

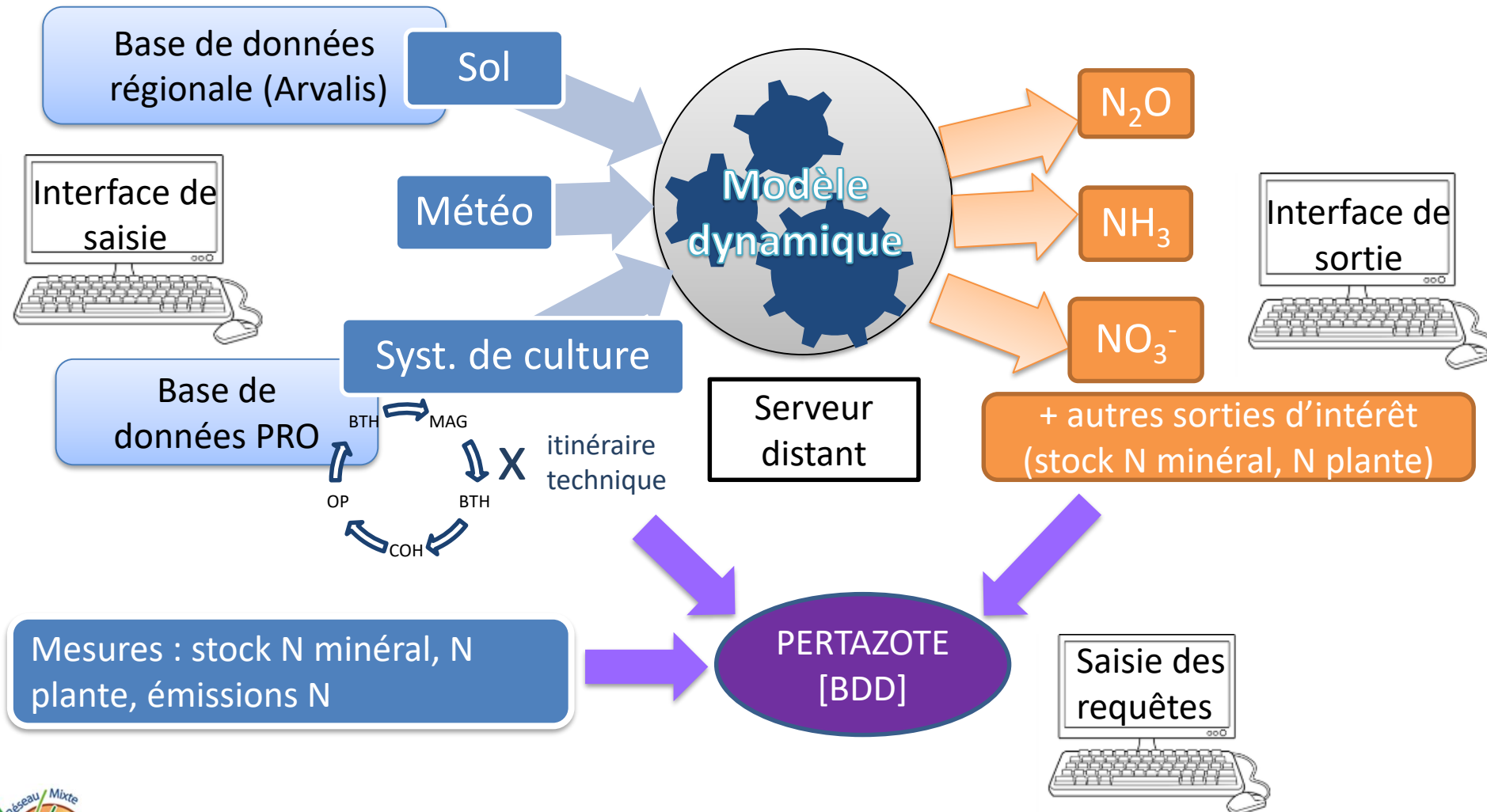
# RMT Fertilisation & Environnement 2014 – 2019

Journées annuelles 2018

## RMT Fertilisation & Environnement 2014 – 2019

Projets relatifs à l'outil Syst'N®

# Syst'N : un outil de diagnostic des pertes azotées dans les systèmes de culture



# 3 projets en cours

- AdOu-SY : Amélioration de l'outil SYST'N pour le pédoclimat des Hauts-de-France (2017-2019)



- Agro-éco-Syst'N : Identification de systèmes agro-écologiques à hautes performances azotées par le diagnostic avec l'outil Syst'N (2017-2020)



- EcoSyst'N : Gestion dynamique des programmes d'action sur l'azote dans les AAC et les bassins par les animateurs territoriaux (2016-2018)



# AdOu-SY : Amélioration de l'Outil SYST'N pour le pédoclimat des Hauts-de-France

Projet divisé en 4 grandes actions :

Action Diagnostic

Références Action

1

**Diagnostiquer** les problèmes sur des simulations de **cas réels** et de **cas types**

2

**Collecter des données de terrain de référence** dans les Hauts-de-France

Action Amélioration

Diffusion Action

3

**Expliquer les écarts** entre les données **observées et simulées**, et **améliorer les simulations** par rapport aux observations

4

**Mobiliser et diffuser** SYST'N et son utilisation dans les Hauts-de-France

# Acquisition de références locales

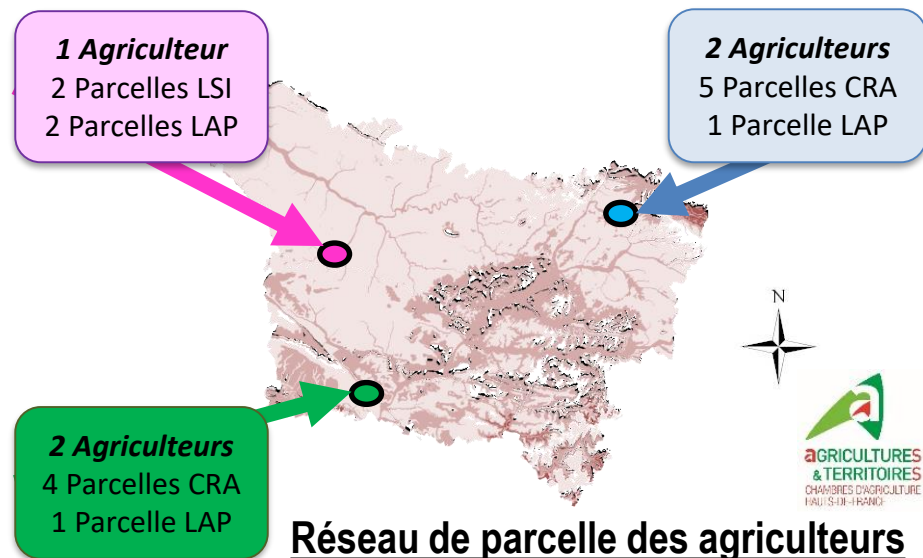
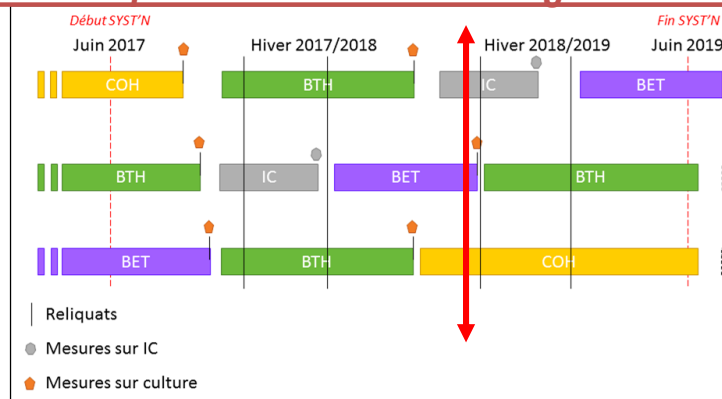
**Azote des plantes :** *Plante entière parties aériennes / biomasse totale et analyse N*

**Azote du sol :** *Reliquats azotés sur 0-30, 30-60 et 60-90cm  
en Post-Récolte, Entrée Hiver, Sortie Hiver*

Méthode LDAR (02) : **broyage** de l'ensemble des cailloux de craie, **décarbonatation**

**Réseau de 15 parcelles :** ex-Picardie (*caractérisées par ITK / analyses de sol*)

## Plan de prélèvements chez les agriculteurs



**Réseau de parcelle des agriculteurs**

IC : Intercultures      COH : Colza d'Hiver      BTH : Blé tendre d'Hiver      BET : Betterave sucrière  
 ITK : Itinéraires techniques      CRA : sol de cranette      LAP : sol limono-argileux profond      LSI : sol limoneux à silex

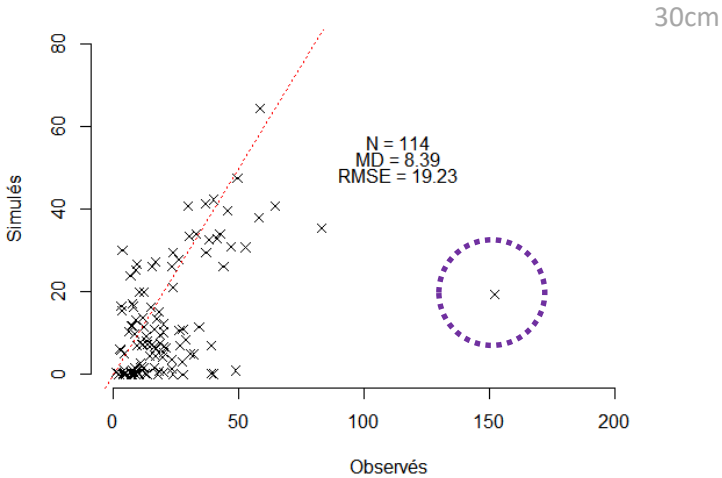
# Préparation des simulations des situations de référence du projet

- **Calibration des entrées** (*⚠ Rester proche de la réalité*) :
  - Da des guides pédologiques & STICS = **Correction de la masse de terre** des analyses (jusqu'à  $-13\text{kg}_N/\text{ha}$  sur 30cm)
  - Éléments grossiers = **refus au tamis (broyage)**
  - Répartition du calcaire dans les 5 fractions granulométriques décarbonatées
  - ...
- **Initialisation – deux choix possibles** :
  - Plusieurs années de rotation au préalable
  - À partir du premier reliquat post-récolte 2017
- **Climat** :
  - Données du **JRC** (*données européennes maille 25km – site AGRI4CAST*)
  - Années à venir par **projection climatique** via un générateur de climat « stochastique » (*Package R : Cordano & Eccel, 2017*)

JRC : Joint Research Centre

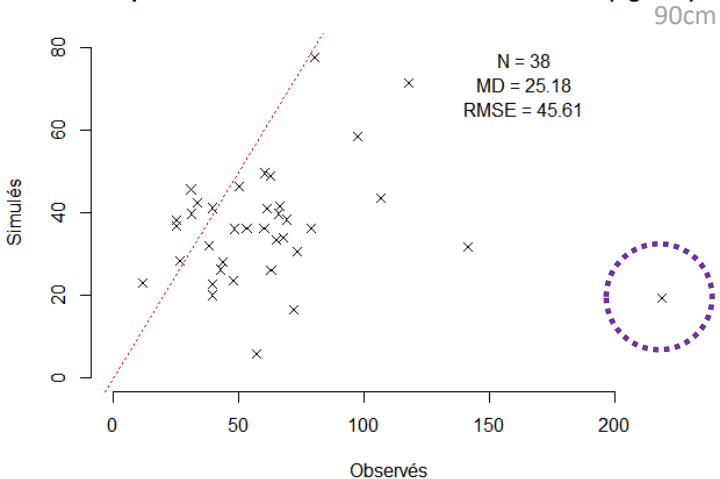
# Comparaisons simulé-observé

Comparaison simulé/observé : Azote du sol par horizon (kgN/ha)

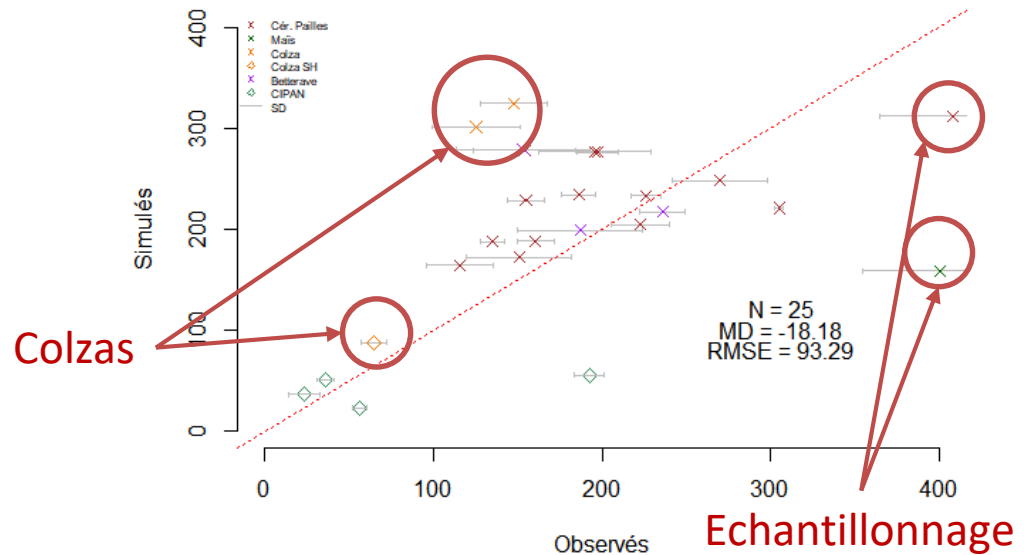


- Certains points satisfaisants **mais...**
  - **Sous-estimation des reliquats 30cm/90cm**
    - Mesures surprenantes (>150kg<sub>N</sub>/ha)
  - **Surestimation de l'azote des plantes**
    - COH Sortie-Hiver / Récolte
    - Sous-estimations liées à des problèmes d'échantillonnage
- **Légère baisse biais & RMSE** si initialisation avec un **reliquat connu**

Comparaison simulé/observé : Azote total du sol (kgN/ha)

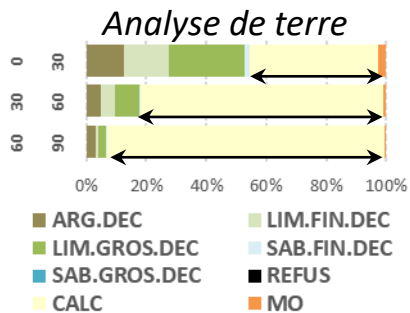
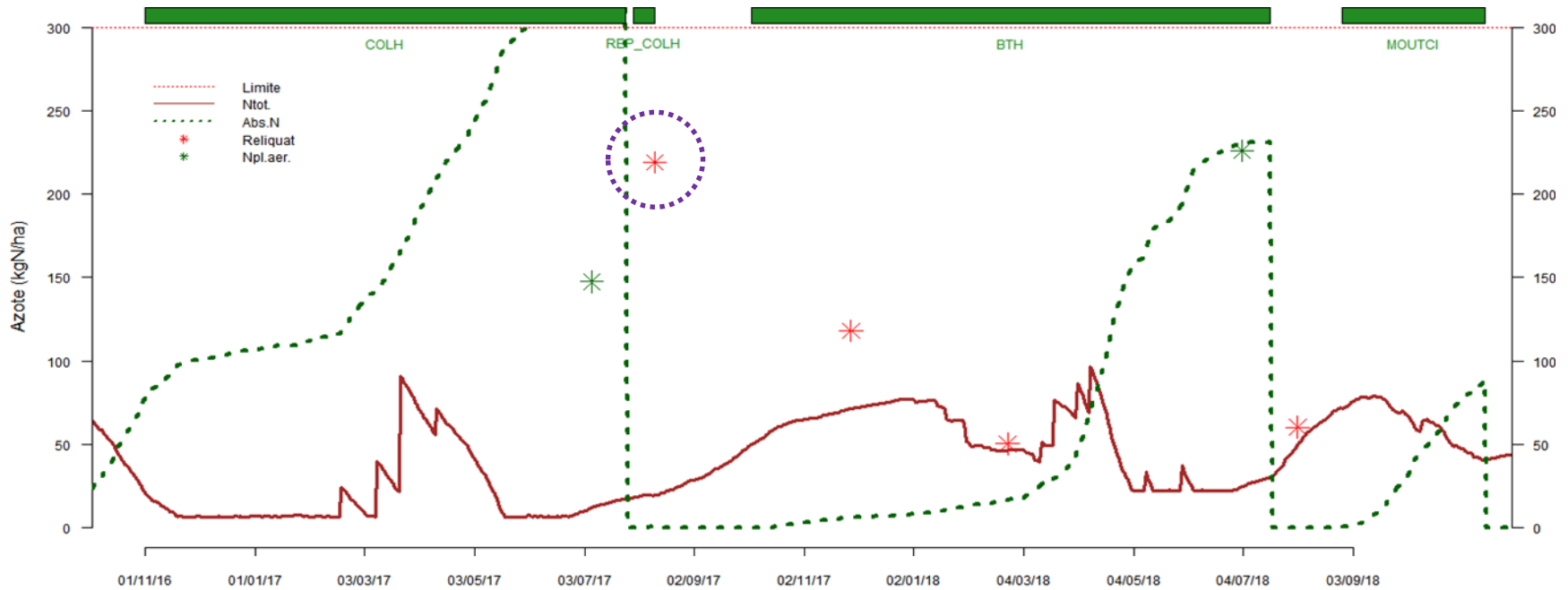


Comparaison simulé/observé : Azote des plantes (kgN/ha)





# Exemple d'une cranette sur craie en colza-blé tendre-betterave sucrière-blé tendre



- « Mauvaise » simulation 2017
  - Très forte surestimation N colza
    - Mais repousses inefficaces...
  - Sous-estimation N sol
    - Valeur surprenante non-expliquée
    - Minéralisation correcte
    - Peu de pertes (volatilisation)
    - Part simulée? Observée ?

- « Bonne » simulation 2018
  - Blé plutôt bien simulé
    - Pas de stress hydrique excessif
  - Ecart Sim.-Obs. de 4 à 11 kg<sub>N</sub>/ha sur 90cm
    - Malgré fortes pertes annuelles
      - 150U<sub>N</sub> par volatilisation/lixiviation
    - Minéralisation annuelle correcte/forte
      - 150 à 200U<sub>N</sub>
      - malgré 44% CaCO<sub>3</sub> sur 0-30cm

# Pistes de résolution des problèmes & Perspectives

- Importance de **masses de terre correctes** (Da / cailloux / profondeurs)
  - Sensibilisation des futurs utilisateurs de tout modèle
- **Problème de l'eau/azote des cailloux** contournable en sol de craie :
  - Volume des cailloux calcaires (sauf refus) inclus dans la granulométrie
  - Répartition du  $\text{CaCO}_3$  dans les 5 fractions granulométriques pour la classe de PT
- **Problèmes d'absorption** par les plantes
  - Attente des améliorations du modèle (Agro-Eco-SYST'N)
- **Calibration actuelle** :
  - Même approche partout... aller plus loin ?
- **Approches statistiques en cours** sur les observations et sorties du modèle
  - **Hiérarchisation** des variables (**Forêt aléatoire**)
  - **Corrélations** entre variables (**ACP**)
- **Valorisation/poursuite des analyses de cas types** (Analyse de sensibilité)
- Poursuivre l'**acquisition des dernières données (Hiver 2018-2019)**
- Poursuivre la **diffusion de l'outil** et son **utilisation** en région

# Améliorations et développement de Syst'N (Agro-éco-Syst'N et EcoSyst'N)

Anim. V Parnaudeau

Lucie Lefèvre Marine Bedu, Chloé Deneufbourg, Philippe  
Beunon

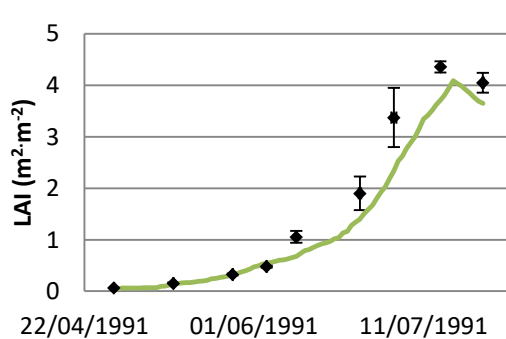
Aurélien Dupont

Virginie Parnaudeau, Pascal Dubrulle, Florian Célette

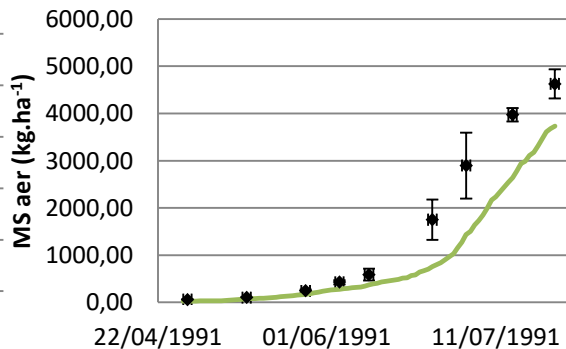
# Améliorations intégrées dans la version 1.4 (sortie prévue nov. 2018)

- Possibilité de saisie de date de floraison ou d'épiaison qui permet un calcul plus juste d'autres stades de développement
  - Amélioration de la dynamique d'absorption en fin de cycle
  - Modification du stress hydrique
  - Révision du paramétrage de cultures existantes avec de nouveaux jeux de données
- Nouvelles cultures : Luzerne, carottes, lin, chanvre

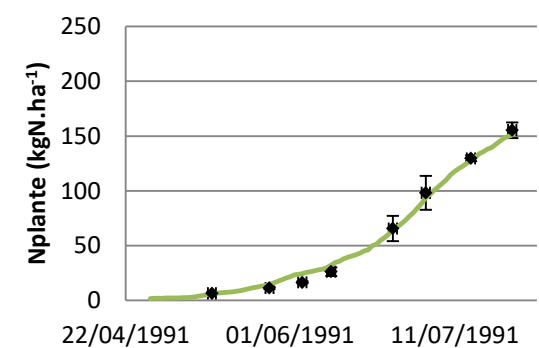
**Indice foliaire mesuré et simulé**  
semis le 11 mars 1991 - mesure A



**MS<sub>aérienne</sub> mesurée et simulée**  
semis le 11 mars 1991 - mesure A



**N<sub>plante</sub> mesuré et simulé**  
semis le 11 mars 1991 - mesure A

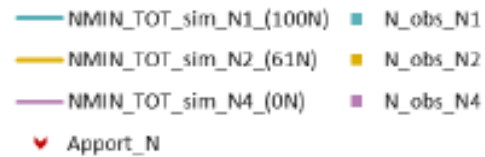
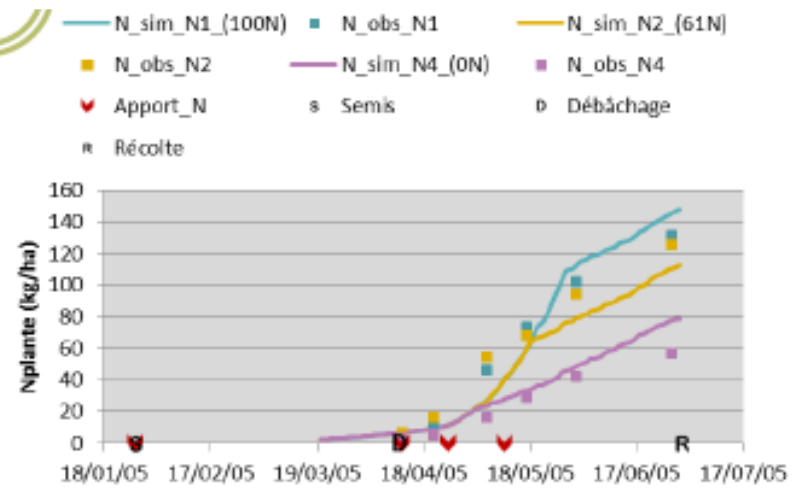
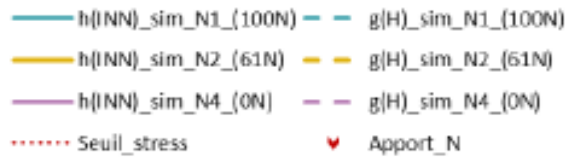
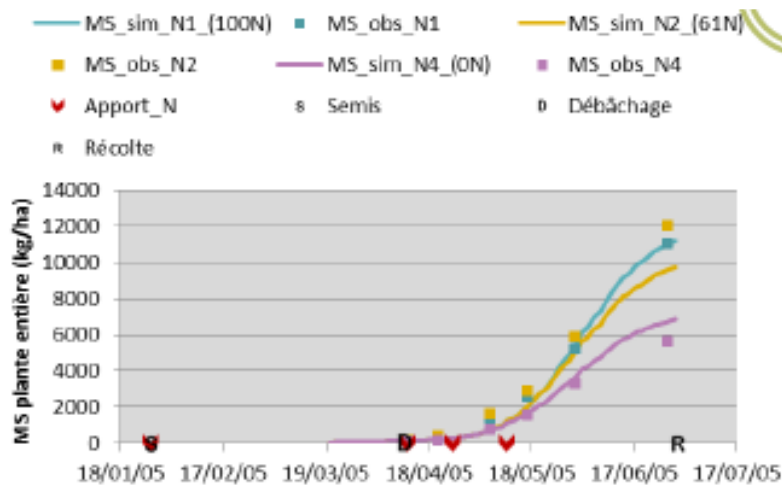


◆ mesures — LAI simulé

◆ mesures — MS aer simulée

◆ mesures — N plante simulé

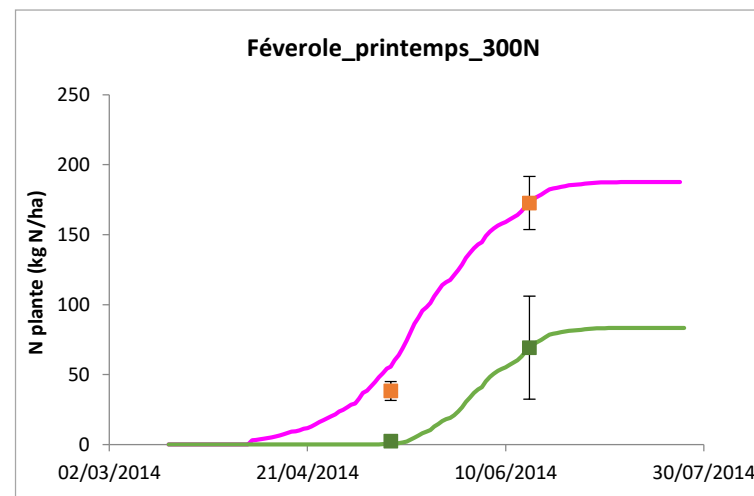
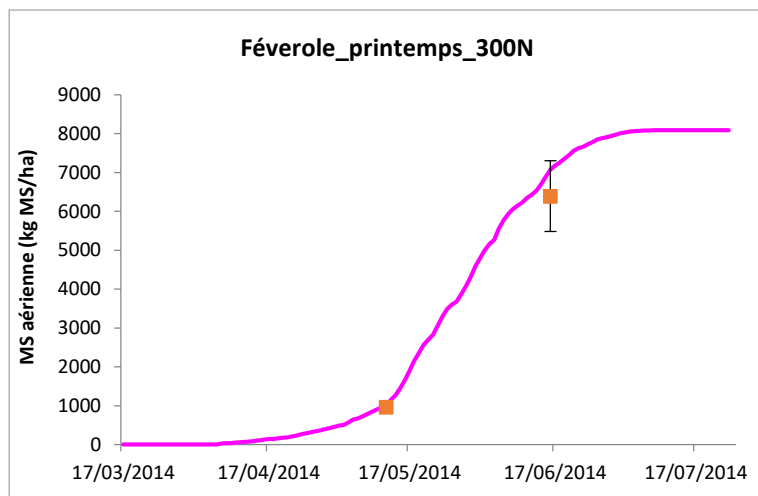
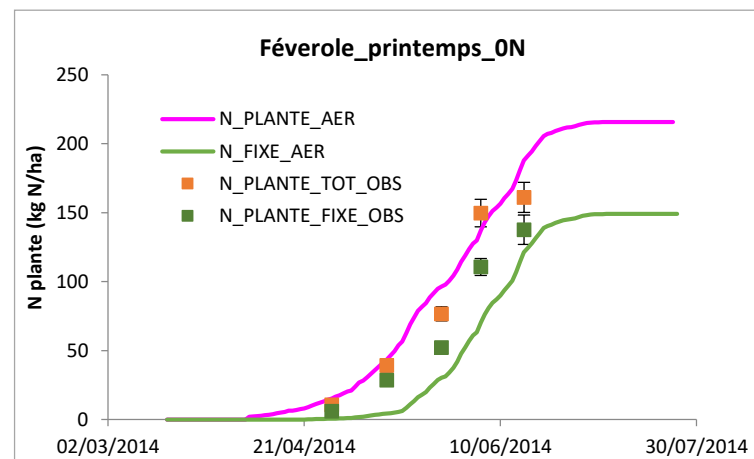
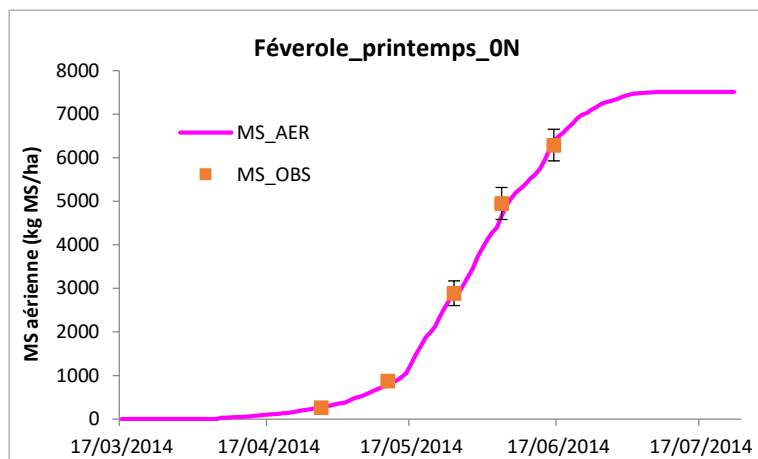
# Carotte (CTIFL – INRA)



# Développements en cours

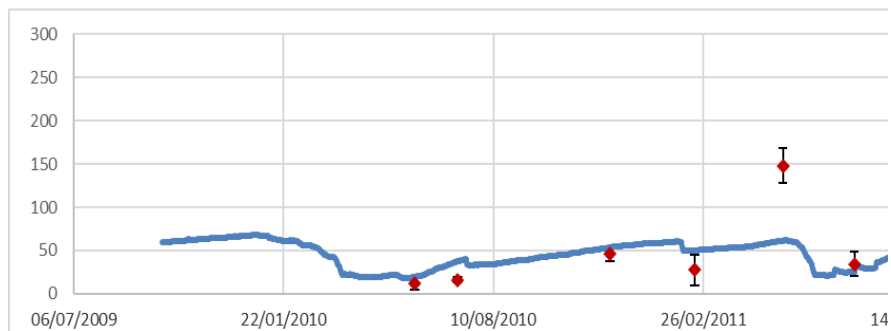
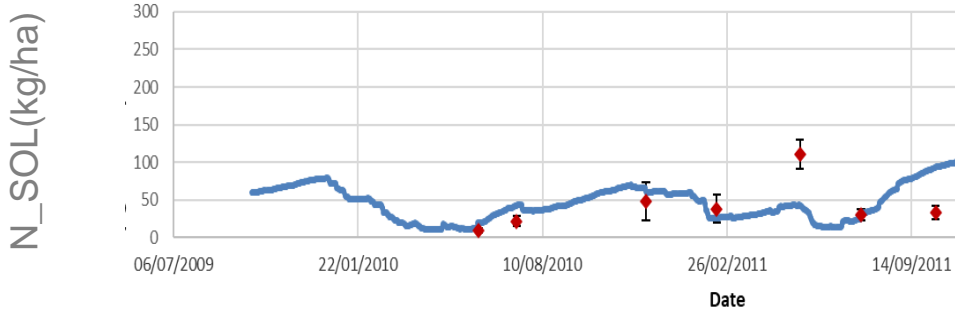
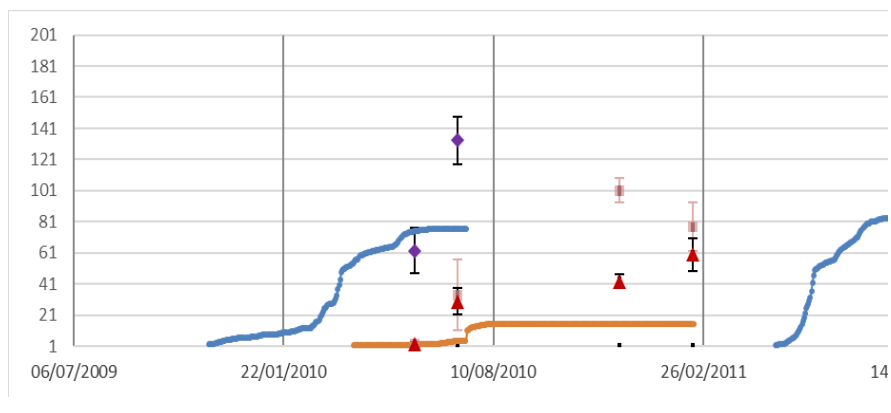
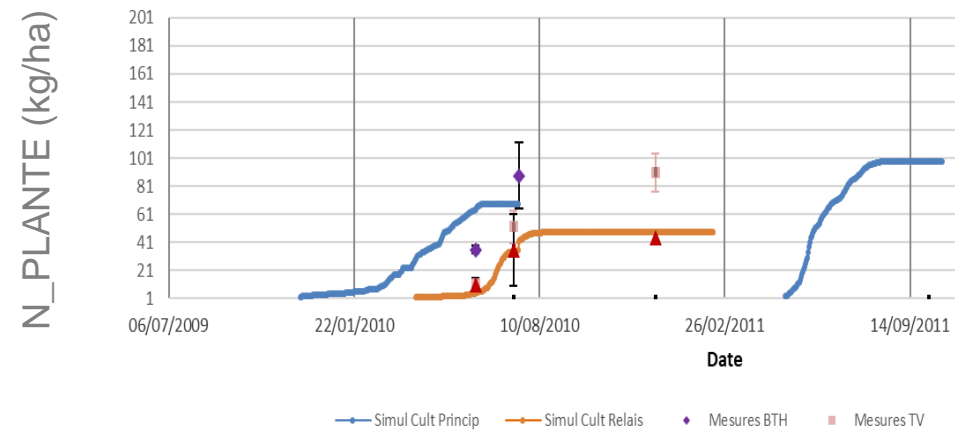
- Fusion des simulateurs « cultures pures » et « associations »
- Amélioration de la modélisation de la fixation pour intégrer plus de légumineuses (féverole et soja) – source : STICS
- Travaux sur associations culturales en cours
- Nouvelles cultures :
  - Trèfle, pommes de terre : paramétrage à tester
  - Artichaut : travaux avec la station expérimentale du CATE en cours
  - Phacélie, sarrasin : peu/pas de données ni de littérature scientifique (modèles)

# Féverole (essai INRA Dijon – projet LEGITIMES)



Le paramétrage doit encore être validé sur d'autres jeux de données !

# Association blé-luzerne/TV en relai (ISARA - INRA)



Asso blé-luz (TV), 2009  
(Alex)

Asso blé-luz (TV), 2009  
(Beausseblant)



## Agro-éco-Syst’N

Volet 2.2 : Diagnostic pluriannuel des pertes (avec Syst’N<sup>®</sup>)  
sur des cas d’étude variés pour identifier des systèmes de  
culture à hautes performances azotées (HPN)

Anim. R Reau (INRA) et C Legall (Terres Inovia)

# Objectifs

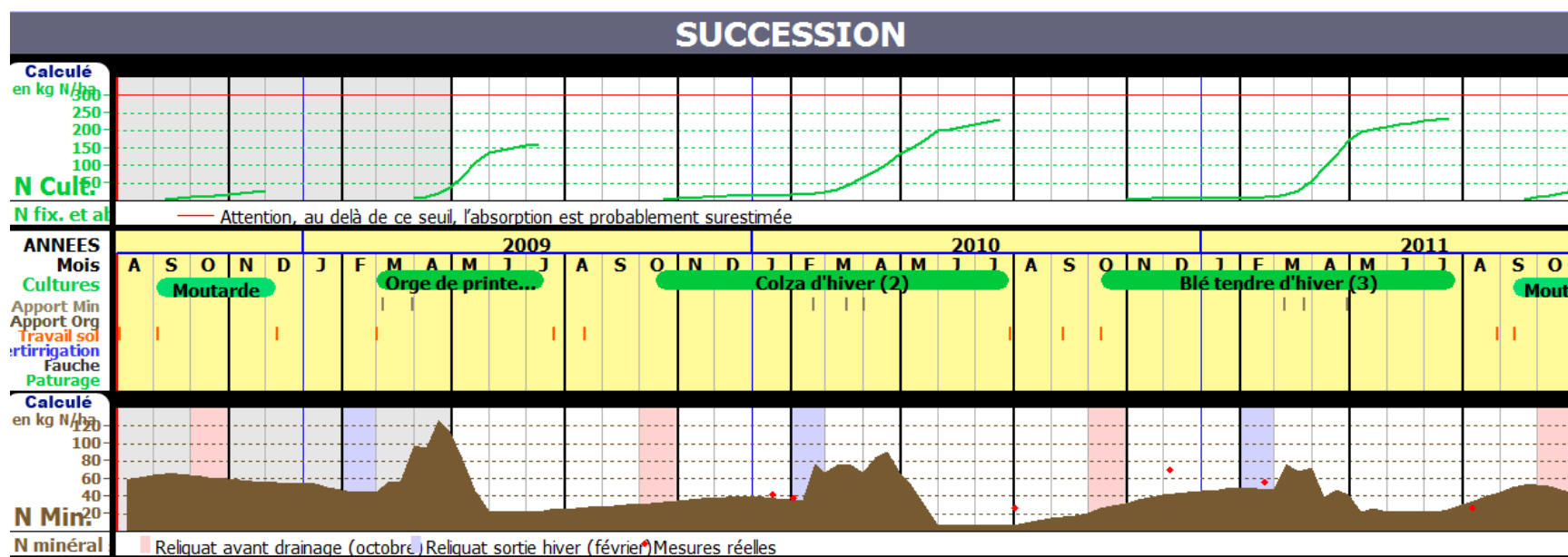
- Mise au point de la méthode/démarche de diagnostic ; description des étapes et des points-clé
- Mise en œuvre du diagnostic sur les différents « cas d'étude » par les partenaires concernés
- Analyse des résultats du diagnostic et propositions de systèmes HPN

Cas d'étude :

Partenaire	Membres de l'équipe-projet	Systemes
ITB	Rémy Duval, Paul TAUVEL	Prototypes SYPRE
Terres Inovia	Cécile Le Gall ; Anne Schneider ; Gilles Sauzet	SI légumineuses
CTIFL	Christiane Raynal, Elise Vaud, Chloé Deneufbourg	Légumes NA
Caté CRAB St Pol	Michel Le Roux, Marie Uguen	Légumes plein champ
Terres d'Essais	Maxime Davy, Guillaume Rostoll	Légumes bio
CRAB - Cultures	Anne Guézengar, Mariana Moreira	Polycult-élevégage
La Saussaye	Lucille Guillomo, Matthieu le Bras	GC bas intrants / bio
ISARA	Florian Celette, JF Vian	GC bio

# Exemple des simulations du lycée de la Saussaye (28)

- Etablissement des objectifs à atteindre, en termes de pertes d’N et autres
- Test de Syst’N sur des sorties intermédiaires et ajustement de paramètres si nécessaire



# Bilan des pertes à l'échelle du système de culture

## La Saussaye (28)

S1pratique2013 Bilan Rotation Succession Mesures N2O Mesures NH3 Mesures NO3

Cet écran met en regard un calcul simple (bilan entrée-sortie) et les pertes d'azote calculées par simulation ou mesurées.

Rotation	Rendement	Ferti. Min. (kg N/ha)	Ferti. Orga. (kg N/ha)	CIPAN (précède la culture)
Colza d'hiver(COLH)	39.0 q/ha	180	0	
Blé tendre d'hiver(BTH)	93.0 q/ha	170	0	Repousses colza(REP_COLH)
Orge de printemps(ORP)	75.0 q/ha	90	0	Moutarde(MOUTCI)
Pois protéagineux de printemps(POIP)	48.0 q/ha	0	0	Ray Grass(RGCI)
Blé dur d'hiver(BDH)	74.0 q/ha	200	0	

**ENTREES N (kg N/ha/an)**

Fertilisation minérale \*

Fertilisation organique \*

Fixation d'azote

**Solde Azote Apport-Export\***  
(kg N/ha/an)

**Variation du stock d'azote total dans le sol\***  
(kg N/ha/an)

**Minéralisation de l'azote du sol et des résidus de culture**  
(kg N/ha/an)

**Concentration moyenne en NO3 sous le profil**  
(mgNO3/L)

**SORTIES N (kg N/ha/an)**

Exportation par les récoltes \*

Résidus de R., pailles exportées \*

Absorption par les cultures principales

Absorption par les cultures intermédiaires

\* Ces valeurs sont directement calculées à partir des informations entrées par l'utilisateur et des coefficients du CORPEN.

**Pertes d'azote moyennes annuelles (kg N/ha/an)**

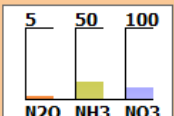
Calculé

Protoxyde d'azote (N2O)   
soit 61.1 kg éq. CO2 \*

Ammoniac (NH3)

Nitrate (NO3) lessivé

Nitrate (NO3) ruisselé



\* 1kg N2O = 265kg éq. CO2 (Source: IPCC, 2013)

Lame drainante annuelle (mm d'eau/an)

## **Agro-éco-Syst’N**

### **Action 3 : Apprentissage et appropriation du diagnostic des pertes d’azote pour faire émerger des systèmes de culture HPN**

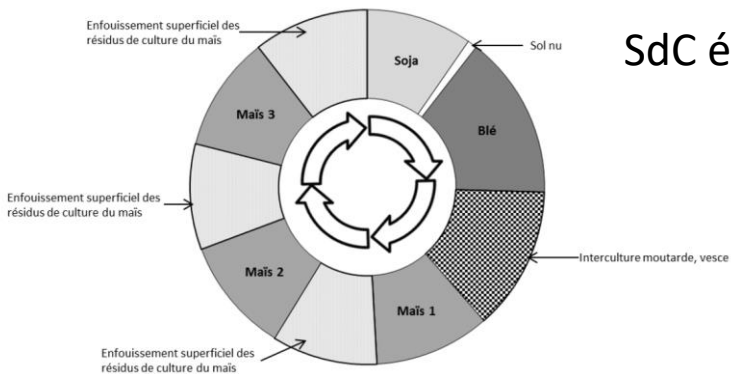
Anim. JF Vian (ISARA) et M Heurtaux (ACTA)

# Objectifs

## Favoriser le développement d'une activité de diagnostic des pertes d'azote

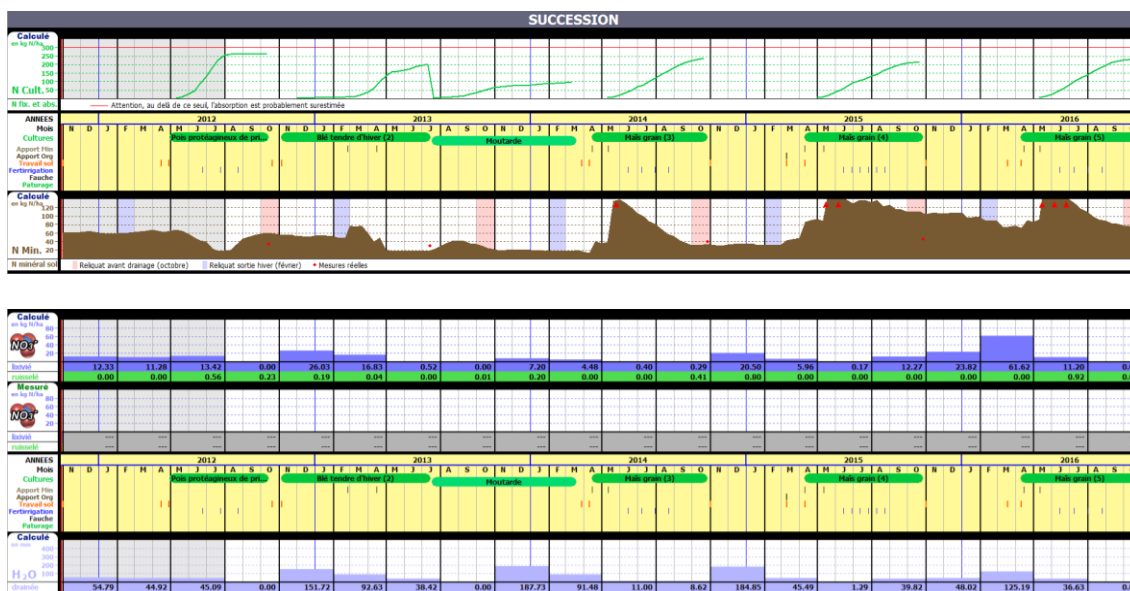
- Elaboration d'un guide pratique décrivant la méthode de diagnostic des pertes azotées : quelles informations du SdC sont essentielles, quelles sorties et paramètres considérés pour diagnostiquer les pertes et les facteurs expliquant ces pertes et savoir repérer les périodes clefs de ces pertes ?
- Elaboration de supports pédagogiques pour la formation initiale et continue basés sur l'outil Syst'N et les cas types élaborés au cours du projet:
  - Réactualisation des cas-type Syst'N – avoir des cas-types pour un maximum de régions agricoles?
  - Création de cas-type issus du projet sur des SdC à « haute performance azotée » (contexte pédoclimatique et type de production variés)
  - Utilisation de ces cas-type pour:
    - Des étudiants en formation (ex. TD gestion de fertilisation azotée, cycle ingénieur)
    - Des agriculteurs et/ou conseillers pour animation de groupe, co-conception, formation

# Volet 3.2 – tâche 3.2.1 : Exemple de déroulé TD école d'ingénieur



SdC étudié: système céréalier dominance cultures de printemps

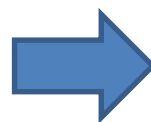
## Simulation Syst'N et repérage des périodes clés des pertes NO3-



Meilleure compréhension des dynamiques absorption N et lixiviation



Proposition de pratiques permettant de réduire les pertes: couverts / fractionnement / ordre dans la succession / dates de semis....



Nouvelle(s) simulation(s) et discussion efficacité et limites des leviers mobilisables

# EcoSyst'N

Sous-action 2 : construction et analyse de démarches de gestion dynamique sur deux opérations pilotes

Anim. R Reau, C Ferrane (INRA)



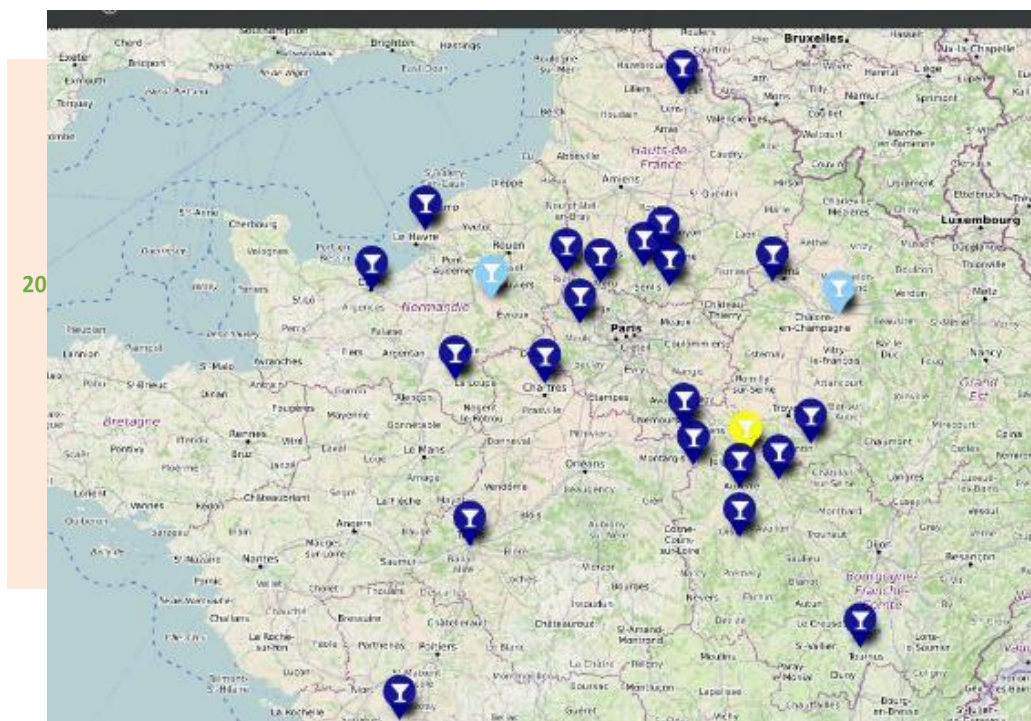
# Objectifs de l'action EcoSyst'N

Equiper les animateurs territoriaux pour la gestion des programmes d'action dans les captages, par :

1. Le développement d'une nouvelle version d'un outil de diagnostic des pertes N dans les systèmes de culture (Syst'N®)
2. **La conception d'une démarche de gestion participative et dynamique de ces programmes, avec les animateurs locaux et les agriculteurs**

# Construction et analyse de démarches de gestion dynamique

- **Conception, test et mise en œuvre d'une démarche de gestion dynamique d'AAC à l'aide d'un tableau de bord et d'un observatoire associé (observations couverts, et mesures N plante et sol au champ), dans 2 AAC pilotes, en collaboration avec les animateurs de ces AAC.**
- Une plaquette de **présentation de la démarche a été diffusée** dans les réseaux existants (AFB, APCA, site aires-captages...).
- Un **second cercle d'animateur·trice·s d'une vingtaine d'AAC à enjeu nitrate** a été constitué : un 1<sup>er</sup> atelier a eu lieu en mars 2018 (suite projet).
- Dépôt de l'invention de la méthode de gestion dynamique (tableau de bord + observatoire) : **Transit'Eau** (juin 2017).



# Perspectives

- Suite EcoSyst'N : poursuite d'un volet dans le cadre de la Cellule Captages AFB-INRA : informatisation du « guide de recalage des simulations »
- Poursuite du projet Agro-éco-Syst'N sur les différentes actions
- Test de la V1.4 par les usagers
- Faire vivre le groupe des usagers (2 réunions 15-20 pers./an)

Merci de votre attention