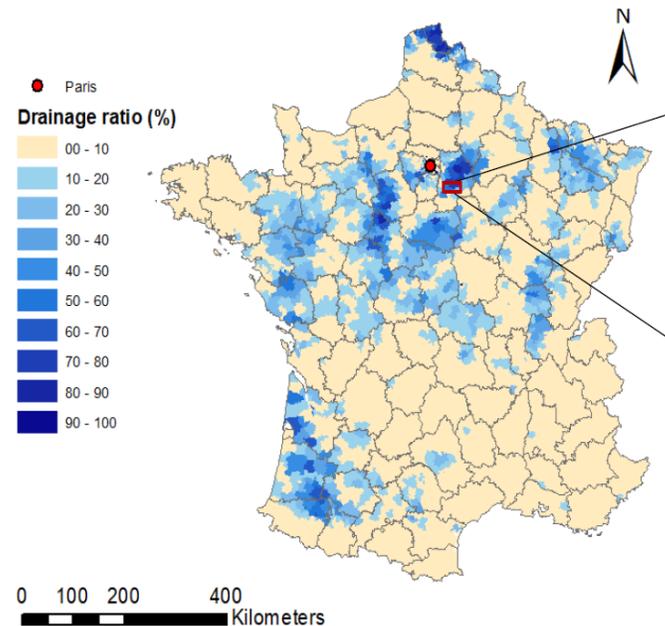
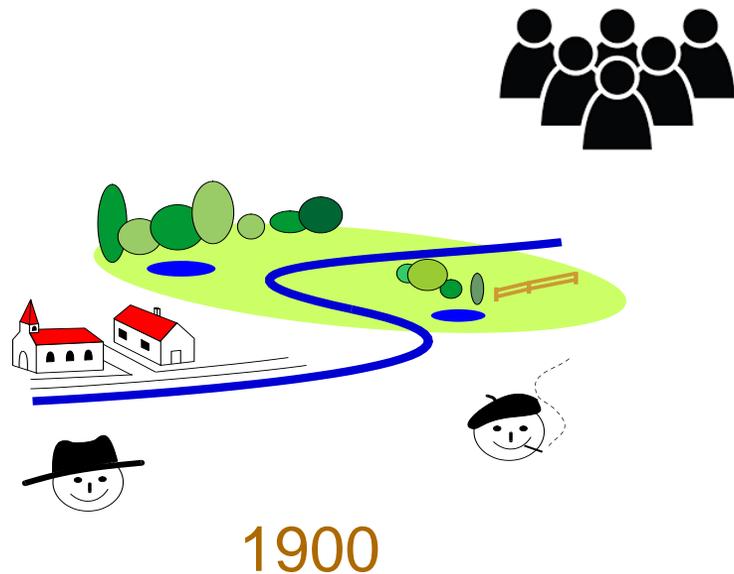


➤ Evolution de l'agriculture en France

Augmentation des besoins alimentaires
➔ Pression sur les surfaces existantes

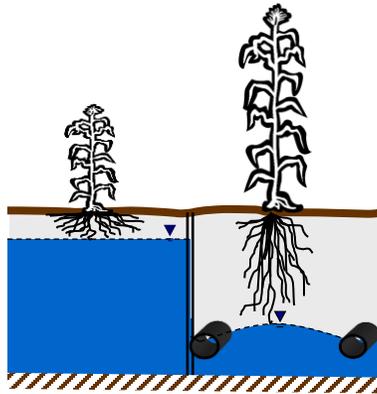
1- Augmentation des apports en fertilisation

2- Nouvelles parcelles à cultiver ➔ sol saturé ➔ 20% des parcelles en grande culture sont drainées

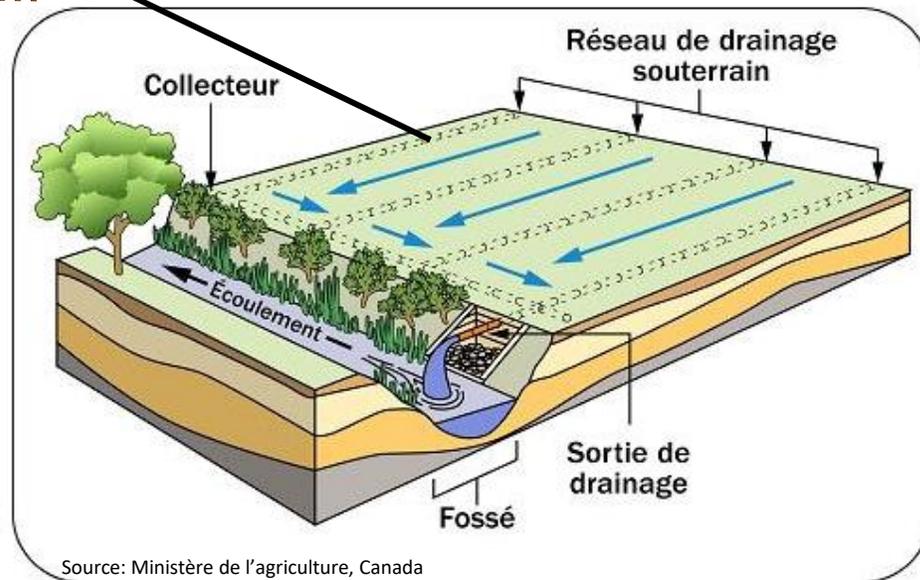


Conséquence : dégradation de la qualité de l'eau

➤ 1- Le drainage agricole pour évacuer l'excès d'eau



Aménagement hydraulique permettant l'exploitation agricole d'une terre fréquemment engorgée d'eau



- Transfert rapide de l'eau et des polluants vers un point de sortie :

L'exutoire du réseau de drainage

- Le drainage peut jouer le rôle d'un lysimètre géant ! (Ballif et al., 1996)
- Suivre la quantité et la qualité de l'eau à l'exutoire

- Aération du sol
- Maintenir un bon rendement agricole
- Facilité d'accès aux champs

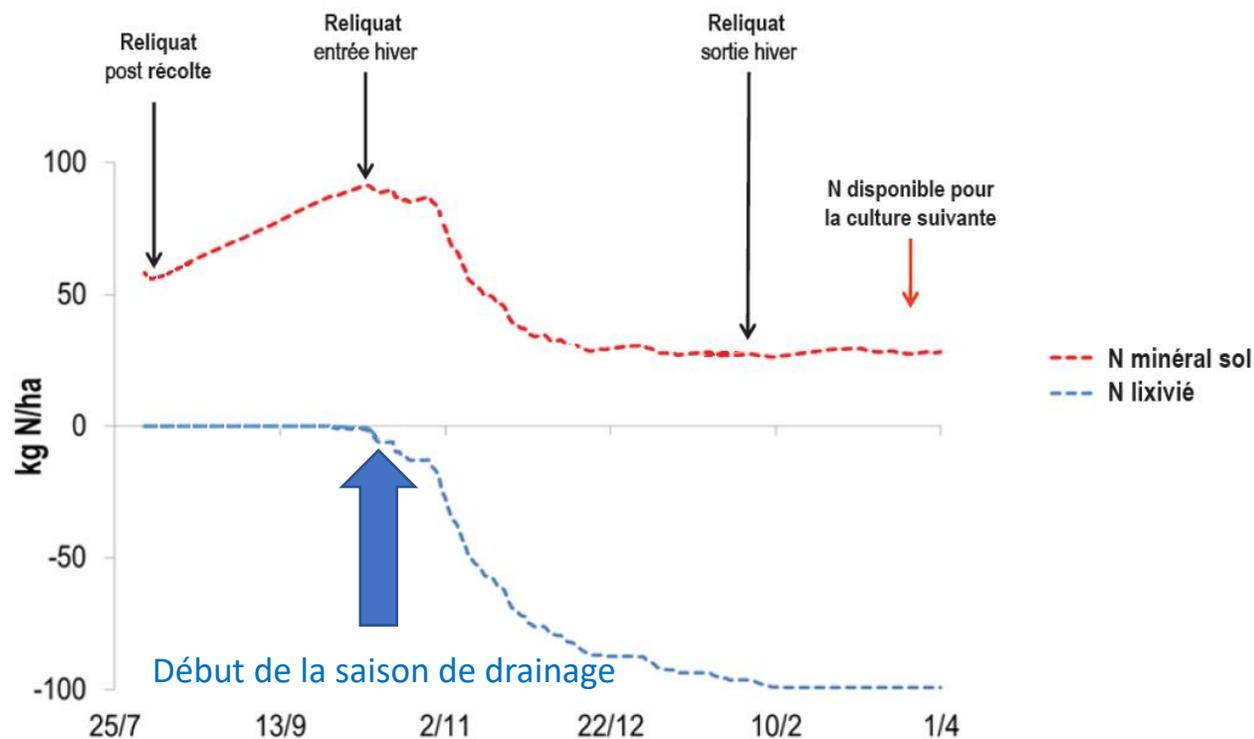
➤ 2- Contrôler l'excès d'azote dans le sol : un enjeu majeur

Reliquat Entrée Hiver (REH) – Azote Potentiellement Lixiviable (APL)

Ex.

➔ PROTECT'eau (en Belgique)

➔ Chambre d'agriculture Bretagne (France)



Mesurer le REH
Carottage du sol

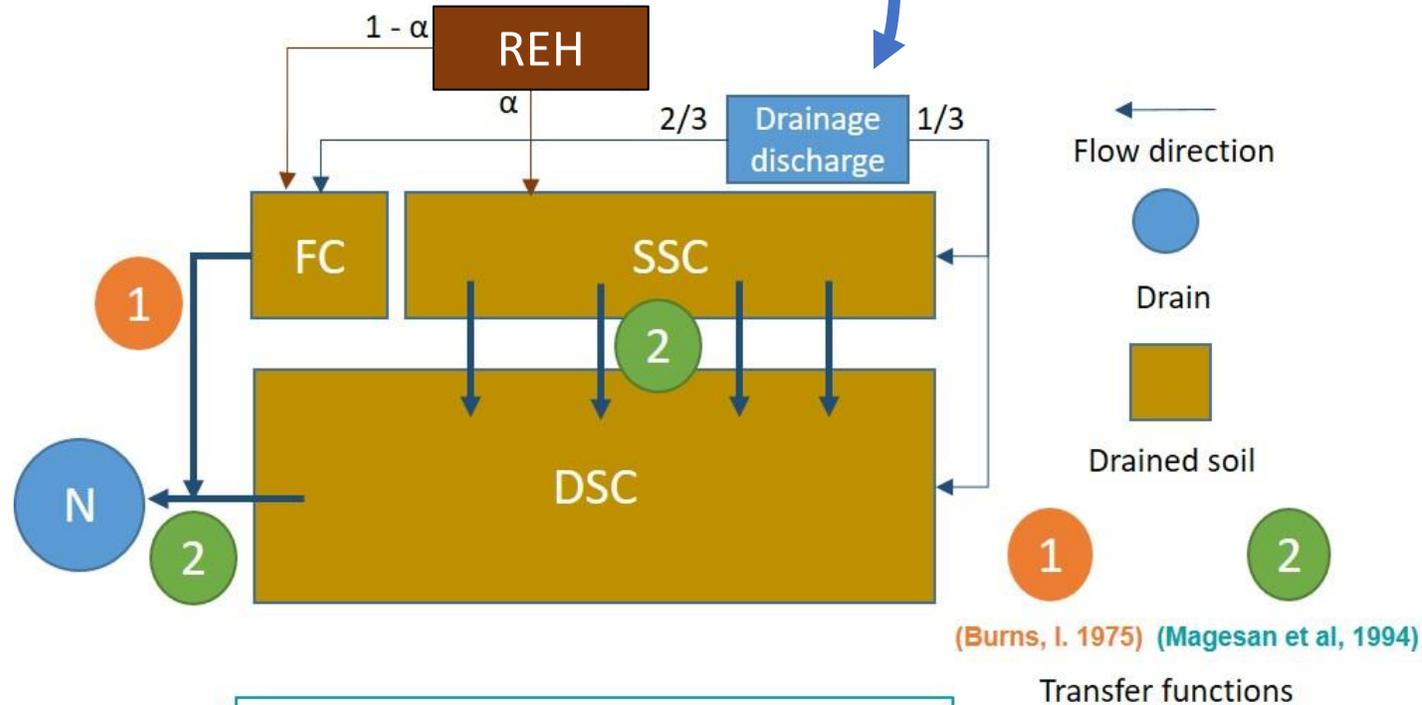


Justes et al., 2014

➤ NIT-DRAIN : Concept de modélisation

Association de deux fonctions de transfert

Débits de drainage : observés ou simulés avec le modèle SIDRA-RU (Hénine et al., 2022)

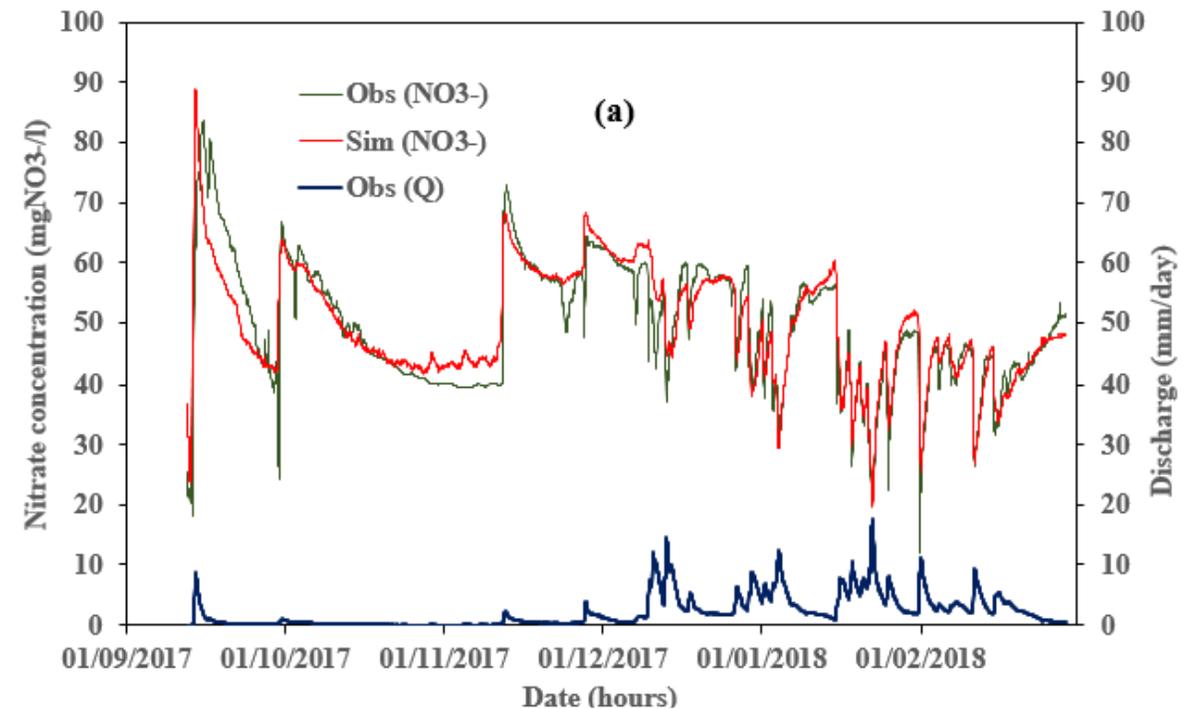
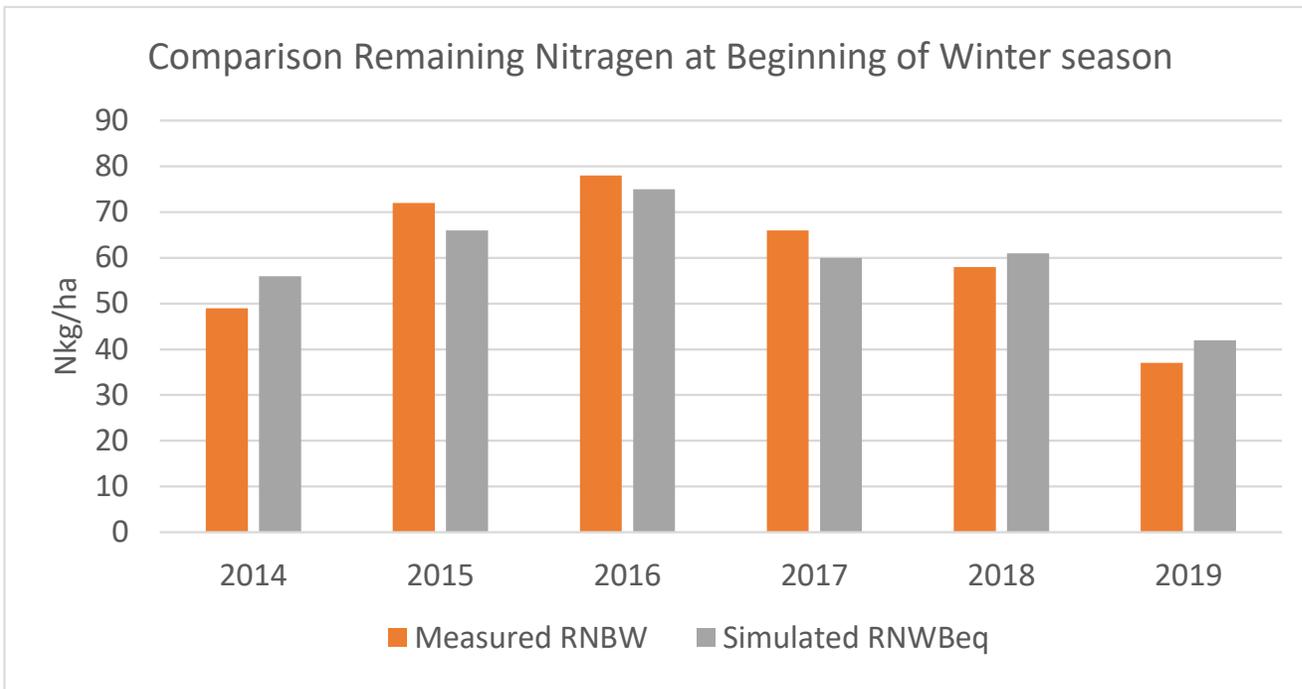


Henine, H., Jeantet, A., Chaumont, C., Chelil, S., Lauvernet, C. and Tournebize, J. (2022) **Coupling of a subsurface drainage model with a soil reservoir model to simulate drainage discharge and drain flow start.** Agricultural Water Management

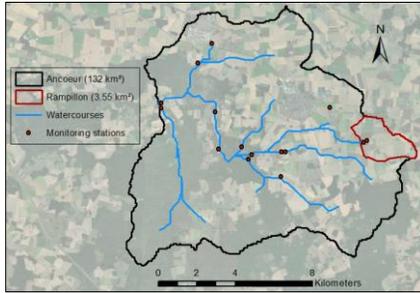
- FC : Fast compartment
- SSC : Superficial slow compartment
- DSC : Deep slow compartment
- RNBW : Remaining pool of nitrate available for leaching at the beginning of the winter season

➤ Le modèle NIT-DRAIN : Validation sur les données de Rampillon

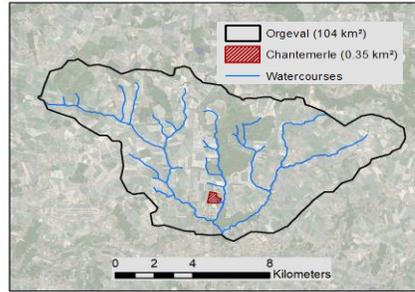
- Bonne représentation des phénomènes d'entraînement et de dilution des nitrates
- Performances obtenues ➔ concentrations en nitrate
- Estimation des REH à l'échelle d'un bassin versant agricole



➤ La robustesse du modèle NIT-DRAIN



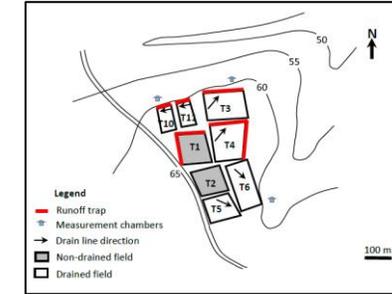
Rampillon
355 ha



Gobard
36 ha



2008 2009 2010 2011



La Jaillière
1 ha



1990 1991 1993 1994



Calage annuel

Calage interannuel

Jeu de paramètres générique

➤ Résultats (robustesse)

Estimation des REHe

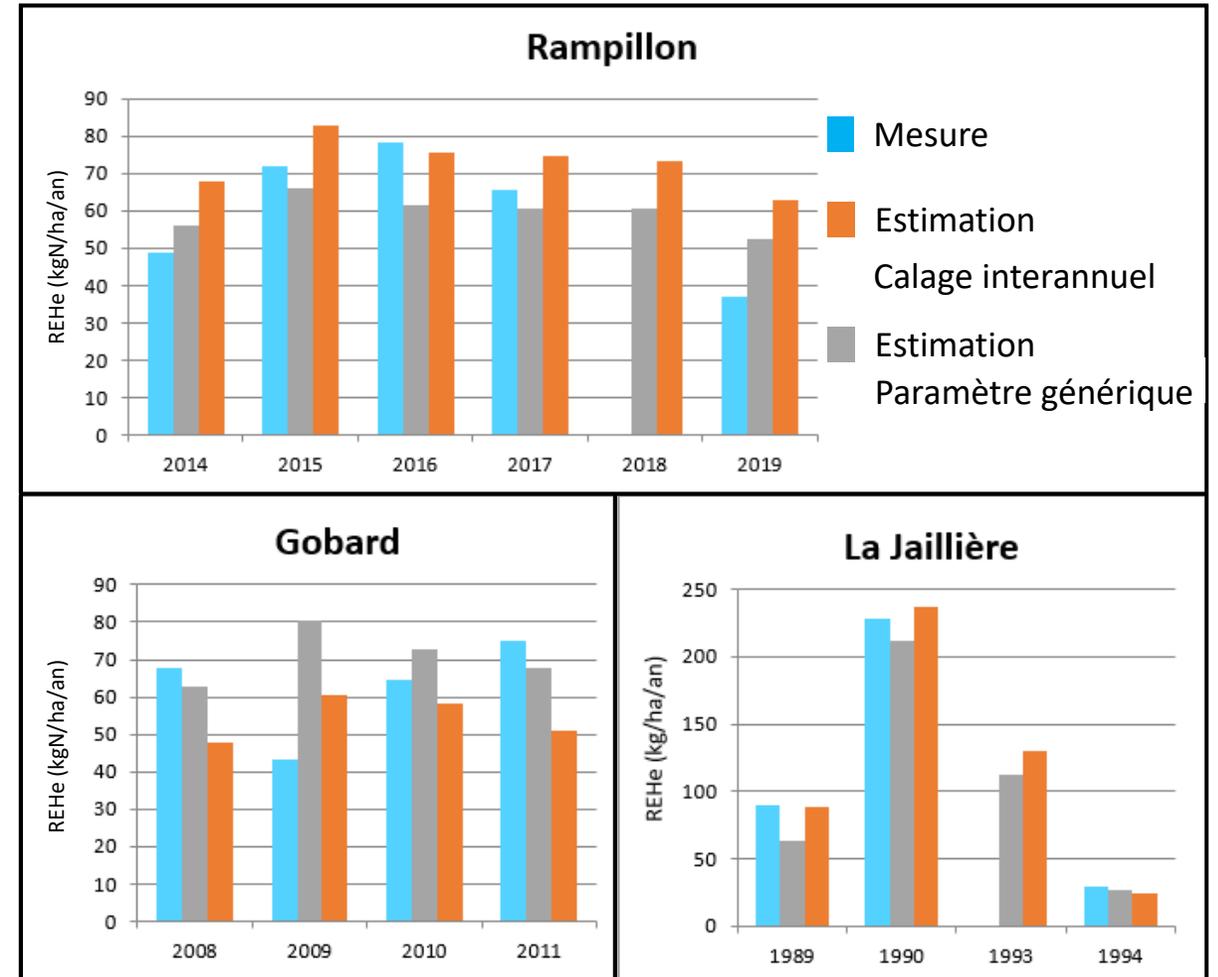
- Estimation correcte du REHe pour l'ensemble des sites étudiés
- Meilleure estimation des REHe pour le site de la Jaillièrre
- Bonne estimation des valeurs de REHe même en utilisant le jeu de paramètres générique

https://e-publish.uliege.be/APL_REH_RDD/chapter/estimation-rshe/

RETOURS D'EXPÉRIENCE AUTOUR DU REH/RDD/APL

Estimation d'un REH équivalent en système drainé et prédiction de la concentration en nitrate dans les eaux de drainage agricole

SAMY CHELIL; HOCINE HENINE; PAULINE DODINET; CÉDRIC CHAUMONT; ET JULIEN TOURNEBIZE



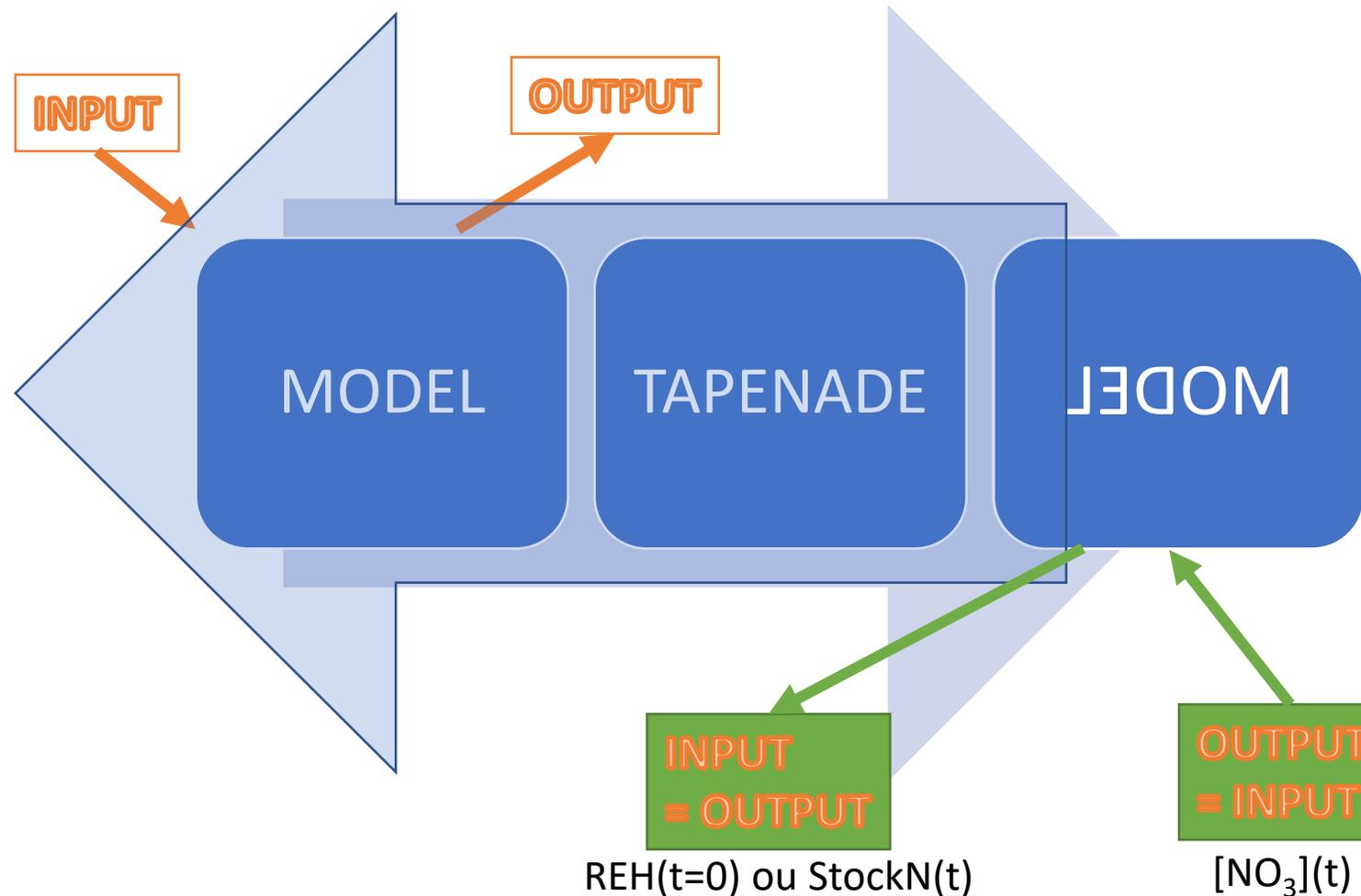
Comparaison des REH mesurés avec ceux estimés par NIT-DRAIN

➤ Assimilation de données variationnelle (4DVAR)

Oubanas et al., 2018; Chelil et al., 2022

Approches classiques de calage / Techniques d'assimilation de données

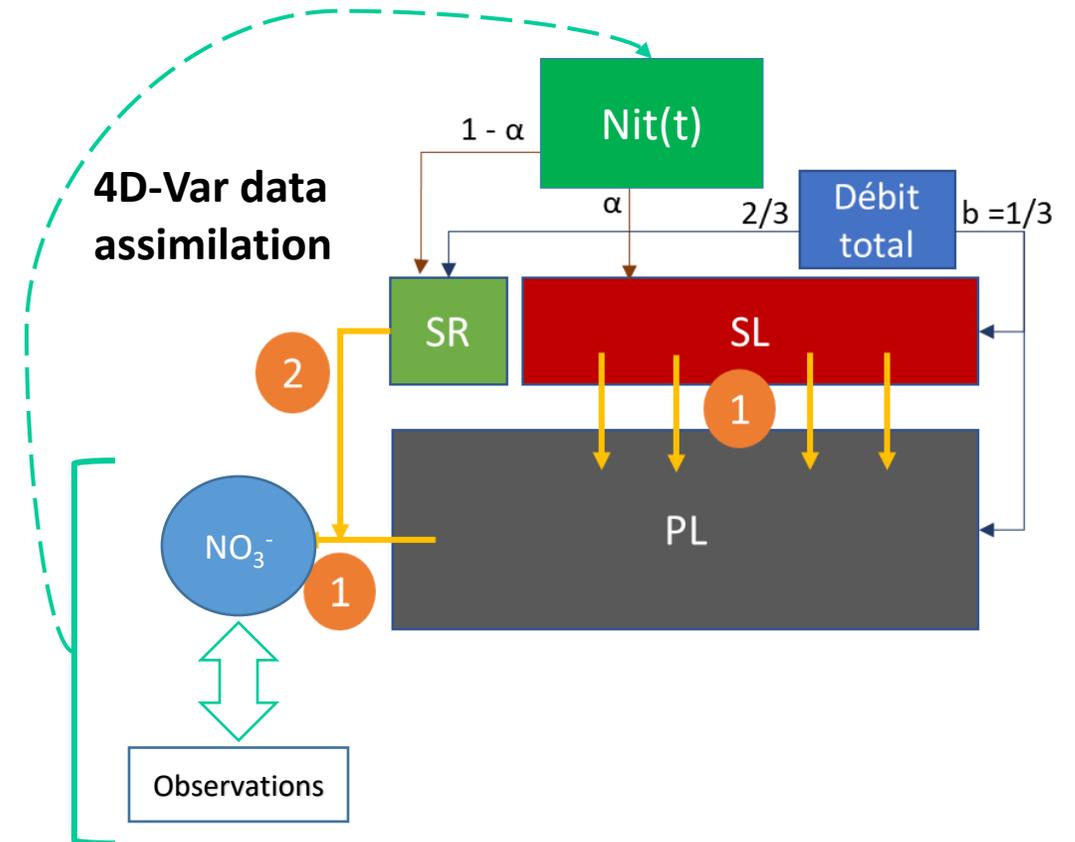
Assimilation de données: Kalman filter, variational 4D-VAR



Chelil, S., Oubanas, H., Henine, H., Igor, G., Malaterre, P. O., and Tournebize, J. (2022). **Variational Data Assimilation to Improve Subsurface Drainage Model Parameters.** *Journal of hydrology.*

➤ Estimation temporelle du stock de nitrate dans le sol

- Estimation annuelle du REHe
 ➔ **Paramètre d'entrée**
- Estimation continue du stock de nitrate dans le sol
 ➔ **variable d'état**
- Proposer une estimation dynamique du stock de nitrate à l'aide du 4D-Var
 Estimer le stock de nitrate ➔ Réduire l'écart entre les observations et les simulations des $[\text{NO}_3^-]$



SS : Stock d'azote superficiel	QT : Débit total
SP : Stock d'azote profond	Qp : Débit de pointe
SR : Stock d'azote rapide	Qb : Débit de base

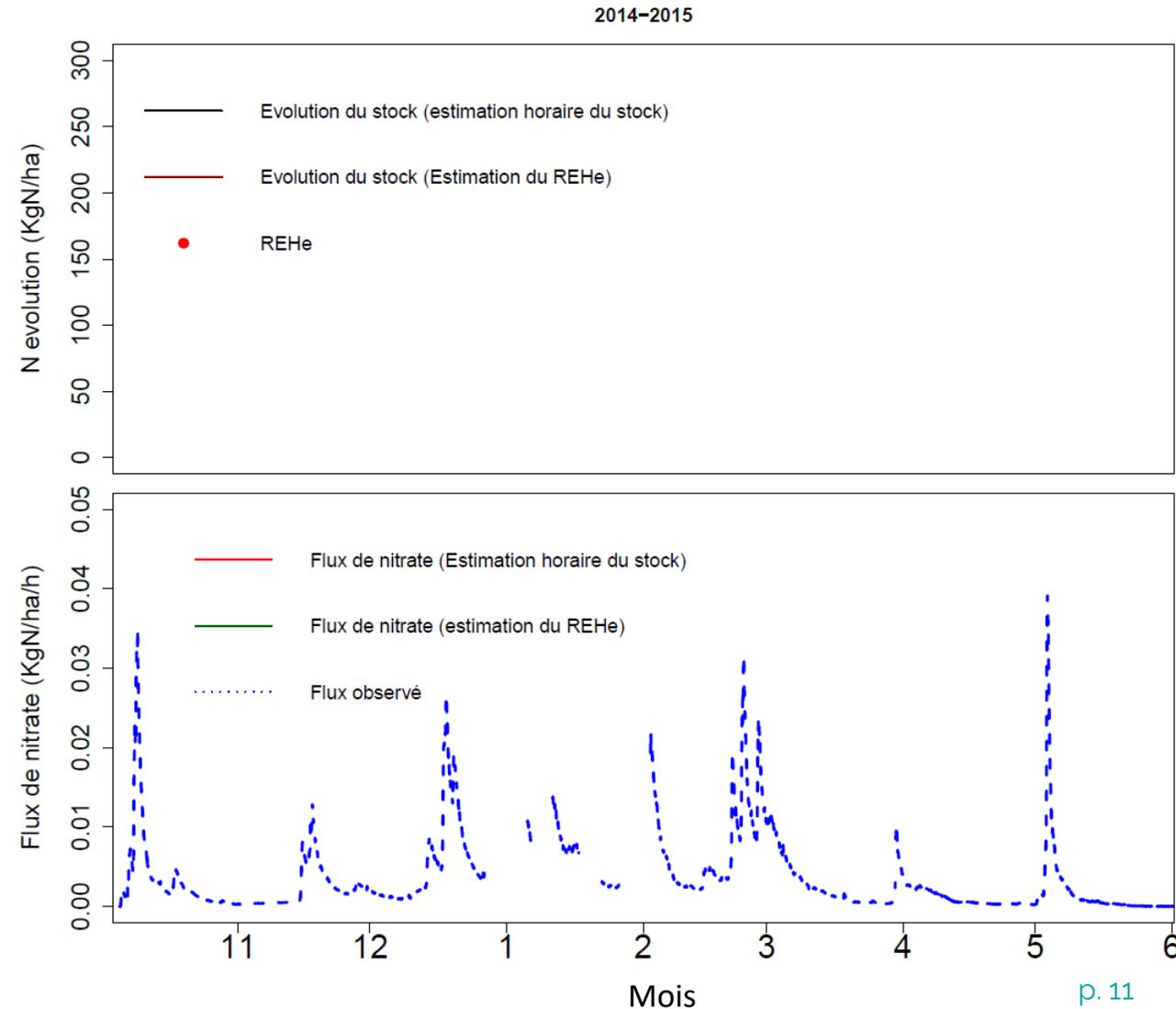
➤ Estimation temporelle du stock de nitrate dans le sol

Vers une meilleure estimation de la dynamique du stock de nitrate dans le sol

- Comparaison des variations du stock de nitrate obtenues à partir :

1. D'une estimation annuelle du REHe
2. D'une estimation continue du stock à l'aide du 4D-Var

- Mise en avant de l'effet de la fertilisation printanière sur la dynamique du stock.



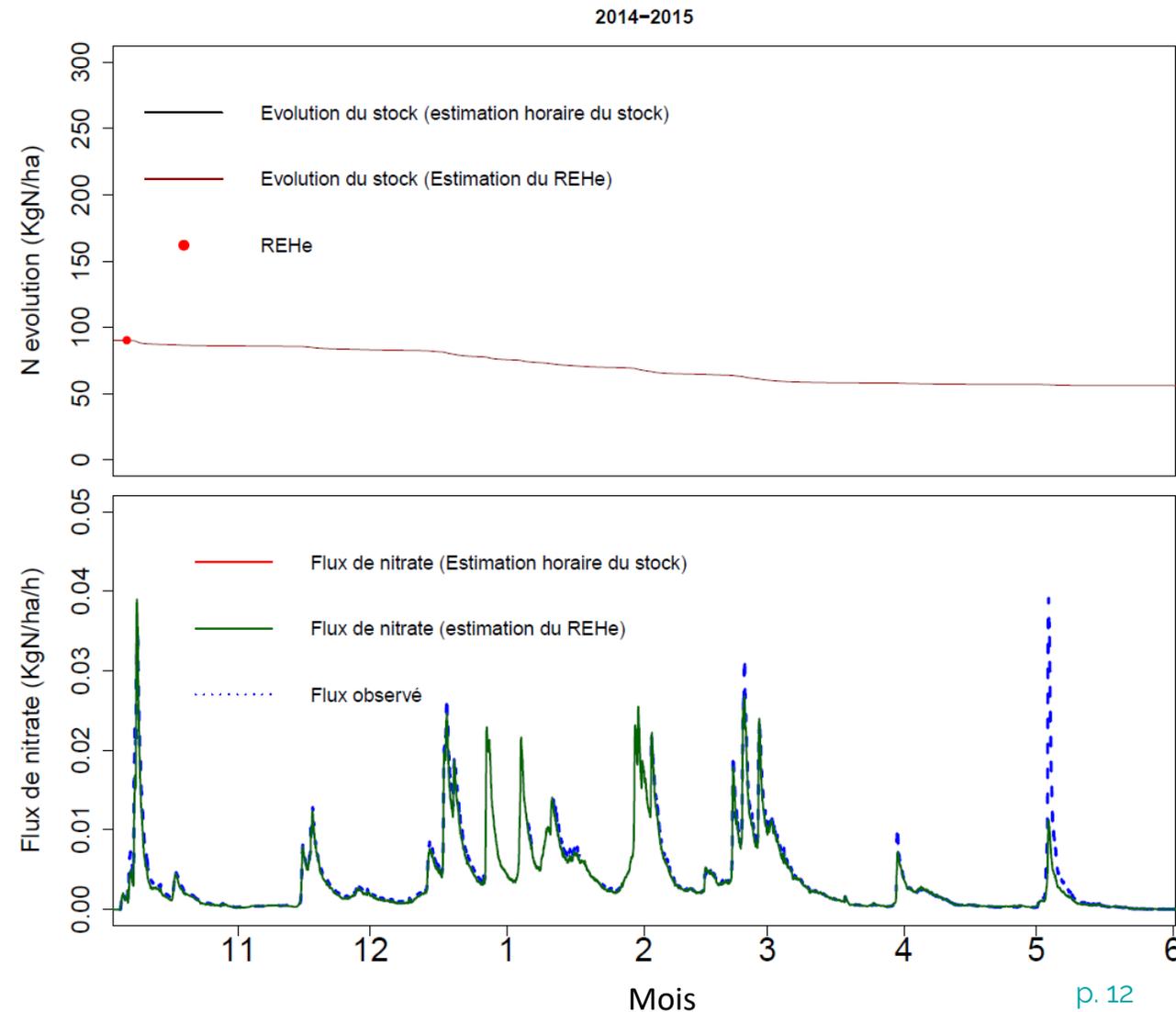
➤ Estimation temporelle du stock de nitrate dans le sol

Vers une meilleure estimation de la dynamique du stock de nitrate dans le sol

- Comparaison des variations du stock de nitrate obtenues à partir :

1. D'une estimation annuelle du REHe
2. D'une estimation continue du stock à l'aide du 4D-Var

- Mise en avant de l'effet de la fertilisation printanière sur la dynamique du stock.

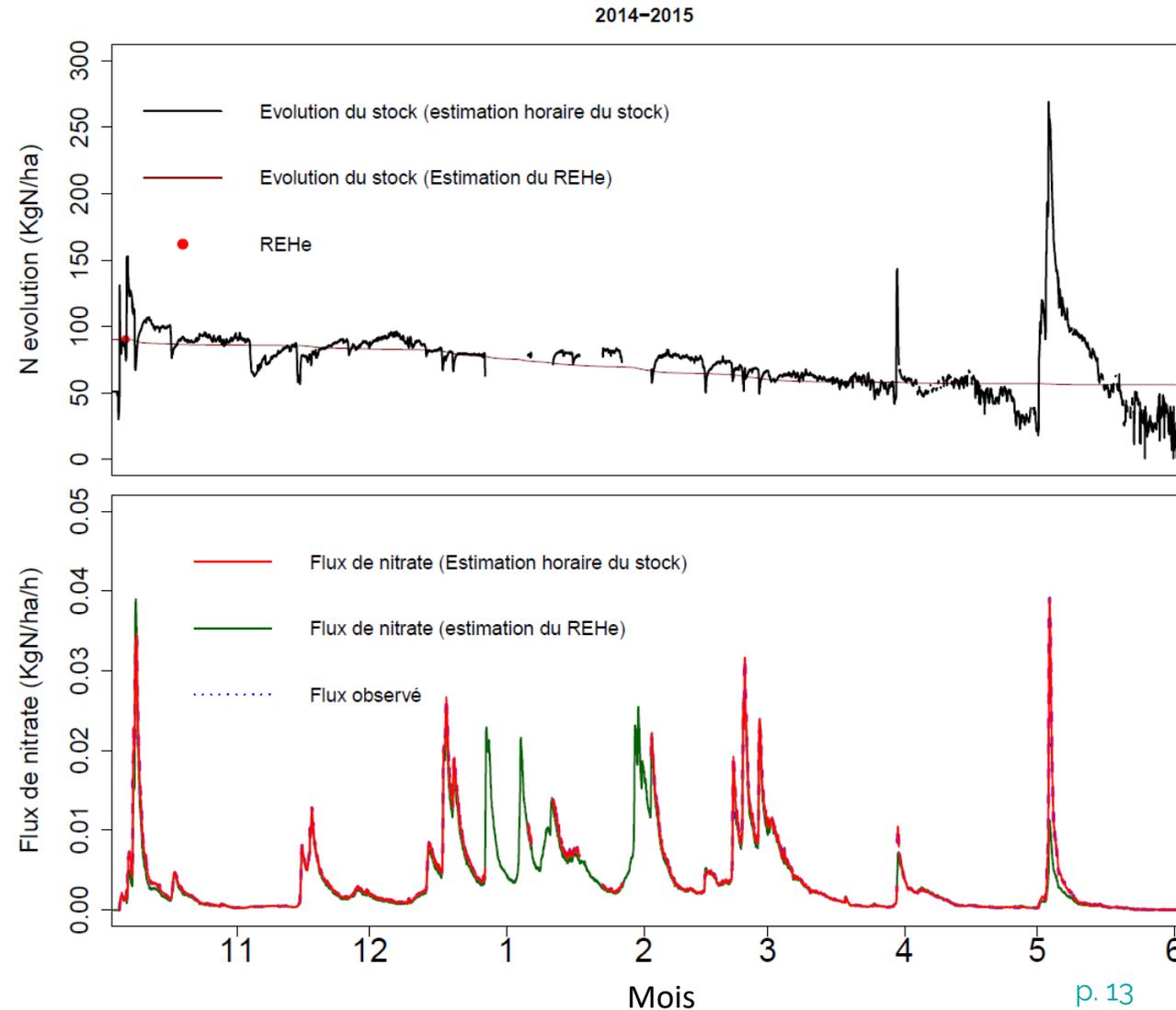


➤ Estimation temporelle du stock de nitrate dans le sol

Vers une meilleure estimation de la dynamique du stock de nitrate dans le sol

- Comparaison des variations du stock de nitrate obtenues à partir :
 1. D'une estimation annuelle du REHe
 2. D'une estimation continue du stock à l'aide du 4D-Var
- Mise en avant de l'effet de la fertilisation printanière sur la dynamique du stock.

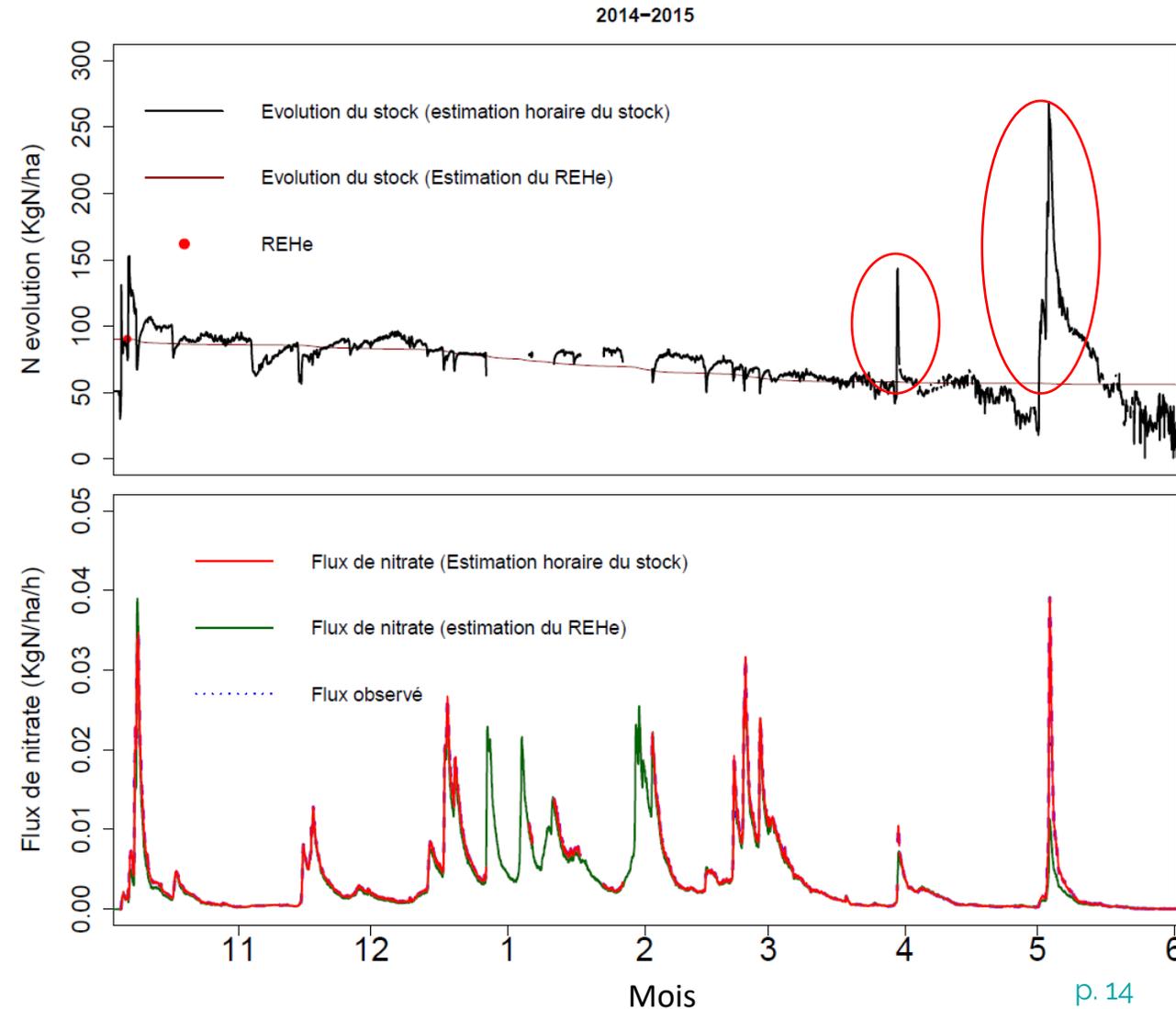
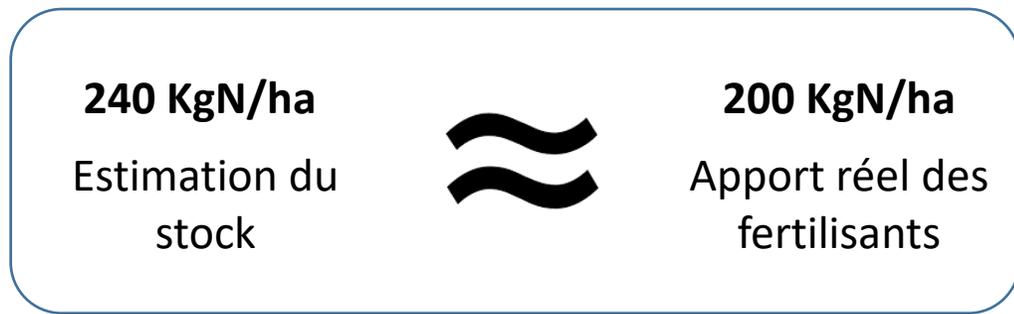
Chelil, S., Oubanas, H., Henine, H., Igor, G., Malaterre, P. O., and Tournebize, J. (to submit). Improving the estimates of nitrate storage in the tile-drained agricultural soils : **the potential of variational data assimilation using the NIT-DRAIN model.**



➤ Estimation temporelle du stock de nitrate dans le sol

Vers une meilleure estimation de la dynamique du stock de nitrate dans le sol

- Comparaison des variations du stock de nitrate obtenues à partir :
 1. D'une estimation annuelle du REHe
 2. D'une estimation continue du stock à l'aide du 4D-Var
- Mise en avant de l'effet de la fertilisation printanière sur la dynamique du stock.



> Conclusion

- Modélisation conceptuelle du transfert des nitrates
 - ➔ Reproduction fidèle des phénomènes d'entraînement et de dilution des nitrates
- Amélioration de la qualité des simulations de NO_3^-
- Modèle « NIT-DRAIN » robuste sur les trois sites étudiés
- Implémentation du 4D-Var sur NIT-DRAIN :
 - ➔ Bonne estimation des apports de fertilisation printanière

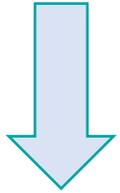
> Perspectives

Vers une estimation spatialement intégrée des stocks résiduels de nitrates

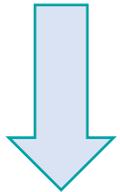
- Compléter l'étude de la robustesse du modèle NIT-DRAIN (application à l'échelle nationale)
- Couplage en série des deux modèles hydro (SIDRA-RU) et qualité (NIT-DRAIN)

> L'après thèse

Décembre 2022 → Soutenance de thèse



Janvier-Mai 2023 → Chargé de mission « rédaction d'un guide technique sur les ouvrages de biorétention »



Depuis juin 2023 → Ingénieur Conseil en hydraulique urbaine chez Artelia (depuis juin 2023)



