

Colloque de restitution du projet Agro-éco-Syst'N

Des systèmes agroécologiques à hautes performances azotées
par le diagnostic des pertes avec l'outil Syst'N®

27 novembre 2020

 **Bienvenue ! La visioconférence commencera à 10h00** 

 En attendant l'heure fixe :

- **Vérifiez** que vous êtes bien identifié(e) dans la liste des participants avec vos nom, prénom et organisme (à faire avant de se connecter à la réunion)
- **Coupez** votre caméra et votre micro pour libérer le débit et éviter les bruits parasites
- **Si possible, branchez et configurez** un casque avec microphone pour limiter l'écho
- Si vous le souhaitez, vous pouvez télécharger le diaporama (lien dans le *chat*)

Merci et à tout de suite !



Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Colloque de restitution du projet Agro-éco-Syst'N

Des systèmes agroécologiques à hautes performances azotées par le diagnostic des pertes avec l'outil Syst'N®

Visioconférence, 27 novembre 2020

Un projet du RMT Fertilisation
& Environnement, soutenu par :



Pour le bon déroulement de la journée, merci de bien vouloir...

- S'identifier dans la liste des participants avec ses nom, prénom et organisme
- Dans la mesure du possible, utiliser un casque avec microphone

Micro et caméra :

- **Les couper** pour éviter les bruits parasites et améliorer le débit
- **Les maintenir désactivés pendant toute la durée de la visioconférence, ne les activer que si un animateur vous demande de prendre la parole**

Pour participer :

- Pendant les interventions, poser ses questions **par écrit uniquement** dans la « **conversation** »
- **Préciser votre positionnement** (conseiller agricole, animateur de bassin, chercheur, enseignant...)
- Les animateurs poseront ensuite vos questions oralement aux intervenants



Cliquez dans le diaporama pour faire disparaître la barre d'outils !



😊 **MERCI !**

Programme de la journée

Matinée : 10h – 12h15

- Session 1 : **introduction**
- Session 2 : **évaluation des pertes d'azotes**

Après-midi : 14h – 16h15

- Session 3 : **diagnostic des pertes d'azote**
- Session 4 : **valorisation des résultats**
- Conclusions et clôture

Programme de la matinée (10h – 12h15)

• Session 1 : introduction

- ♣ Un projet collaboratif pour identifier des systèmes à faibles pertes d'azote
- ♣ Qu'est-ce qu'un système à Hautes Performances Azotées (HPN) ?

• Session 2 : évaluation des pertes d'azote

- ♣ Comment évaluer les pertes d'azote dans les champs cultivés ?
- ♣ Syst'N®, un outil pour connaître les pertes d'azote à l'échelle pluriannuelle des systèmes de culture
- ♣ Evaluation de la plateforme Syppre en Champagne
- ♣ Déterminants de la haute performance azotée



M Heurtaux, Acta



JF Vian, Isara



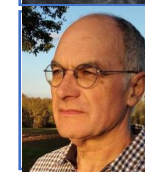
V Parnaudeau, INRAE



M Bedu, INRAE/Acta



P Tauvel, ITB



R Reau, INRAE

Programme de l'après-midi (14h – 16h15)

• Session 3 : diagnostic des pertes d'azote

- ♣ Comment diagnostiquer les causes des pertes d'azote ?
- ♣ Contribution de l'outil Syst'N® au diagnostic
- ♣ La démarche de diagnostic mise en œuvre au Lycée de la Saussaye

• Session 4 : valorisation des résultats

- ♣ Des ressources pour le conseil, la formation et/ou l'enseignement
- ♣ Témoignages et expériences pratiques
- ♣ PERTAZOTE, un panorama des résultats obtenus en expérimentations au champ ou estimées avec Syst'N®

• Conclusions et clôture



C Le Gall, Terres Inovia



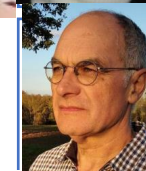
L Guillomo et M Thirard,
ferme de La Saussaye



JF Vian, Isara



A Guézengar, CRAB
et C Leclercq, UniLaSalle



R Reau, INRAE



V Parnaudeau, INRAE

Un projet collaboratif pour identifier des systèmes à faibles pertes d'azote



Mathilde Heurtaux
Acta



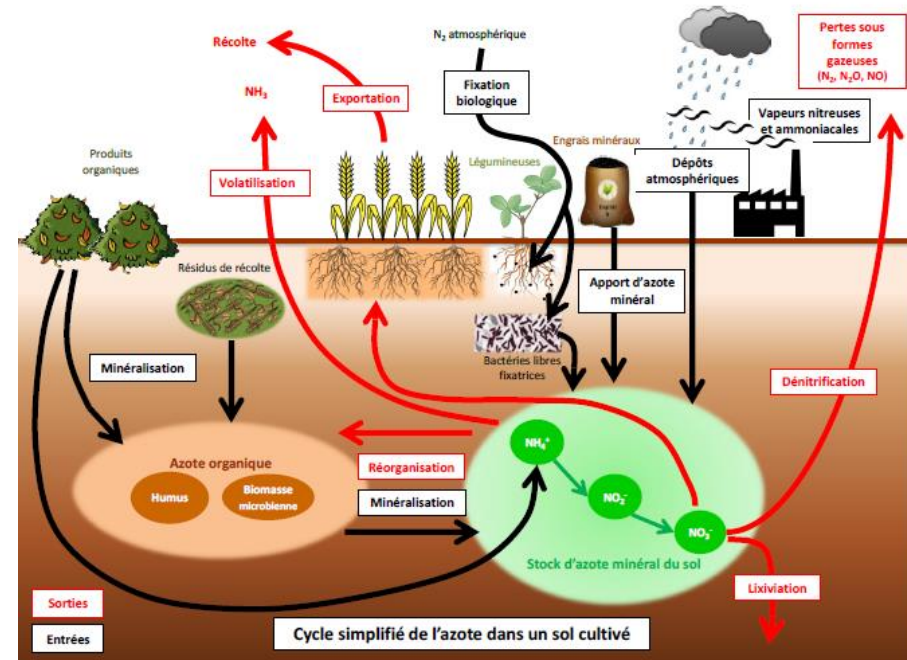
Virginie Parnaudeau
INRAE

Contexte et cadrage

Un projet du RMT Fertilisation & Environnement, qui vise l'identification de **systèmes de culture performants vis-à-vis de l'azote**.

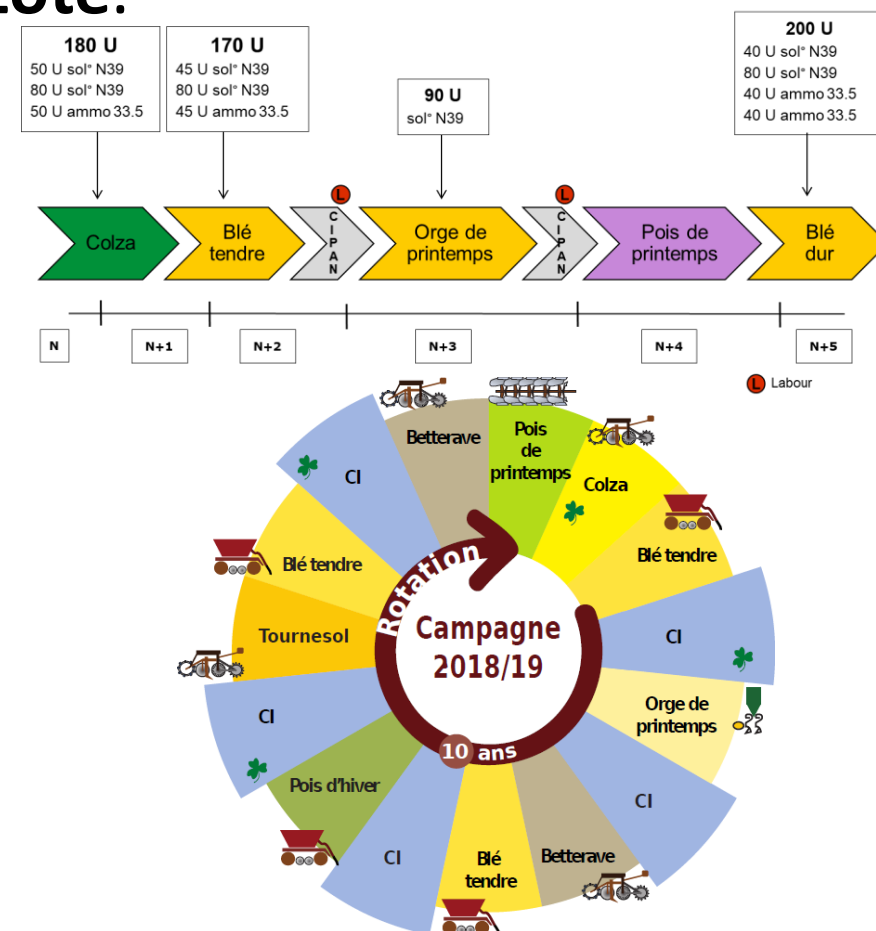
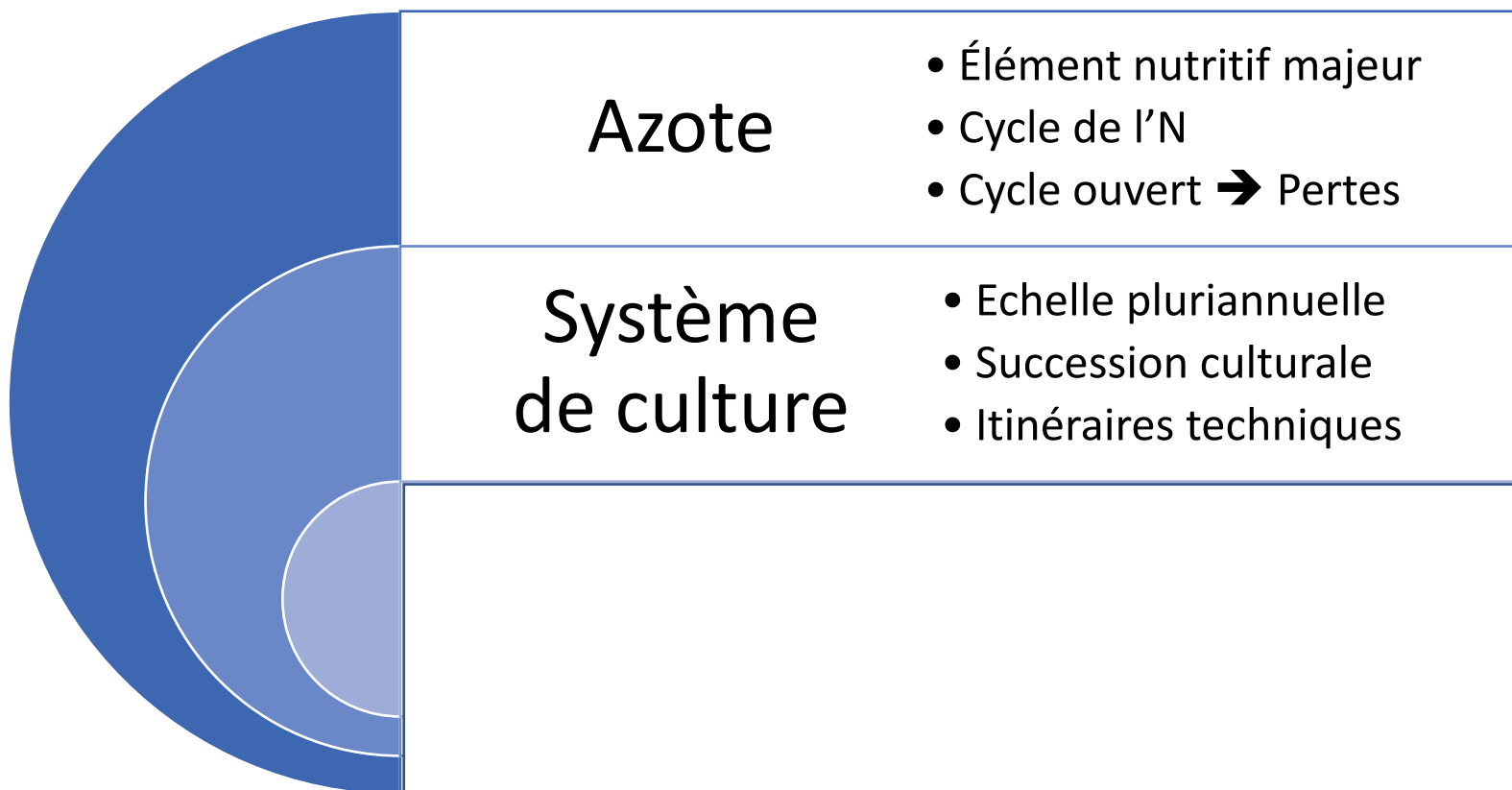
Azote

- Élément nutritif majeur
- Cycle de l'N
- Cycle ouvert → Pertes



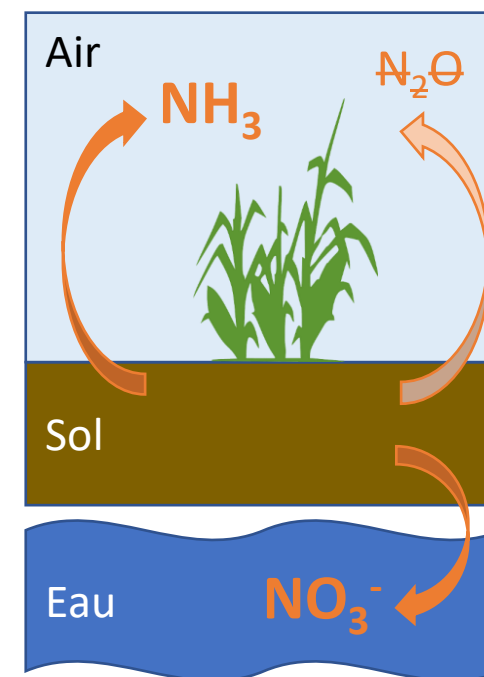
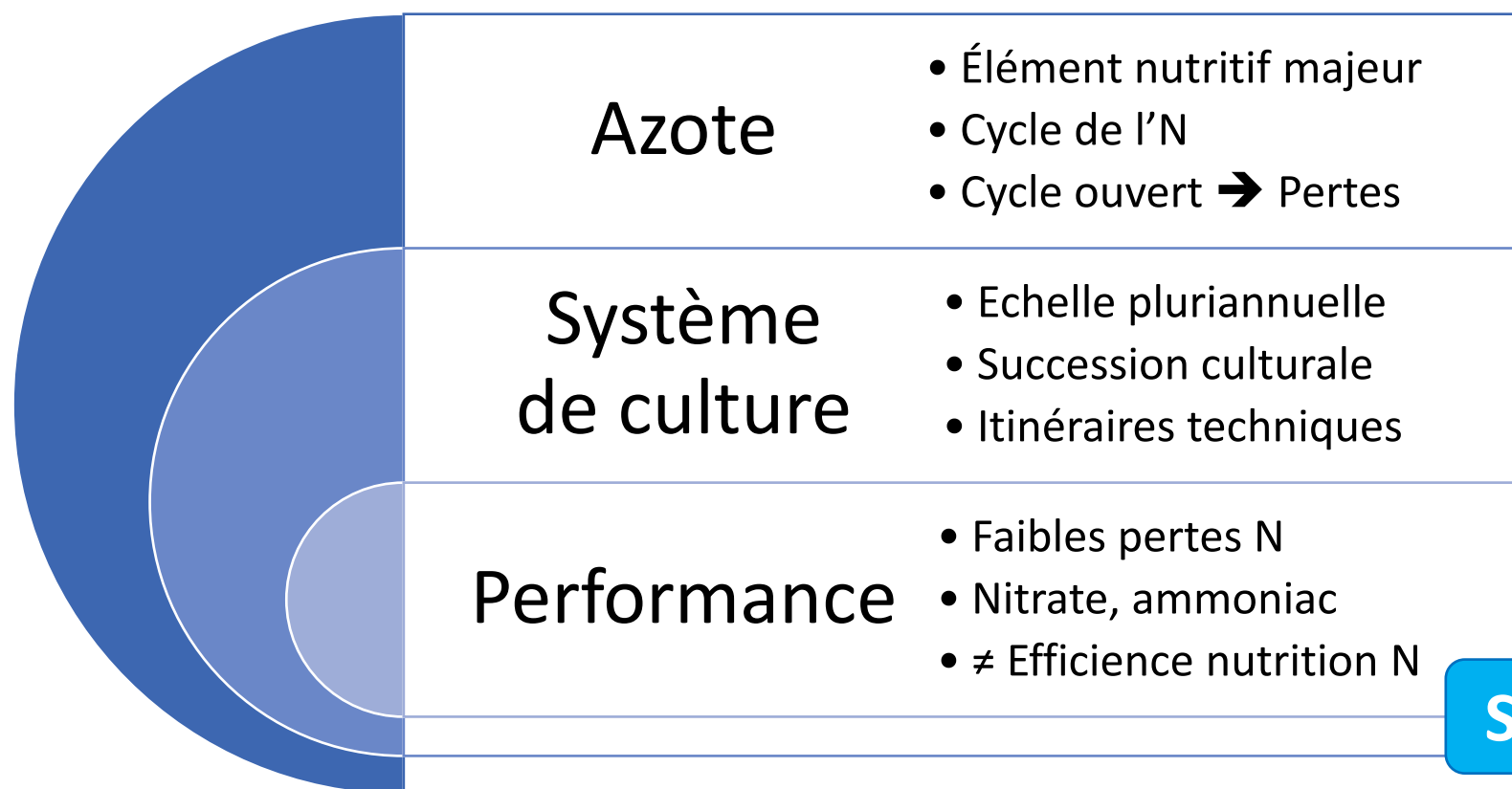
Contexte et cadrage

Un projet du RMT Fertilisation & Environnement, qui vise l'identification de **systèmes de culture performants vis-à-vis de l'azote.**



Contexte et cadrage

Un projet du RMT Fertilisation & Environnement, qui vise l'identification de **systèmes de culture performants vis-à-vis de l'azote**.



Session 1

Comment limiter l'impact sur l'environnement de la gestion de l'azote dans les systèmes ?

Quoi ?

- **Connaître la nature des pertes :**

- de nitrate dans l'eau
- d'ammoniac dans l'air

Combien ?

- **Pouvoir mesurer ou estimer ces pertes :**

- Parcelles équipées d'instruments de mesure (bougies poreuses, lysimètres, badges alpha, chambres)
- Outils de simulation : ex.  Syst'N

Pourquoi et comment ?

- **Identifier les causes** de ces pertes
- **Identifier des leviers d'action**



À l'échelle pluriannuelle du système de culture :

➔ **Notion d'évaluation**

Session 2

➔ **Notion de diagnostic**

Session 3

Un projet articulé autour de 3 actions

Action 1 : Pilotage et coordination

Action 2 : Identification de systèmes à Hautes Performances Azotées à l'aide de l'outil Syst'N® et du diagnostic pluriannuel au champ de systèmes de culture variés

Volet 2.1 : Amélioration et adaptation de Syst'N

Syst'N initial
v.1.3

v.1.3.1

Adaptations et
améliorations

v.1.4



Syst'N
v.1.5

Besoins
d'adaptation
de Syst'N

Utilisation des versions de Syst'N
pour évaluer les pertes N
et réaliser le diagnostic

Volet 2.2 : Diagnostic pluriannuel des performances N au champ selon différentes façons de produire

Guides

Références
systèmes HPN

Nouvelle version
de Syst'N (v.1.5)

Action 3 : Apprentissage et appropriation du diagnostic des pertes N pour contribuer à des systèmes à HPN

Base de données
PERTAZOTE

Supports pédagogiques

Actions de formation
et de conseil

Session 4

Un partenariat sur 4 ans : 2017-2020

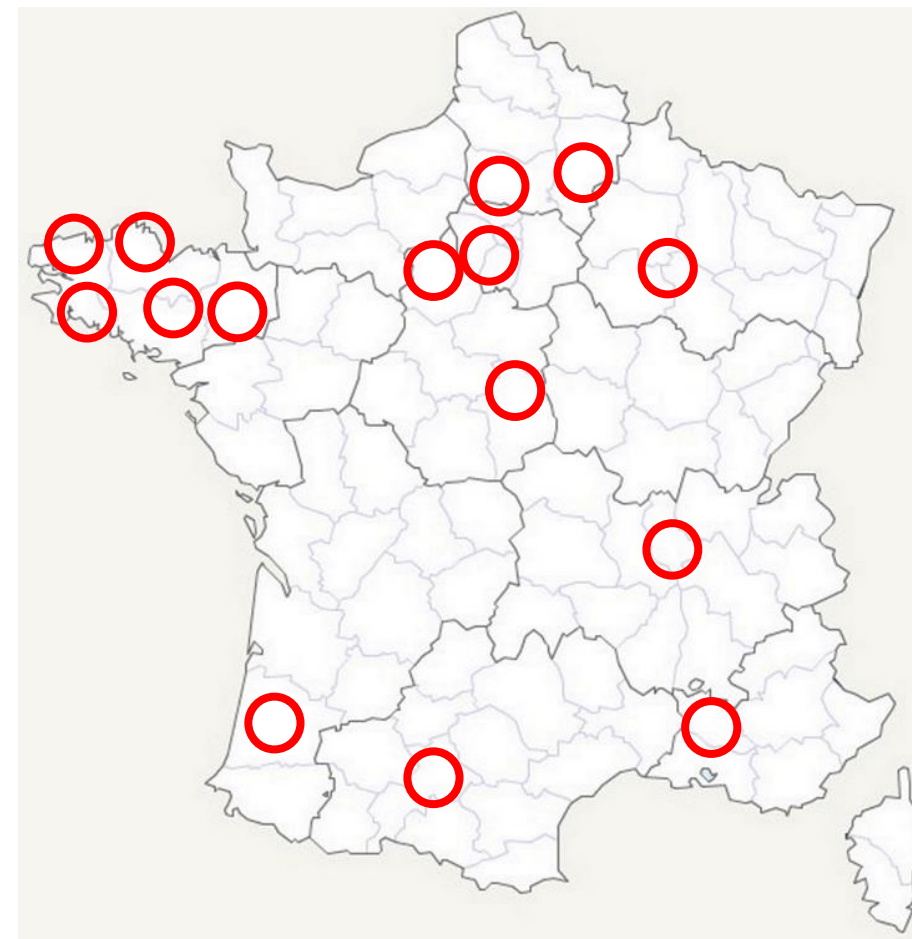
13 organismes partenaires, une 30^{aine} de personnes ont contribué

- ♣ 1 institut de Recherche
- ♣ 6 Instituts techniques agricoles et stations d'essai
- ♣ 1 Chambre régionale d'agriculture
- ♣ 2 établissements d'Enseignement supérieur
- ♣ 3 établissements d'Enseignement technique agricole



Équipes et moyens mobilisés

- Informaticiens et agronomes des équipes Syst'N (INRAE)
- Parcelles d'essais/expé
 - ♣ Stations Caté, Terre d'essais
 - ♣ Plateformes SYPPRE
 - ♣ Ferme de lycée agricole
 - ♣ Parcelles d'agriculteurs
- Enseignants, formateurs, conseillers
 - ♣ De chambre d'agriculture
 - ♣ De lycées agricoles
 - ♣ D'écoles d'ingénieur



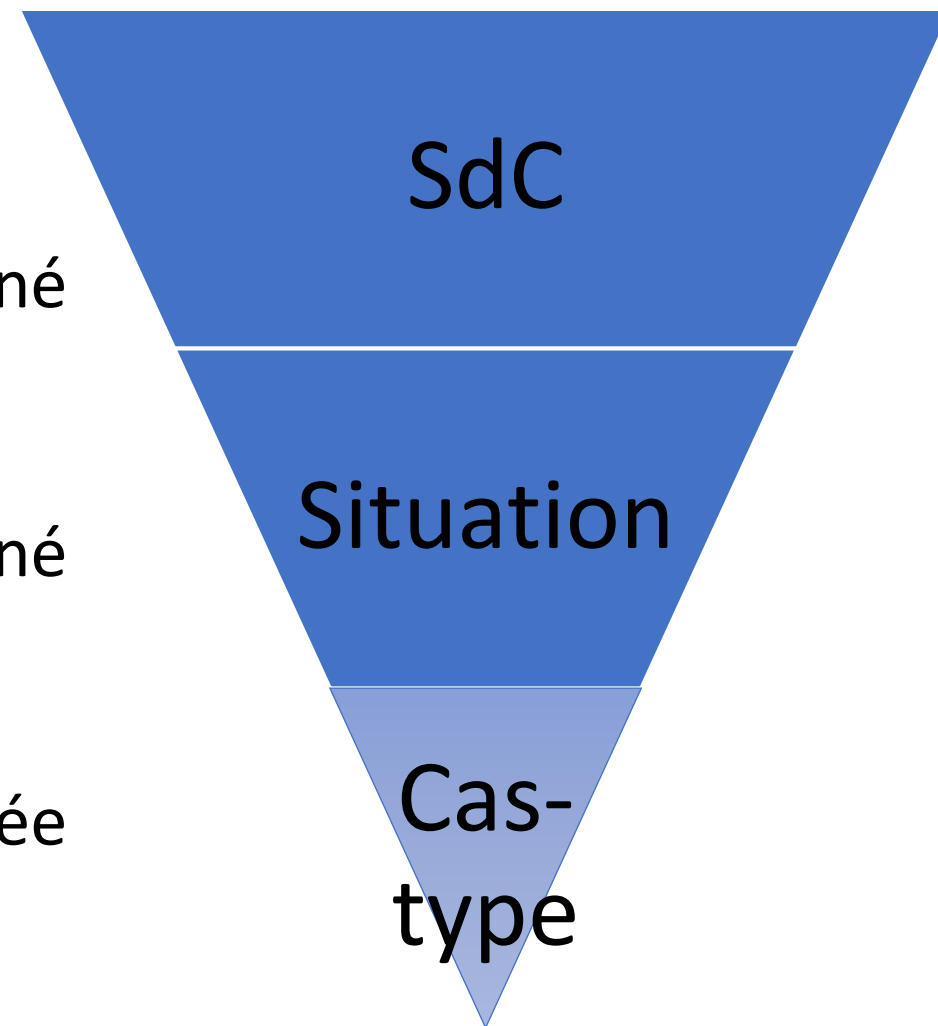
Les productions du projet

- Version améliorée et enrichie de Syst'N® : v.1.5
- Version améliorée de PERTAZOTE
- Guide méthodologique du diagnostic des pertes d'azote
- Guide de la gestion de l'azote pour des systèmes à hautes performances azotées
- Une vingtaine de monographies et cas-types, et des références
- Guide d'utilisation des cas-types à des fins pédagogiques
- Séances de formation et de conseil, ressources pédagogiques de type TD



Définitions préalables

- **Système de culture**
= une succession culturale
assortie d'un itinéraire technique donné
- **Situation**
= un système de culture
dans un pédoclimat donné
- **Cas-type**
= une situation
étudiée dans une série climatique donnée



Qu'est-ce qu'un système à Hautes Performances Azotées (HPN) ?



Jean-François Vian

Isara

Qu'est-ce qu'un système HPN?

Un système de culture à faibles pertes d'azote vers l'environnement

- ♣ Faibles pertes d'azote par lixiviation du nitrate (NO_3^-)
- ♣ Faibles pertes d'azote par volatilisation de l'ammoniac (NH_3)
- ♣ Faibles pertes d'azote par dénitrification du protoxyde d'azote (N_2O)
- Dans le cadre de ce projet nous avons étudié uniquement les pertes d'azote par **lixiviation** et **volatilisation**
- Le N_2O : un enjeu environnemental important = gaz à effet de serre
- **Pas d'analyse** de:
 - ♣ L'efficience d'utilisation des matières fertilisantes
 - ♣ Des performances de production
 - ♣ Discussion sur ces autres dimensions de la performance des systèmes étudiés dans le projet

Pourquoi rechercher des systèmes HPN?

- Des enjeux environnementaux
 - ♣ Qualité de l'eau (NO_3^-) et de l'air (NH_3 , NO_x)
 - ♣ Aggravation du changement climatique (N_2O)
- Des enjeux économiques: poste de charge important dans les exploitations
- Des enjeux productifs: quantité et qualité des productions

Combiner des objectifs de production, de maîtrise des émissions vers l'environnement et de gestion durable des ressources non-renouvelables

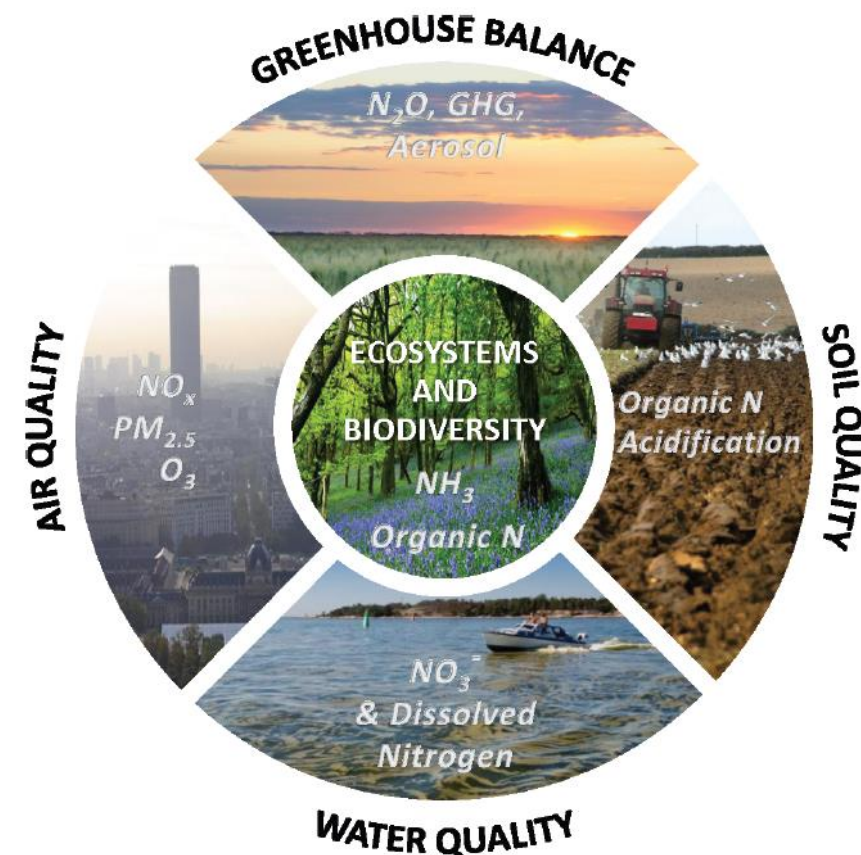


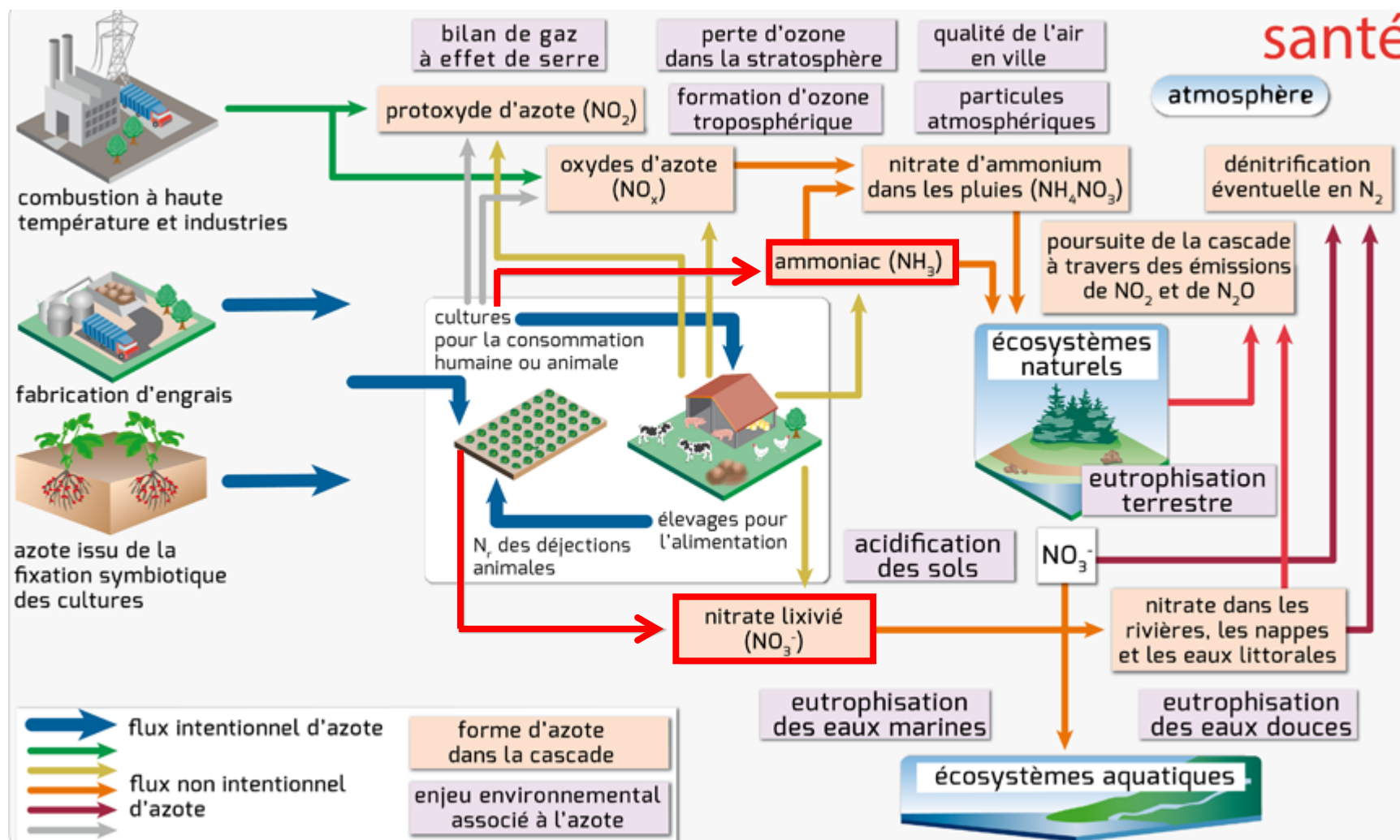
Figure SPM.7 Summary of the five key societal threats of excess reactive nitrogen, drawn in analogy to the 'elements' of classical Greek cosmology. The main chemical forms associated with each threat are shown [5.4].
Photo sources: Shutterstock.com and garysmithphotography.co.uk.

Sutton *et al.*, 2011 (extrait ENA)

Pourquoi rechercher des systèmes HPN?

Des enjeux globaux liés à l'azote

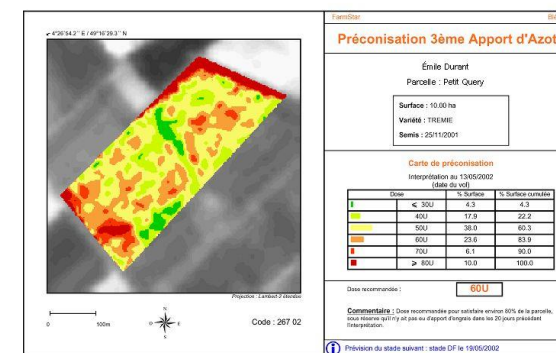
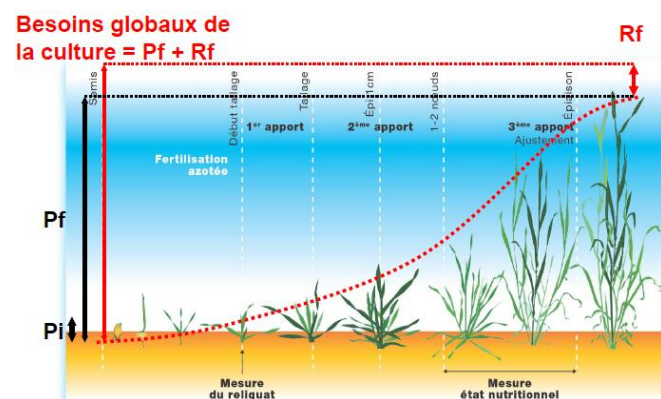
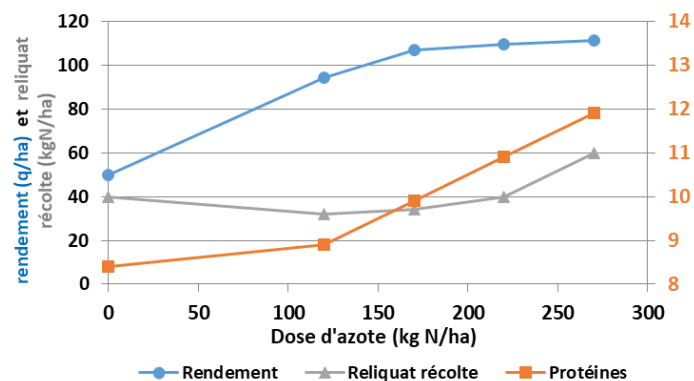
Un projet centré sur les pertes de nitrates et d'ammoniac du champ cultivé



Educagri éditions 2016, d'après Galloway *et al.*, (2003), Sutton *et al.*, (2011) et Cellier (2011)

Les approches couramment mobilisées pour répondre à ces enjeux

- Souvent centrées sur la maîtrise de l'alimentation azotée des cultures:
 - ♣ Atteindre un objectif de production (lien entre quantité apportées et biomasse produite)
 - ♣ Échelle parcellaire annuelle
 - ♣ Raisonnement des bonnes pratiques de gestion des matières fertilisantes
 - ♣ Optimiser les apports: répartition spatiale et temporelle des apports (bilan de masse, pilotage tactique des apports, gestion spatialisée des apports...)
 - ♣ D'importantes marges de progrès subsistent encore à cette échelle (NH_3 , N_2O , ...)



Nécessité d'intégrer les effets des systèmes de culture sur les dynamiques d'azote

- Des dynamiques influencées par l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre dans un système de culture
- Des effets cumulatifs à moyen et long terme importants:
 - ♣ Type et fréquence des couverts végétaux
 - ♣ Fréquence, quantité et types de matières organiques apportées
 - ♣ Place des légumineuses et des prairies temporaires dans la rotation
 - ♣ (...)
- Des compensations au cours d'une succession culturale: périodes de pertes importantes et des périodes de faibles pertes

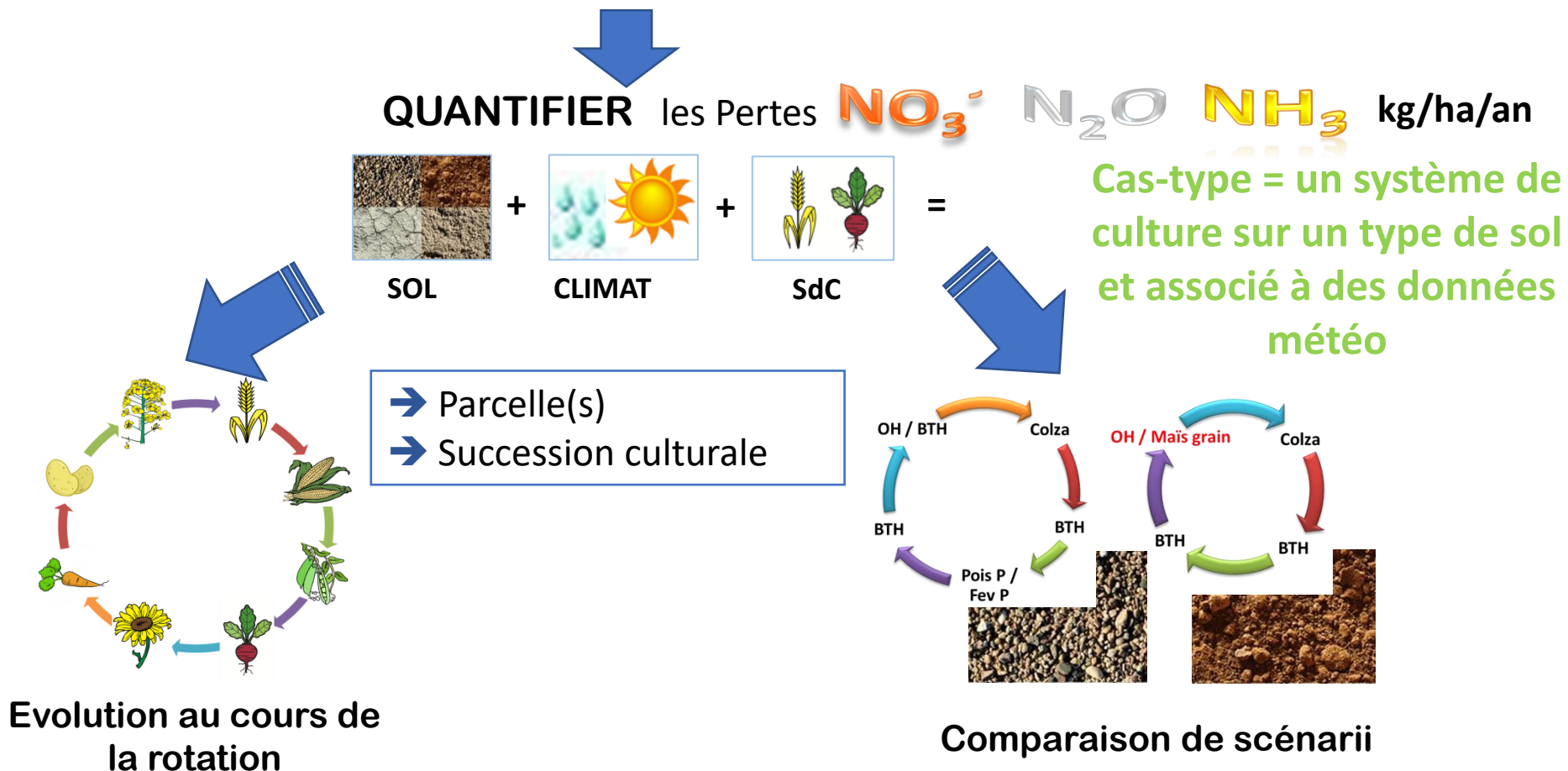
Comment évaluer les pertes d'azote d'un système de culture?

Syst'N[®]: un outil de diagnostic des pertes d'azote dans les systèmes de culture*

*Système de culture: ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles cultivées de manière identique. Chaque système est défini par:

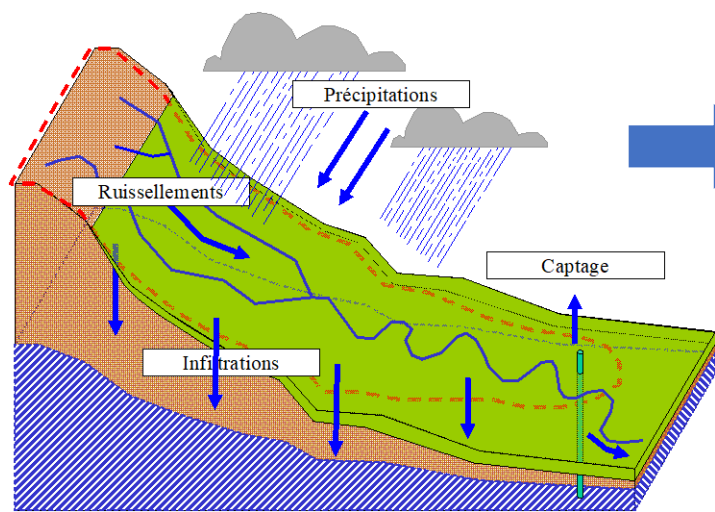
- La nature des cultures et leur ordre de succession
- Les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures

(Sébillotte, 1990)



Quels seuils de pertes pour un système HPN? Exemple du nitrate

- Un seuil réglementaire (potabilité de l'eau < 50 mgNO₃⁻/L) nécessite une approche complexe pour chaque territoire:
 - ♣ Une « approche agronomique du bassin versant »
 - ♣ Connaissances en hydrologie, vitesses de transferts et de rechargement des nappes
 - ♣ Éléments paysagers, part du bassin occupé par des forêts, prairies permanentes...



➔ Ambitions différentes selon la part des cultures/zones non cultivées et les caractéristiques hydrogéologiques

- ♣ Si SdC forte proportion = pertes faibles
- ♣ Si SdC faible proportion = on peut accepter des pertes plus importantes

Démarche pour définir les seuils de pertes dans le cadre de ce projet

- **Approche simplifiée** pour fixer des valeurs seuils de pertes: **seuils identiques pour chaque cas-type analysé**
- Approche basée sur ce que l'on souhaite obtenir demain sans faire référence aux résultats obtenus hier: **ambitions hautes** en termes de performances environnementales

Lixiviation du nitrate

- ♣ Potabilité de l'eau < 50 mgNO₃⁻/L d'eau)
- ♣ Equivaut à 11 mgN/L d'eau
- ♣ Rapporté à la lame d'eau drainante: 11 kgN/100 mm d'eau drainée

Volatilisation de l'ammoniac

- ♣ Pas de norme existante
- ♣ Pertes liées à la dose d'azote apportée (surtout ammonium et urée)
- ♣ Pertes rapportées à la dose apportée: seuils de 5 et 10%

Les seuils de performance retenus pour le projet

- Tableau de contingence à double entrée: lixiviation et volatilisation
- Seuils ambitieux!

10%

5%

Seuils de pertes		Volatilisation d'ammoniac : > 10 % des apports (kgN pour 100 kgN apportés)	Volatilisation d'ammoniac : 5 % à 10 % des apports (kgN pour 100 kgN apportés)	Volatilisation d'ammoniac : < 5 % des apports (kgN pour 100 kgN apportés)
5 kg	Lixiviation de nitrate : < 5 kgN/100 mm de lame d'eau drainante	Performance azotée partielle	Haute performance azotée (HPN)	Haute performance azotée (HPN)
	Lixiviation de nitrate : 5 à 10 kgN/100 mm de lame d'eau drainante	Basse performance azotée	Performance azotée partielle	Haute performance azotée (HPN)
10 kg	Lixiviation de nitrate : > 10 kgN/100 mm de lame d'eau drainante	Basse performance azotée	Basse performance azotée	Performance azotée partielle

Qu'est-ce qu'un système HPN?

- Un système qui a de faibles pertes d'azote par lixiviation ET volatilisation
 - ♣ Pertes < 5 ou entre 5 et 10 kgN/100 mm d'eau drainée pour les nitrates
 - ♣ Pertes < 5% des apports totaux d'azote pour l'ammoniac
- Précisions à retenir:
 - ♣ Nous étudions des « cas-types » = **un SdC sur un type de sol avec des données météorologiques réelles**
 - Cela ne garantit en aucun cas que le SdC qualifié de HPN le soit dans d'autres conditions pédoclimatiques ! Et réciproquement...!
- Cette démarche permet:
 - ♣ D'identifier les « points faibles » d'un système de culture en termes de pertes d'azote
 - ♣ De relier ces pertes aux pratiques et combinaisons de pratiques qui ont engendré ces pertes
 - ♣ D'identifier les combinaisons de pratiques « vertueuses » générant de faibles pertes



Fin de la session 1

Réponses aux questions posées dans la conversation

Pour les questions dont les réponses sont différées :

- Jean-François VIAN : jvian@isara.fr
- Mathilde HEURTAUX : mathilde.heurtaux@acta.asso.fr
- Virginie PARNAUDEAU : virginie.parnaudeau@inrae.fr

Session 2 : Évaluation des pertes d'azote

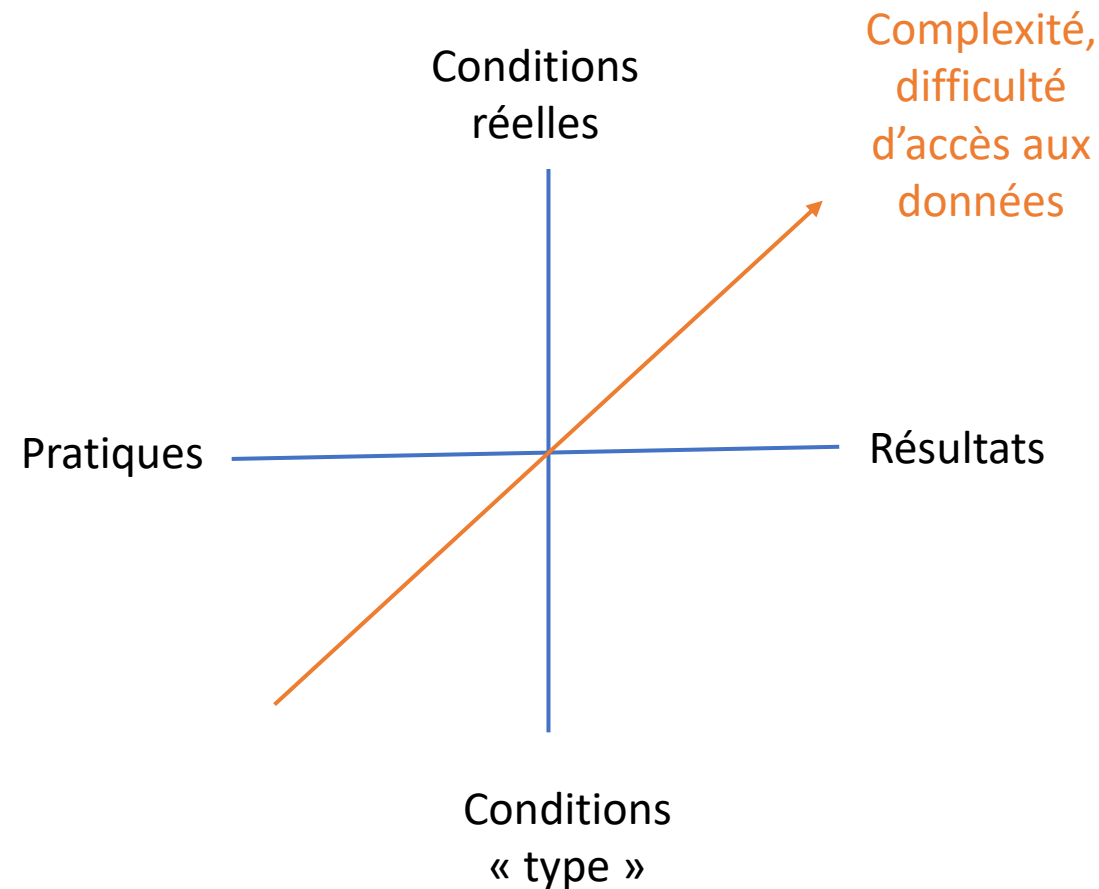
Comment évaluer les pertes d'azote dans les champs cultivés ?



Virginie Parnaudeau
INRAE

Introduction : que veut-on évaluer ?

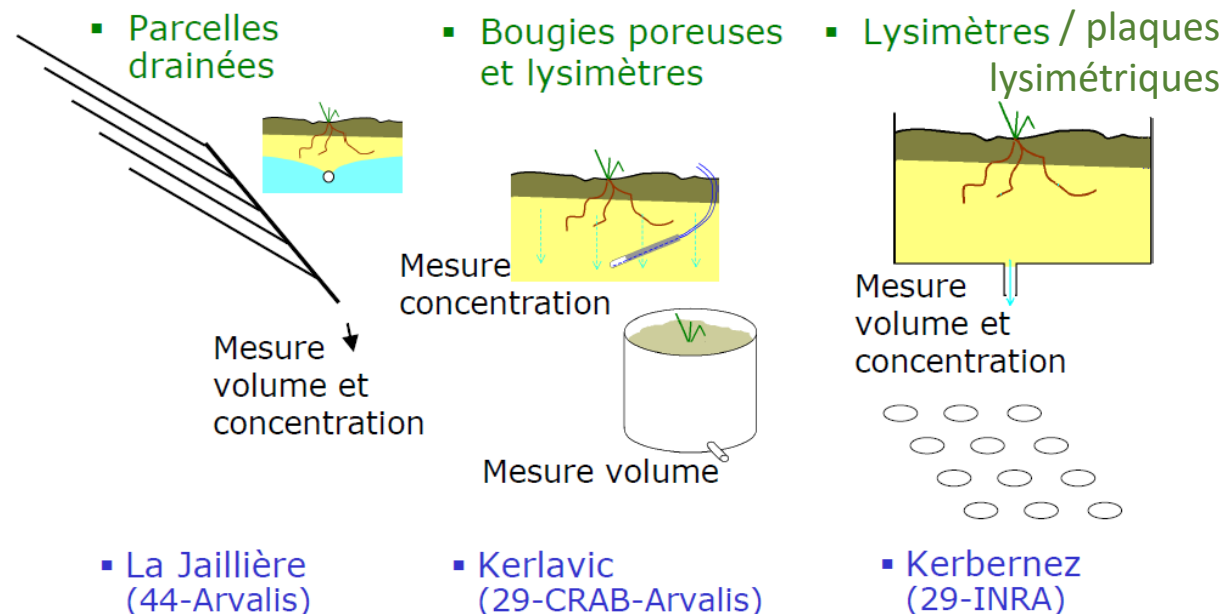
- On n'observe pas les pertes d'azote, mais leurs impacts (eutrophisation, potabilité eau...)
- Des pertes d'azote aux échelles de :
 - ♣ la parcelle
 - ♣ la succession culturale
- Des méthodes qui se distribuent selon :
 - ♣ l'objet de l'évaluation
 - ♣ les moyens dont on dispose
 - ♣ les objectifs et usages



Mesure directe des pertes d'azote

• Mesure du nitrate lixivié

3 méthodes de mesure de la lixiviation



Quelques limites :

- Parcelles drainées : aire drainée « réelle »
- BP : mesure de la concentration
➔ besoin d'un bilan hydrique
- Lysimètres : percolation hors du dispositif de récolte de l'eau
- Gros investissement initial pour une parcelle
- **Dispositifs expérimentaux**

Source : Ch. Agric. Bretagne 2012

Mesure directe des pertes d'azote

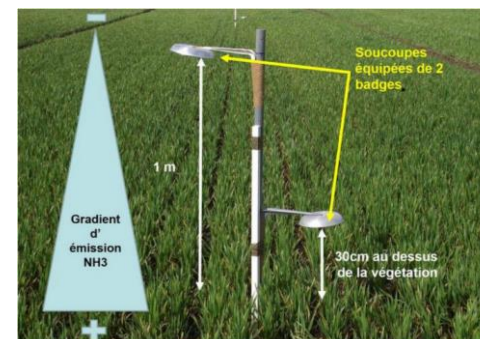
- Mesure de l'ammoniac volatilisé
 - ♣ Méthodes micrométéorologiques

- ♣ Tunnel de volatilisation

Volatilisation « potentielle »
(conditions semi-contrôlées)



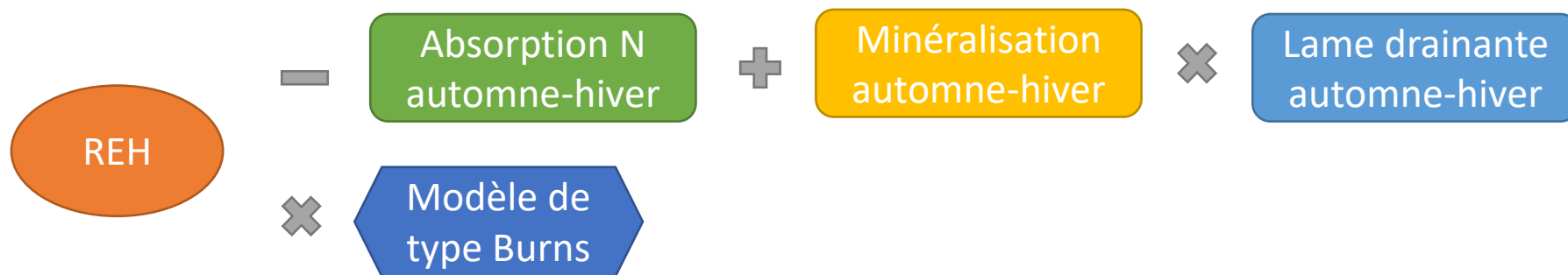
- ♣ Badge Alpha + FIDES



... déjà plus de la mesure directe

Mesure indirecte : estimation du risque de pertes d'azote *a priori*

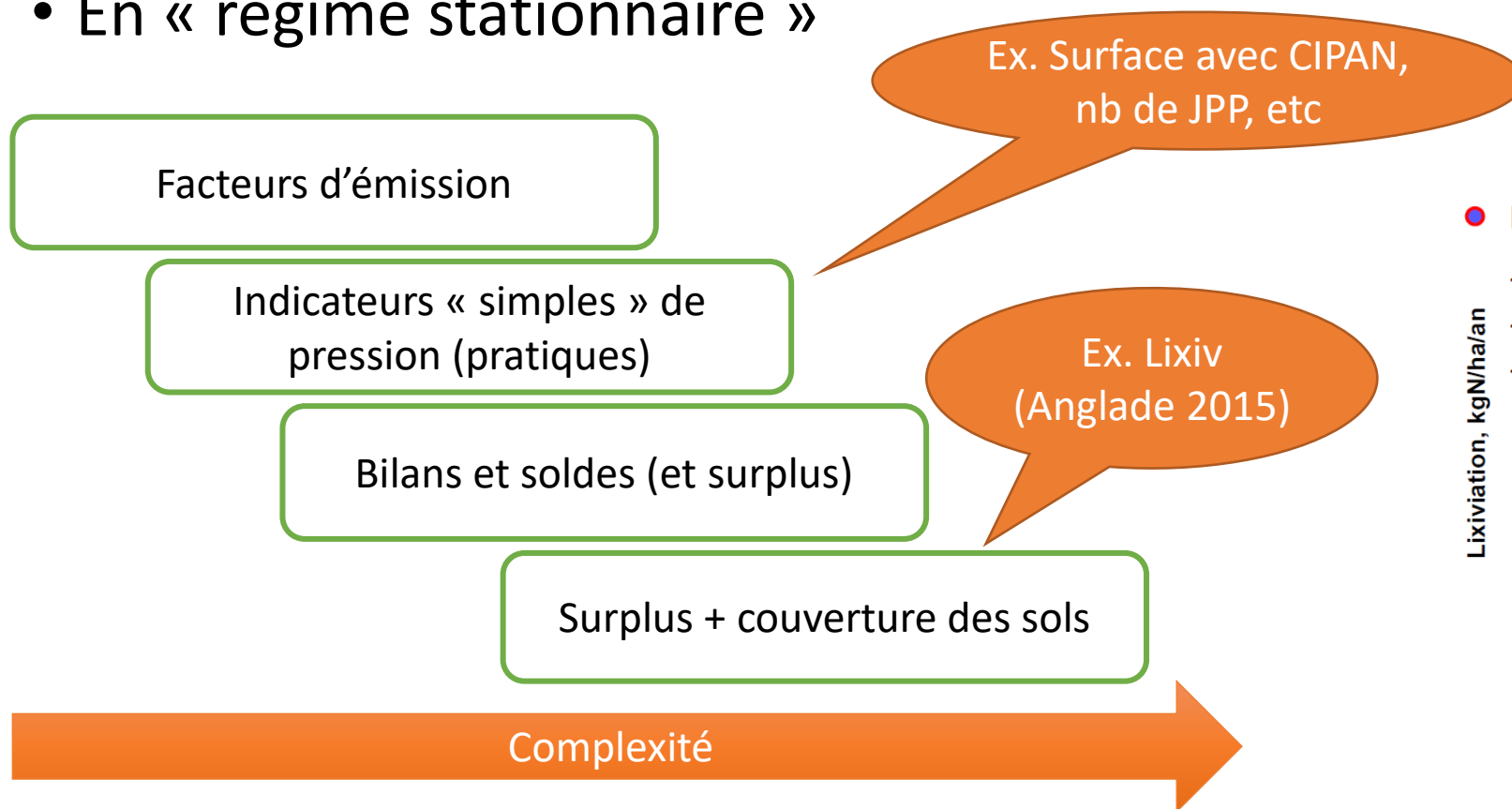
- Mesure de la quantité d'azote minéral dans le sol à l'automne
- Appelé : Reliquat Entrée Hiver (REH), Reliquat Début Drainage (RDD) ou Azote Potentiellement Lessivable (APL)



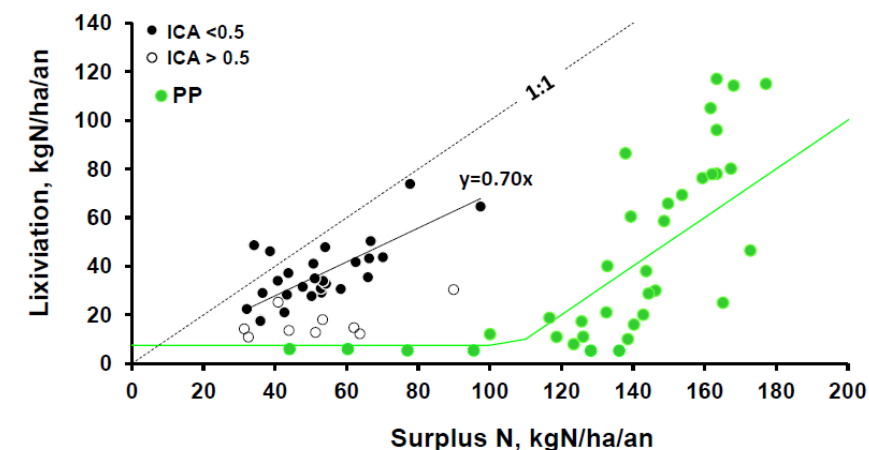
- Usage possible chez les agriculteurs :
 - ♣ Dans dispositifs réglementaires ou incitatifs pour évaluer la qualité des pratiques de gestion de l'azote
 - ♣ Dans dispositifs d'animation de territoire (type AAC) pour sensibiliser / pour évaluer les risques de lixiviation

Estimation des risques de pertes avec des indicateurs de pratiques

- On considère les pratiques agricoles (et non les résultats de pertes N)
- En « régime stationnaire »



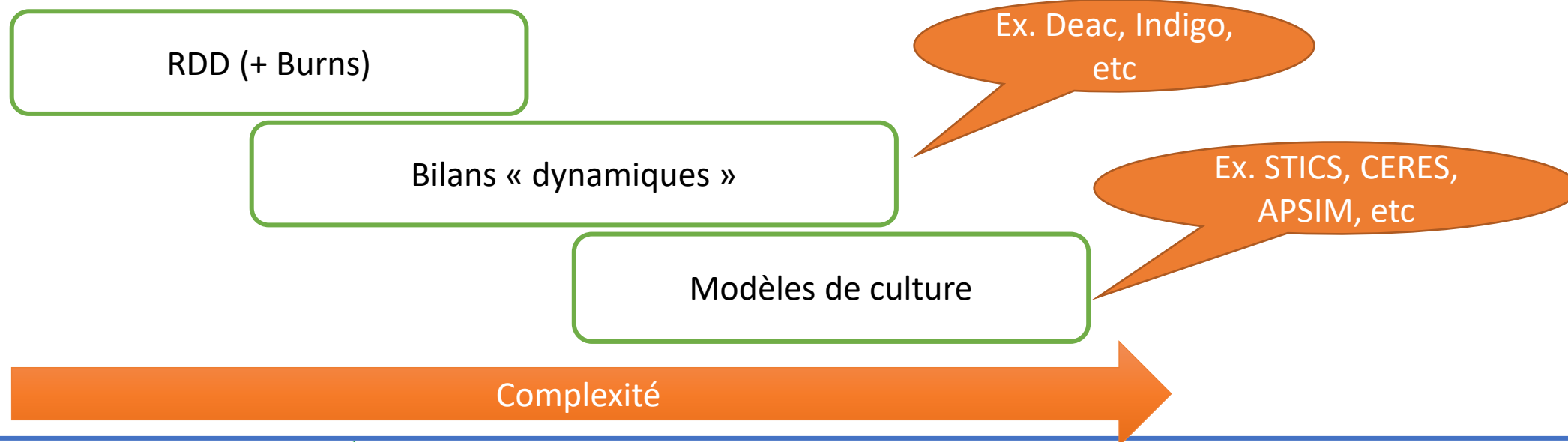
● Relation empirique surplus-lixiviation



Source : Anglade, 2015

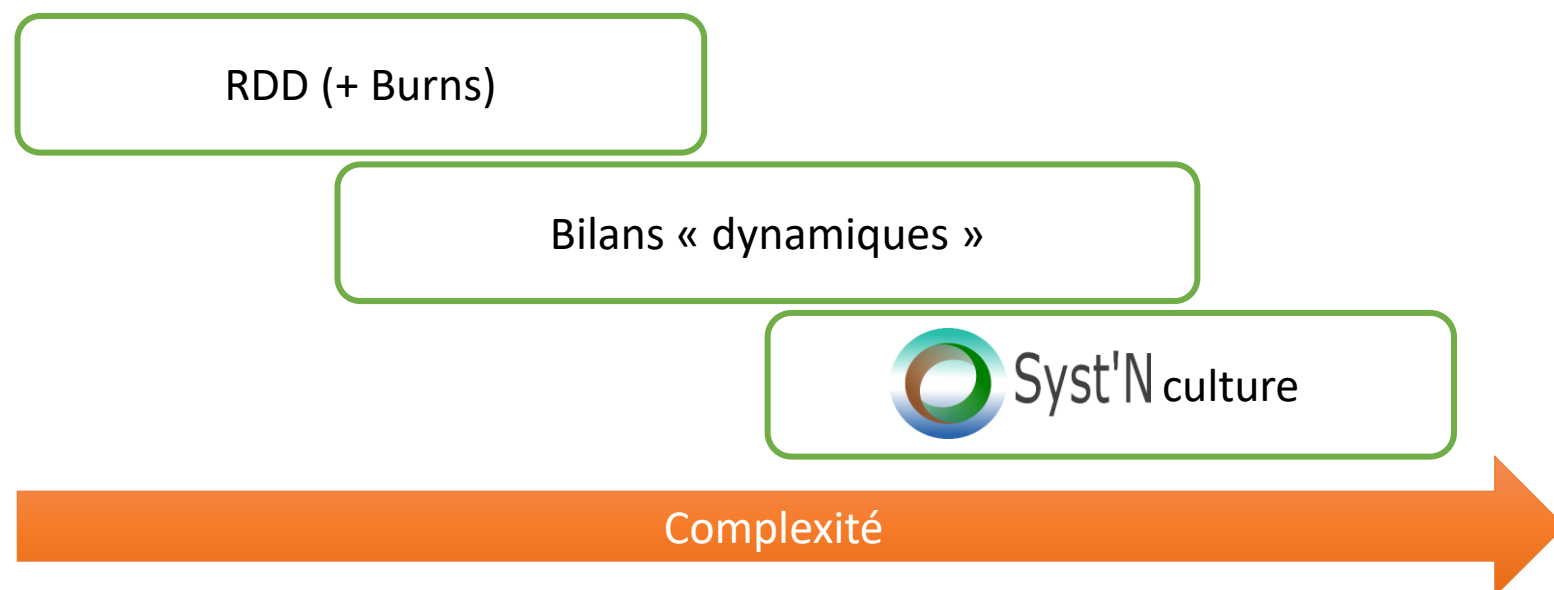
Calcul des pertes d'azote avec des modèles

- Des modèles de complexité variables pour quantifier les pertes d'azote
- Dynamiques
- Prise en compte de données météorologiques, +/- sol, +/- cultures ou systèmes de culture, +/- interventions culturales



Positionnement de l'outil Syst'N

- Des interfaces conçues pour et avec les utilisateurs « de terrain »
- Des formalismes choisis selon le principe de parcimonie et l'accessibilité des données par les utilisateurs / fiabilité et précision attendue des résultats
- Hybridation avec la mesure





Réponses aux questions posées dans la conversation

Pour les questions dont les réponses sont différées :

- Virginie PARNAUDEAU :

virginie.parnaudeau@inrae.fr

Syst'N[®], un outil pour connaître les pertes d'azote à l'échelle pluriannuelle des systèmes de culture



Virginie Parnaudeau
INRAE



Marine Bedu
INRAE / Acta

avec L Lefèvre, A Dupont, P Dubrulle, F Gueye (INRAE), C Deneufbourg (CTIFL) dans ce projet

Finalités de l'outil Syst'N®

- Outil conçu pour développer le diagnostic des pertes d'azote dans les systèmes de culture
- Destiné prioritairement aux acteurs des territoires agricoles à enjeux N : conseillers agricoles, animateurs BV, animateurs agences environnementales, ingénieurs développement agricole et ICTA
- Pour accompagner le changement : un outil d'aide à la réflexion sur les systèmes de culture et leur re-conception, et d'aide à l'action dans les territoires

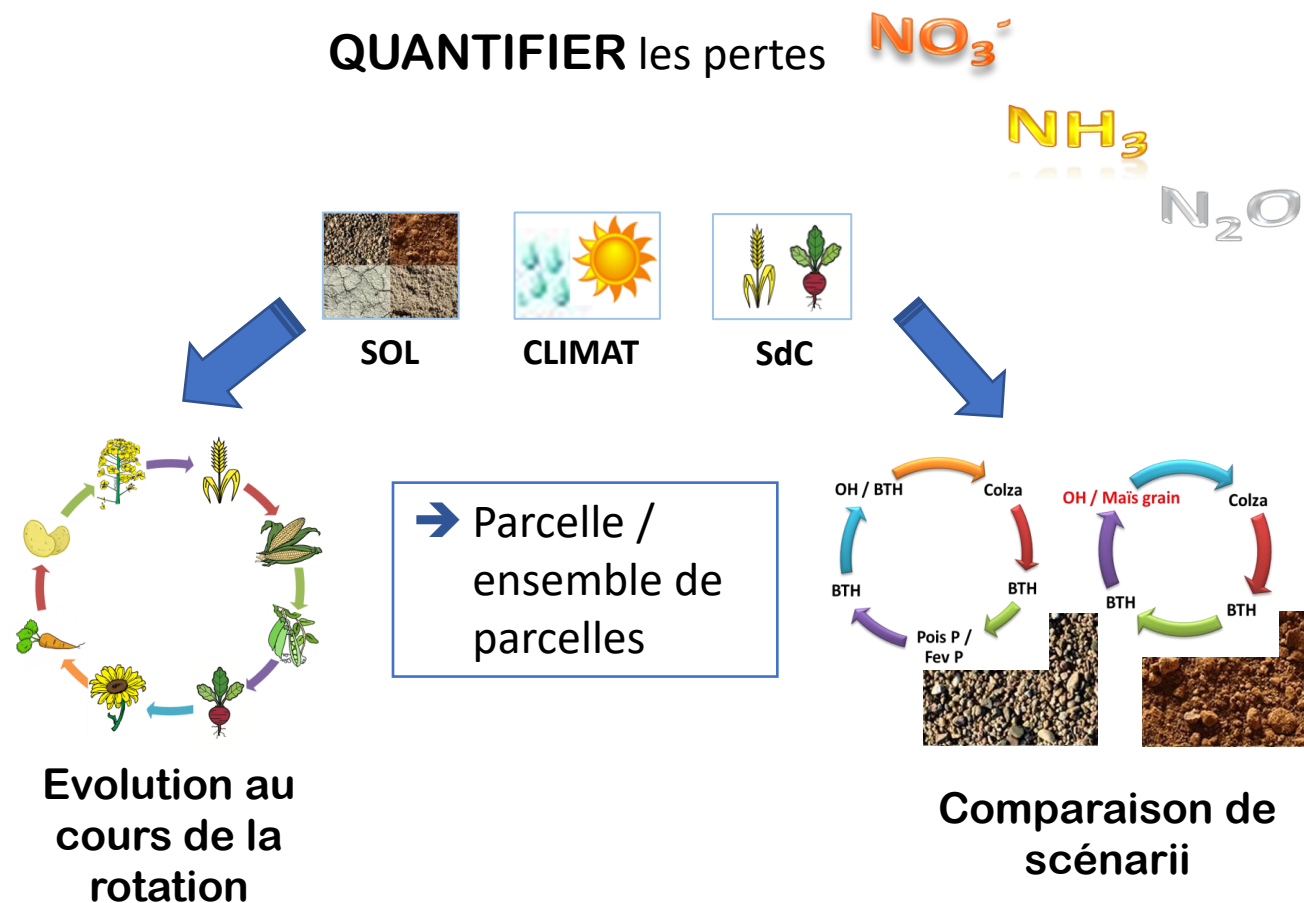
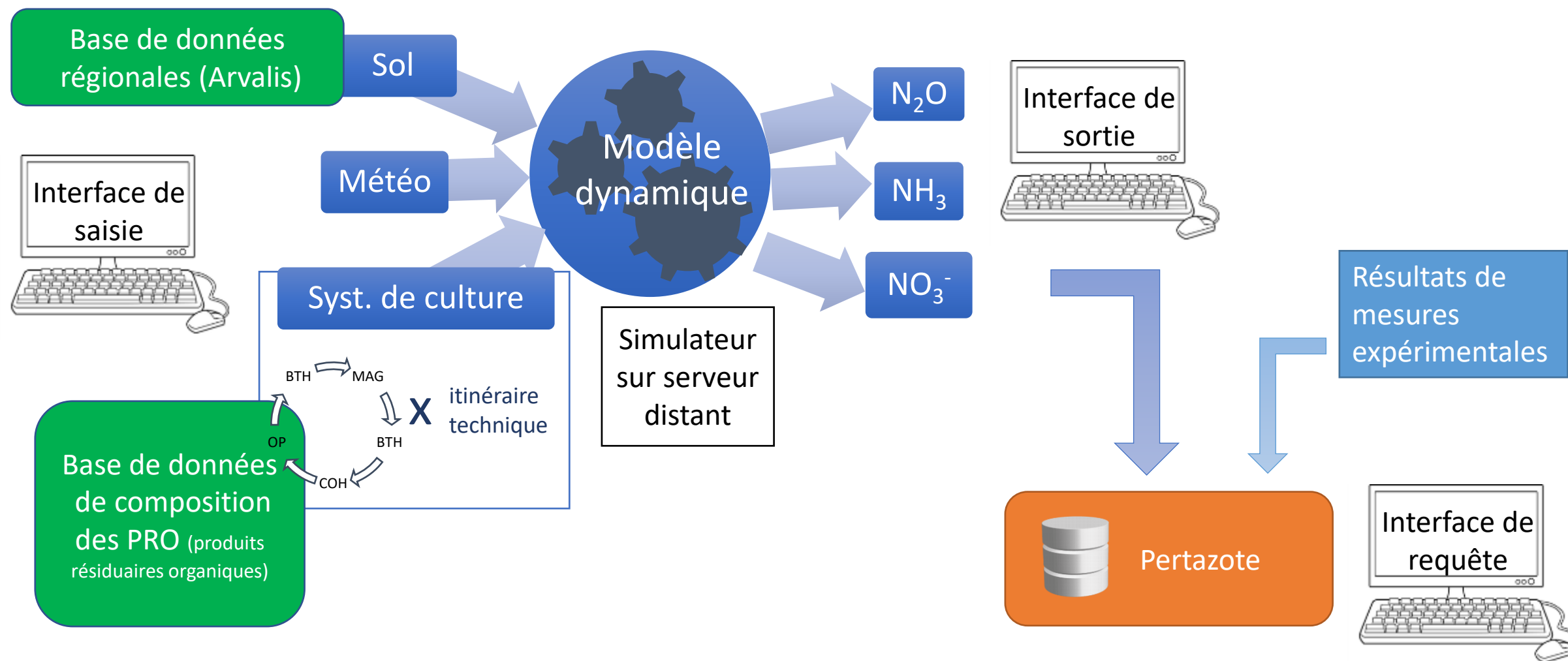
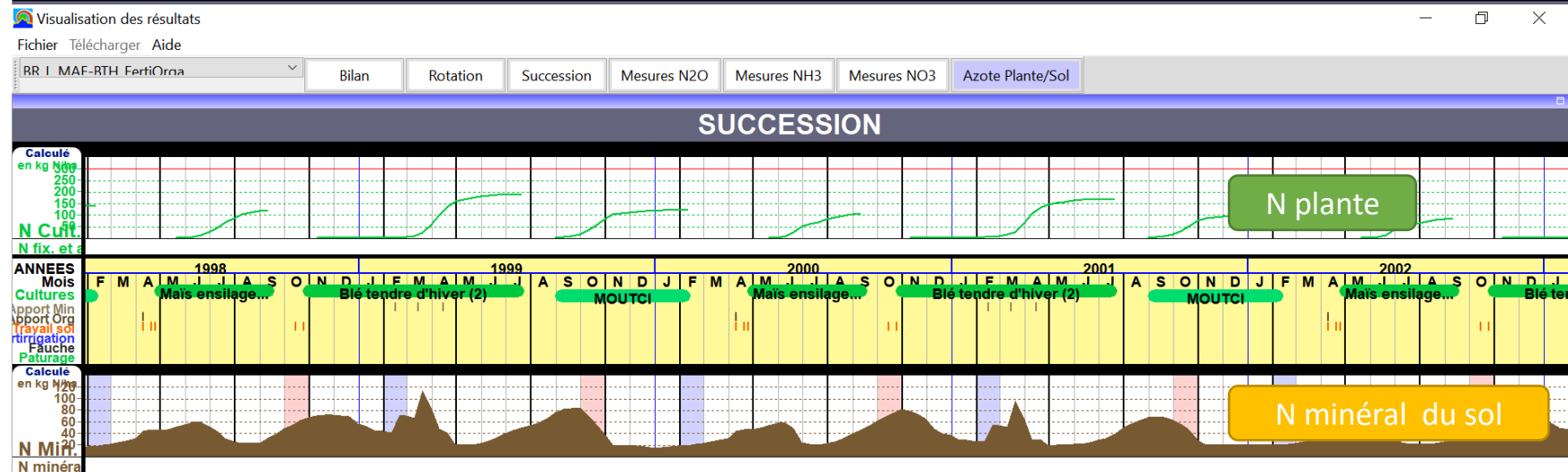


Schéma général



Bilan en moyenne sur la rotation

Compound	Relative Abundance (%)
N ₂ O	~5
NH ₃	~50
NO ₃ ⁻	~100



La description des systèmes dans leur contexte pédo-climatique

Syst'N - Inputs.txt

Fichier Paramètres Test Fenêtres Aide Télécharger les résultats

Description du dossier

Situations

- BR_L_MAE-BTH_FertiOrga
 - Historique cultural
 - BTH (Blé tendre d'hiver)
 - Rotation
 - MAE (Maïs ensilage)
 - Ferti Organique
 - Ferti Minérale
 - MOUTCI (Moutarde)
 - Travail du sol
 - Fertirrigation
 - Paturage
 - Fauche
 - BTH (Blé tendre d'hiver)
 - LSST
 - Données mesurées
 - BR_L_MAE-BTH_FertiOrga_Naizin

Situation: BR_L_MAE-BTH_FertiOrga Description du sol

Type de sol Brunisol(BRUNI)

Horizons du sol

Profondeur du sol: 70

	Epais.(cm)	% Argile	% Limon	% Sable	Texture	DA (terre fine)	% Cailloux
X	30	15	71	14	Limon	1.3	0
X	20	16.6	60.4	23	Limon sablo_argileux	1.3	0
X	20	16.6	60.4	23	Limon sablo_argileux	1.3	0
X					<choisir...>		

Caractéristiques du 1er horizon

Remplir au moins 2 des 3 champs suivants

% N Org. 0.1 % MO 2 C/N 12

% CaCO3 0 pH 6 CEC (mEq/100 g) 10

Profondeur obstacle à enracinement 100 % Argile décarbonatée

Infos

DESCRIPTION DU SOL ET DU PROFIL INITIAL D'AZOTE MINERAL

Saisie des caractéristiques du sol

Le type de sol est obligatoire pour que le simulateur puisse réaliser ses calculs

Description des horizons

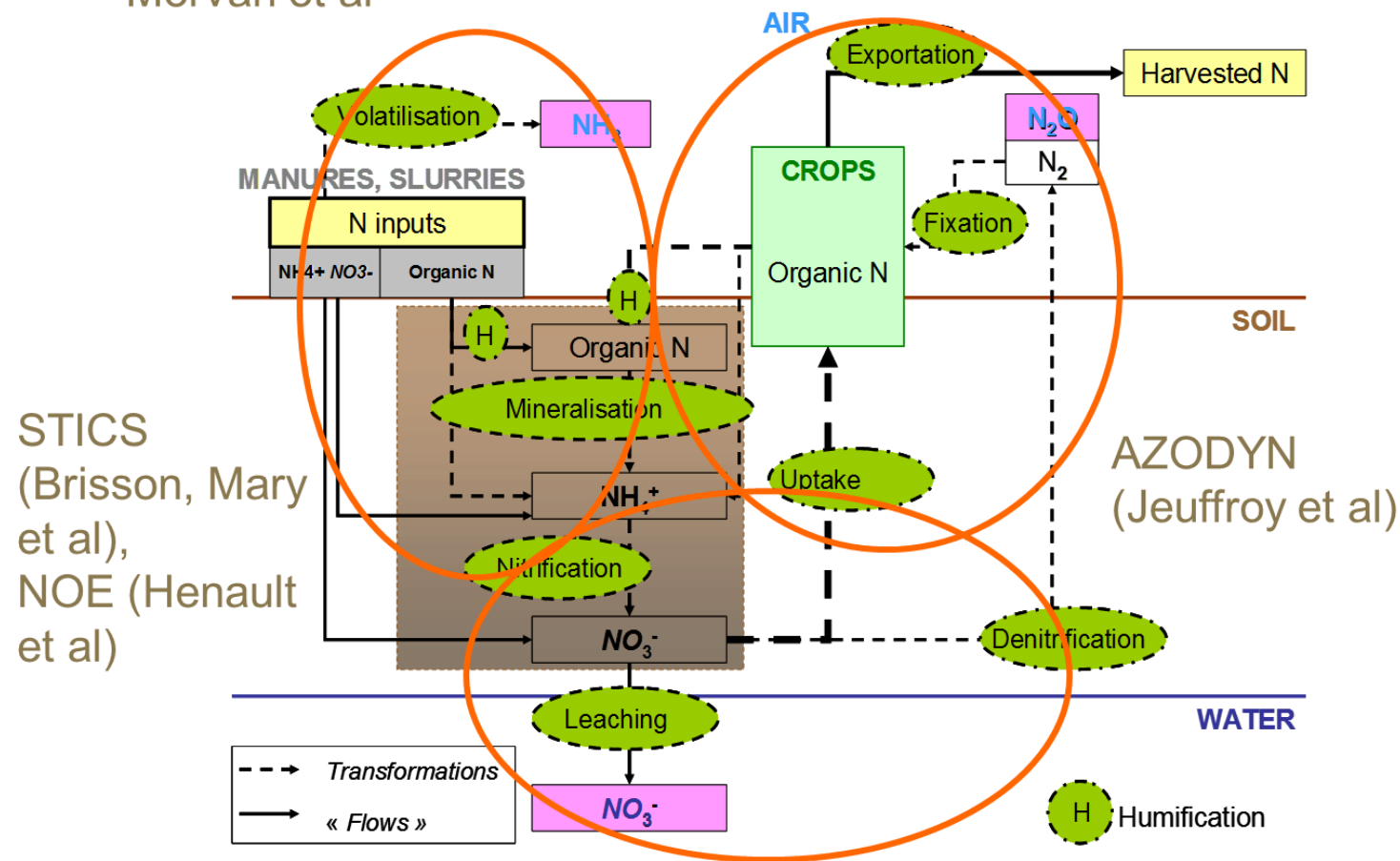
- **Epais.** : Epaisseur de l'horizon (cm)
- **% Argile** : Pourcent d'argile de l'horizon (% TS)
- **% Limon** : Pourcent de limon de l'horizon (% TS)
- **% Sable** : Pourcent de sable de l'horizon (% TS)
- **Texture** : Texture de l'horizon selon les % d'A, L, S.

Soit saisir directement l'argile, les limons et le sable (la texture est alors automatiquement déduite et affichée dans la case correspondante du tableau)

Soit saisir directement la texture (l'argile, les limons et le sable sont alors

Le modèle de flux de N au cœur de Syst'N

Volt'air (Genermont et al)
AZOFERT (Machet et al),
Morvan et al



STICS
(Brisson, Mary
et al),
NOE (Henault
et al)

- Des formalismes issus de modèles de culture existants
- Des adaptations *ad hoc*
- Des choix en fonction :
 - ♣ du ratio Accessibilité des données d'entrée et paramètres / Fiabilité des résultats
 - ♣ des objectifs de l'usage de cet outil

Propriétés de Syst'N®

- Domaine d'application :

- ♣ Milieux tempérés
- ♣ Grandes cultures « classiques », cultures de diversification, cultures fourragères, plusieurs légumineuses
- ♣ Agriculture conventionnel, voire biologique (développement à poursuivre)

- Originalités

- ♣ Hybridation avec des mesures ou observations (ex. saisie de la date de floraison ou épiaison pour calculer les stades)
- ♣ BDD par défaut dans l'outil
- ♣ Propositions de systèmes de culture régionaux (site web)

Derniers développements de l'outil : nouvelles cultures intégrées dans Syst'N® v1.5

Paramétrage de nouvelles cultures

Chanvre	Pomme de terre	} <i>dans la version 1.5 mais en mode TEST</i>	<i>AgroTransfert, CTIFL, Arvalis, CRAB, ISARA, INRAE</i>
Lin oléagineux	Sarrasin		
Carotte			

Paramétrage et adaptation du formalisme pour de nouvelles cultures

Féverole	Modification du formalisme initial de fixation pour s'adapter à une plus grande diversité de légumineuses (à partir du modèle de fixation biologique de STICS) Possibilité saisie de date de floraison ou d'épiaison	<i>Essais SIC (Grignon), LEG-N-GES (Dijon)</i>
Soja		
Luzerne	Adaptation du formalisme à une légumineuse pérenne Fauches/pâturages multiples et gestion des repousses Dormance hivernale	<i>Essais INRAE</i>

Un travail de test et de validation des formalismes et paramétrages proposés à partir de jeux de mesures disponibles pour les différentes cultures

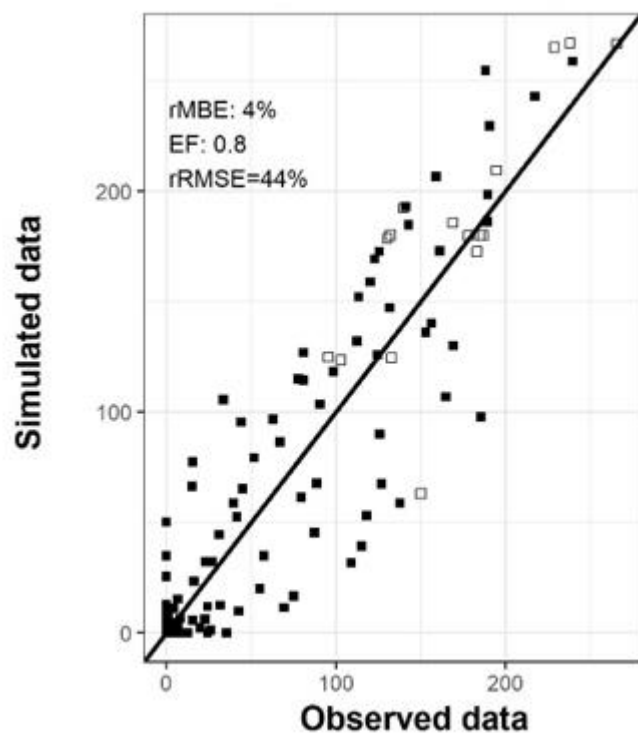


Nouvelles cultures intégrées dans Syst'N®

Evaluation du paramétrage et des modifications de formalismes : exemple des légumineuses

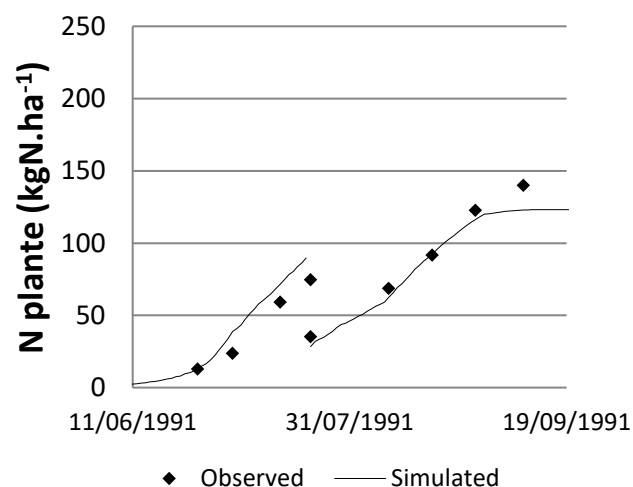
Fixation d'azote pour la féverole, le soja et le pois

(synthèse des données du jeu de validation issu de plusieurs essais)



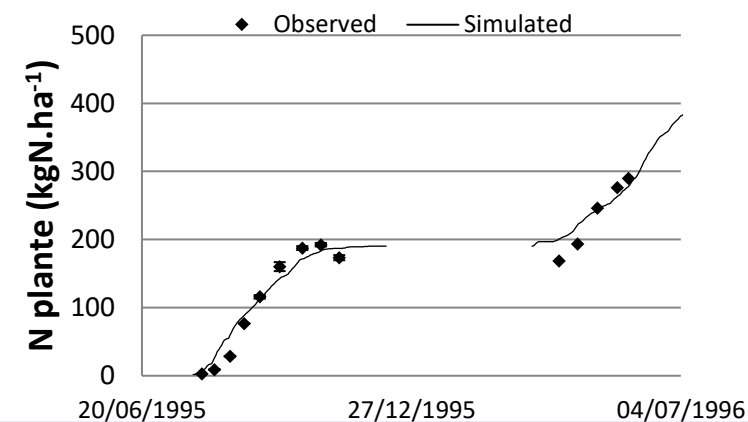
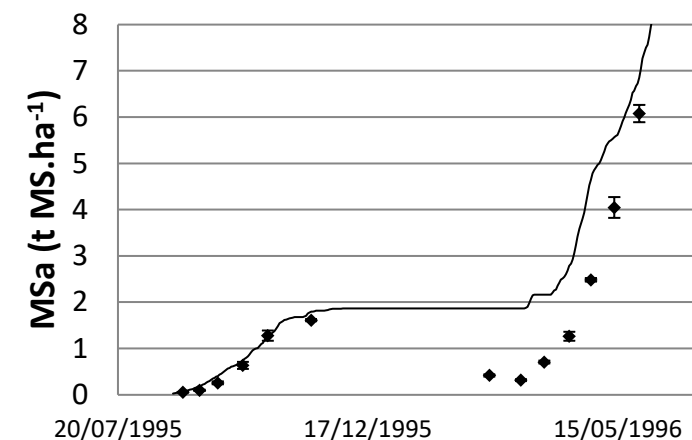
Luzerne et repousses après fauche

(exemple de données de validation Châlons-en-Champagne)



Luzerne et dormance hivernale

(exemple de données de validation Châlons-en-Champagne)

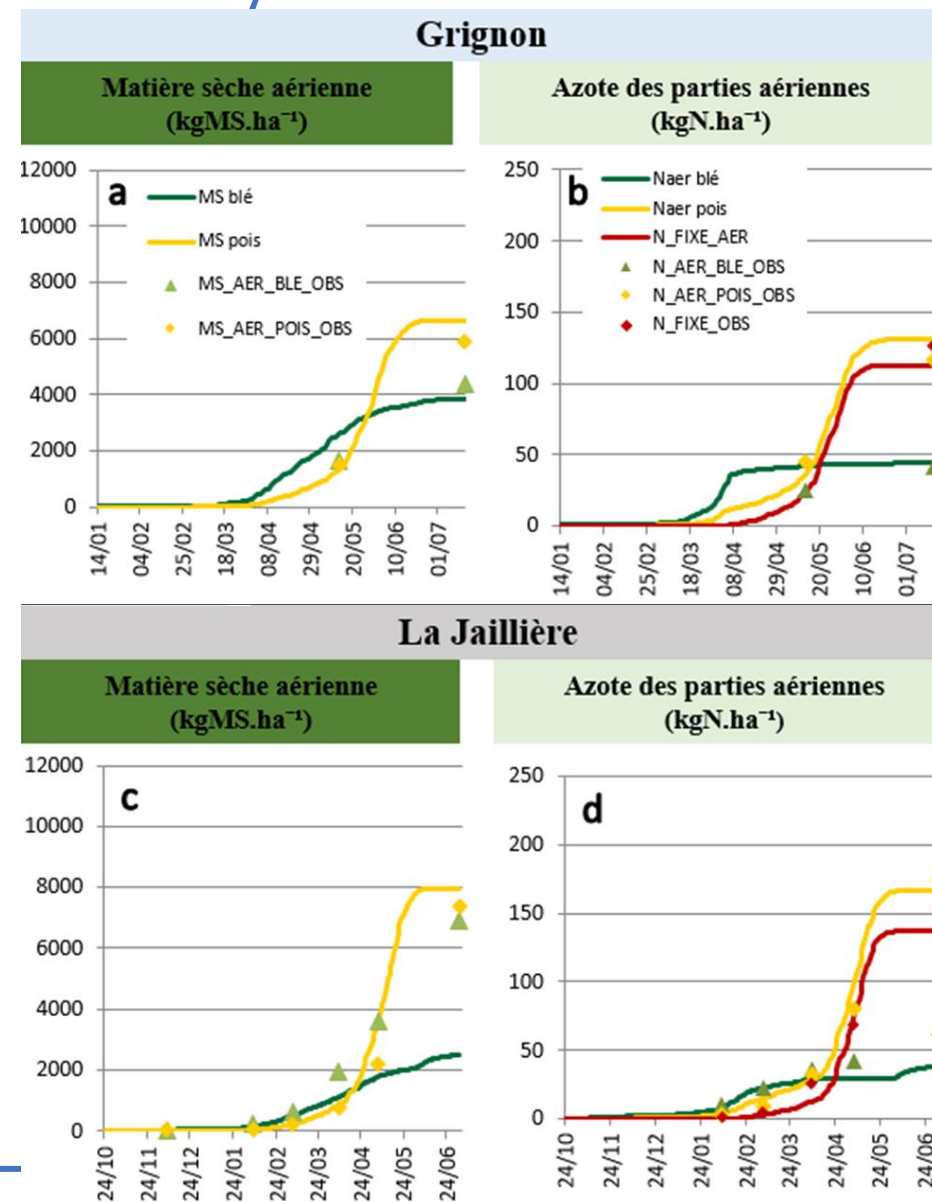


Nouvelles cultures intégrées dans Syst'N®

Associations de cultures

- Intégration de formalismes de partage des ressources (rayonnement, azote et eau) sur la base de ceux du modèle Azodyn-IC (Naudin, 2009)
 - ♣ Partage du rayonnement lumineux à partir d'un seuil de couverture du sol prédéfini
 - ♣ Partage de l'azote (dont calcul des besoins en azote)
 - ♣ Partage de l'eau (dont calcul de la transpiration)
- Prise en compte de la densité de semis dans le calcul de l'indice de surface foliaire initial des cultures
- Modification de l'indice de surface foliaire par plantule
- Formalismes « associations de cultures » **intégrés dans le simulateur et adaptation de l'interface en cours**

Sources données : INRAE, ESA, ISARA



Autres améliorations et modifications

- Possibilité de saisie de date de floraison ou d'épiaison qui permet un calcul plus juste d'autres stades de développement (facultatif)
- Modification du stress hydrique (STICS)
- Modification du modèle simulant la minéralisation de l'azote du sol (Clivot et al, 2017)
- A partir du stade « début de remplissage des grains » (DRG) :
 - ♣ Arrêt de la croissance des racines (et donc du besoin d'azote par les racines)
 - ♣ Décroissance du RUE (radiation use efficiency)

Appuis à l'usage : les outils et ressources à disposition sur le site web du RMT F&E

Documentation disponible

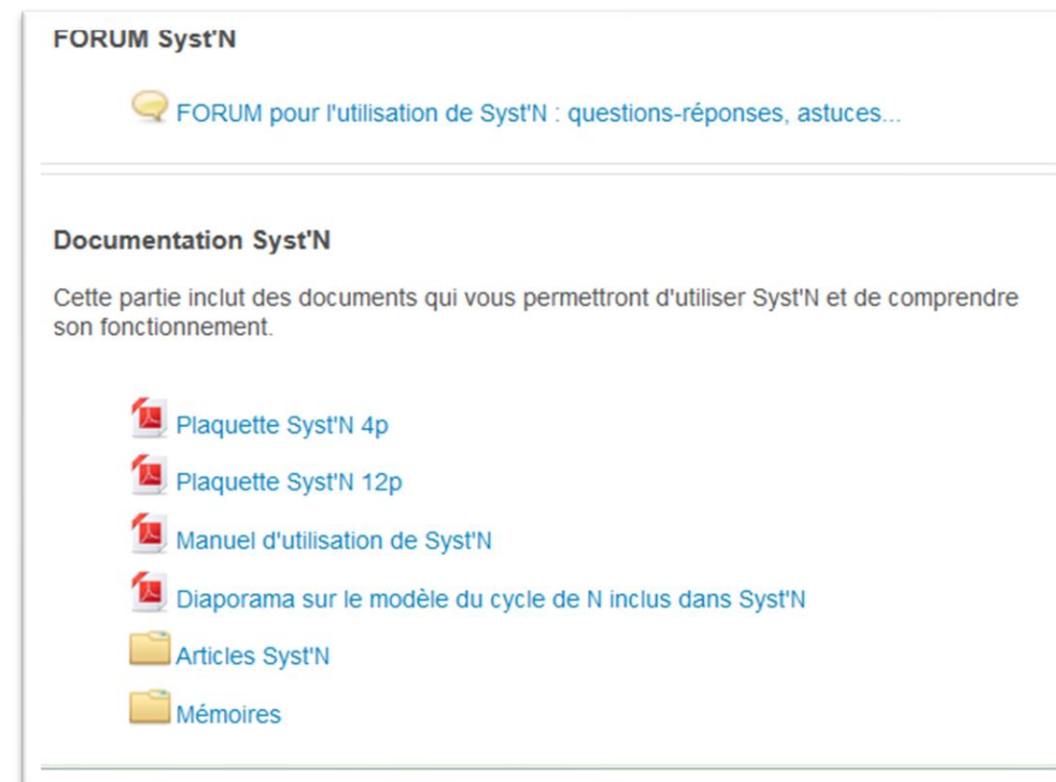


- ♣ Document de présentation de Syst'N® (objectifs et interfaces de l'outil)
- ♣ Guide de prise en main et de saisie
- ♣ Document agronomique (formalismes)

Outils d'accompagnement



- ♣ Forum des utilisateurs
- ♣ Macro excel complémentaire pour l'exploitation des données journalières
- ♣ Guide d'accompagnement à l'analyse et au recalage des simulations



Appuis à l'usage : les outils et ressources à disposition

Guide d'accompagnement à l'analyse et au recalage des simulations

- Un outil pour accompagner l'utilisateur dans l'analyse et le recalage de ses simulations
 - ♣ Comprendre l'influence de intermédiaires sur les sort
 - ♣ détecter rapidement des €
 - ♣ identifier les données d'er
- **Format site web** pour facil différentes situations renc
- **Diffusion** : intégration ulté mis à disposition et utilisak

Guide de calibration des simulations avec des mesures

Vous trouverez ci-dessous la présentation **du guide web interactif** pour comprendre les résultats de vos simulations et utiliser vos mesures ou références afin de mieux calibrer les simulations. Pour obtenir le guide au format site web, conçu par Marine Bedu, contactez : virginie.parnaudeau@inrae.fr



Guide d'analyse et de "recalage" : présentation



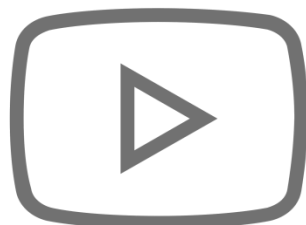
Vidéo présentation du guide (intro et modèle)



Vidéo présentation du guide (recalage)

Appuis à l'usage : les outils et ressources à disposition

Guide d'accompagnement à l'analyse et au recalage des simulations



Vidéo : Présentation dynamique du guide

Performances et limites

- Performances

- ♣ Variables
- ♣ Besoin d'expertise agronomique

- Limites

- ♣ Certaines limites des modèles de culture
 - Ex. Minéralisation MOS
- ♣ Effet des modifications des formalismes pour les utilisateurs

Développements prévus et en cours - Perspectives

- Modification des interfaces utilisateurs (IHM) :
 - ♣ Passage en mode Web
 - ♣ Adaptation aux associations culturales
- Amélioration du simulateur
 - ♣ Formalisme de la volatilisation
 - ♣ Adaptation à l'artichaut
- Evaluation
 - ♣ Bien engagée sur ensemble des cultures pour la v1.5
 - ♣ En cours sur les systèmes avec apports de MO et AB
- Publication
 - ♣ En cours de finalisation pour l'adaptation aux légumineuses
 - ♣ A venir sur la conception, les performances et les usages de l'outil



Réponses aux questions posées dans la conversation

Pour les questions dont les réponses sont différées :

- Virginie PARNAUDEAU : virginie.parnaudeau@inrae.fr
- Marine BEDU : marine.bedu@acta.asso.fr

Prise en compte de l'aléa climatique pour l'évaluation de la plateforme Syppre en Champagne



Paul Tauvel

ITB

Système référent

blé tendre
orge de printemps
betterave
blé tendre
colza



Syppre

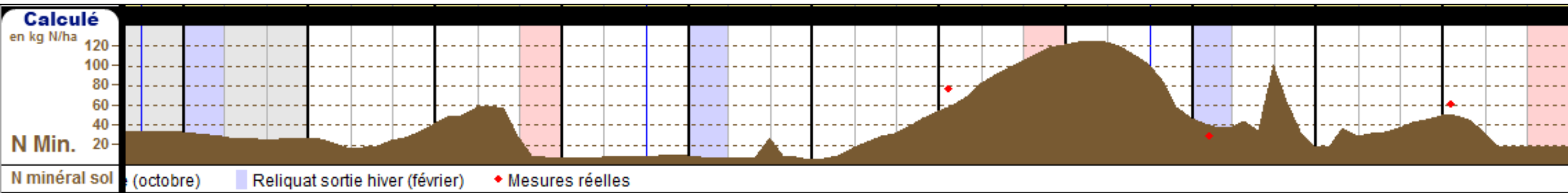
ARVALIS Institut du végétal
ITB Institut technique de la Betterave
Terres Inovia l'agronomie en mouvement

Enjeu	Indicateur	Objectif
Productivité	Produit brut €/ha	≥ SDC témoin
	Production d'énergie brute plante entière MJ/ha	≥ SDC témoin
Economie	Marge semi-nette €/ha	≥ SDC témoin
Utilisation des intrants et environnement	Quantité N minéral kg/ha	≤ -50% / SDC témoin
	Consommation d'énergie MJ/ha	≤ -20% / SDC témoin
	Émissions GES teqCO2/ha	≤ -20% / SDC témoin
	IFT	Tendre vers -50% / réf. rég. 2012
	Stock MO	≥ témoin





Année climatique	Campagne	Parcelle 204	Parcelle 209	Parcelle 205	Parcelle 214	...
2016/17	2016/17	I6 – Pois de printemps	I7 – Colza	I8 – Blé	I9 – Orge de printemps	...
2017/18	2017/18	I7 – Colza	I8 – Blé	I9 – Orge de printemps	I10 – Betterave	...
2018/19	2018/19	I8 – Blé	I9 – Orge de printemps	I10 – Betterave	I11 – Blé	...

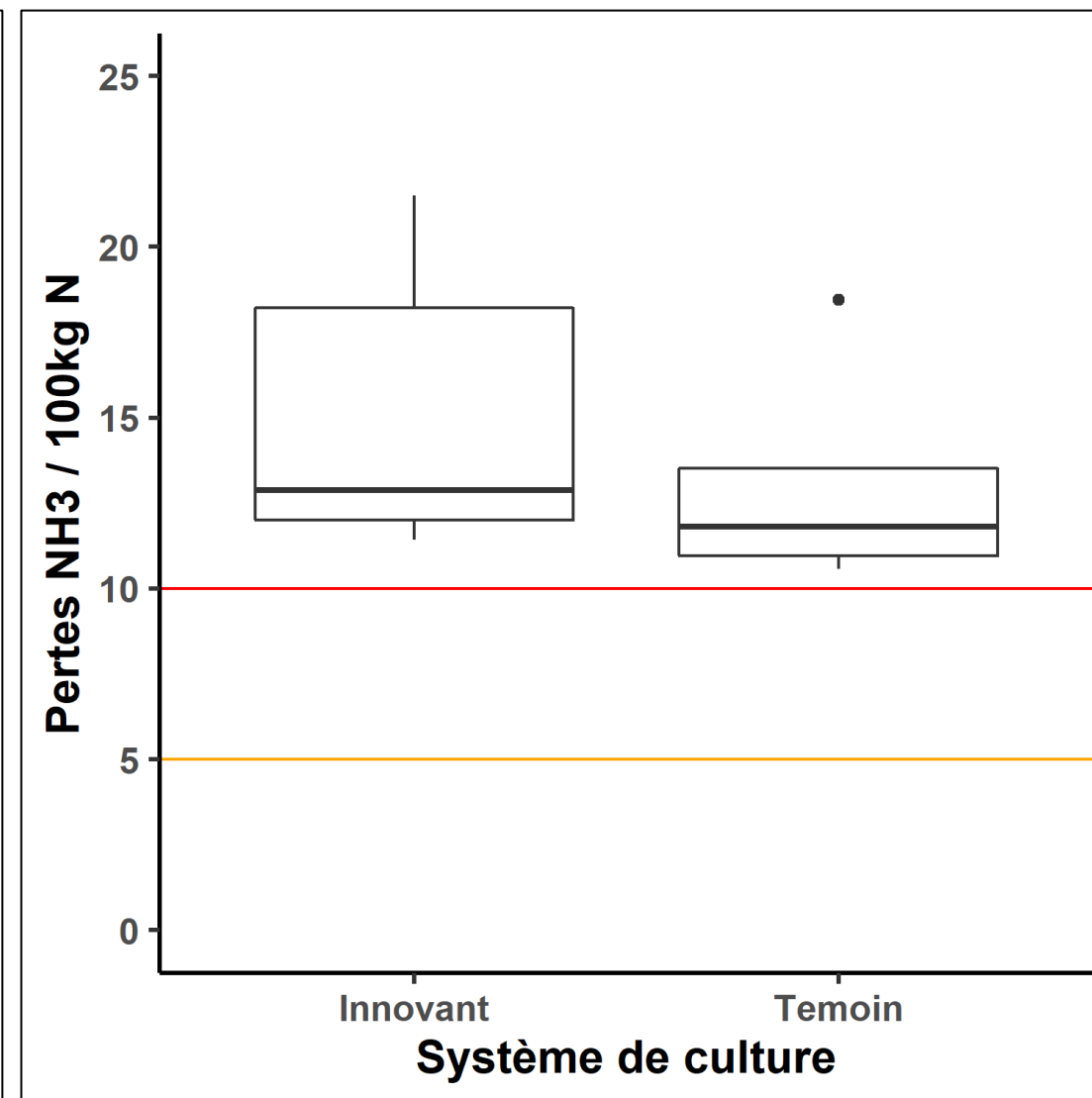
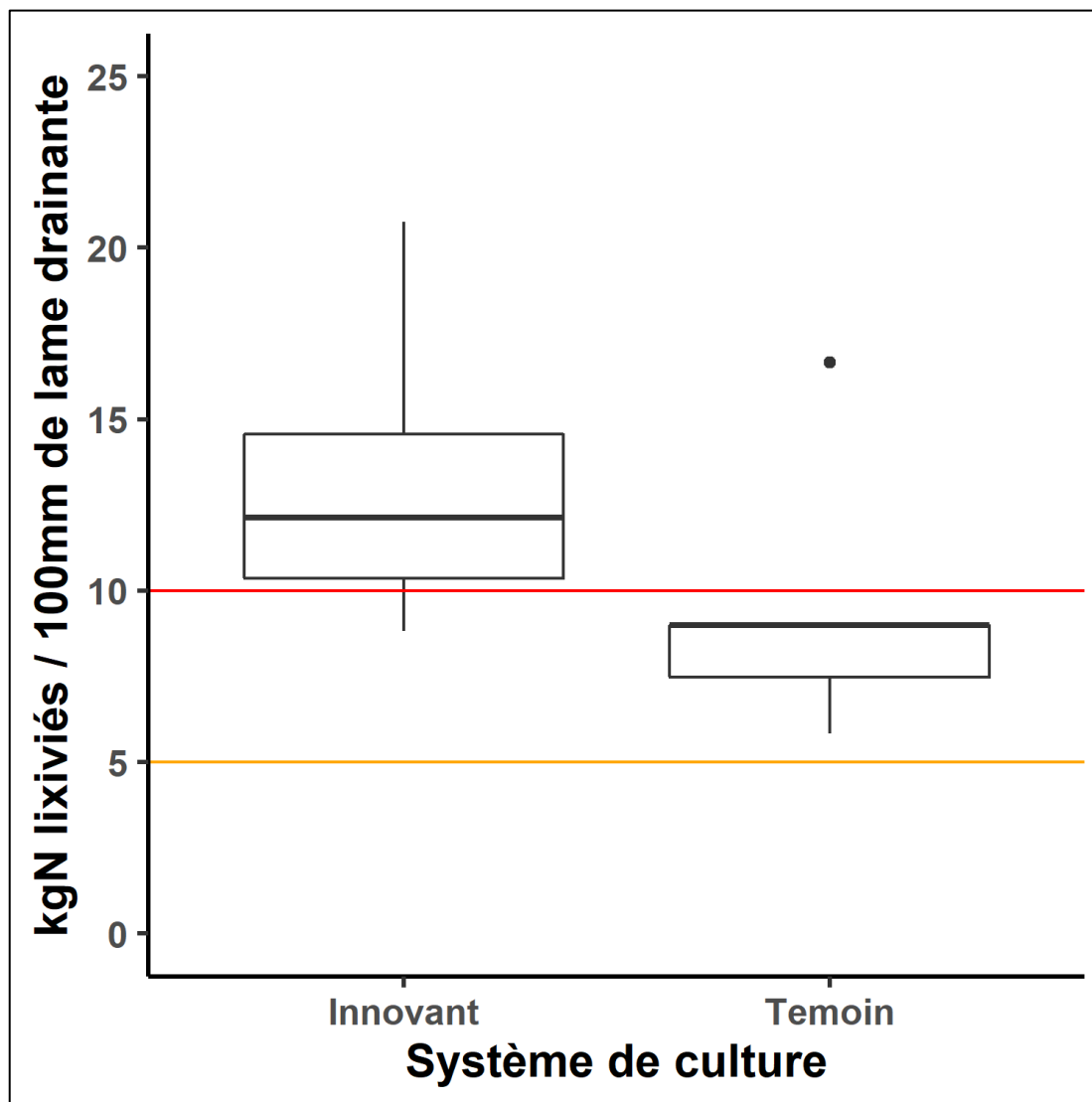


Données réelles	Données « fictives »
-----------------	----------------------

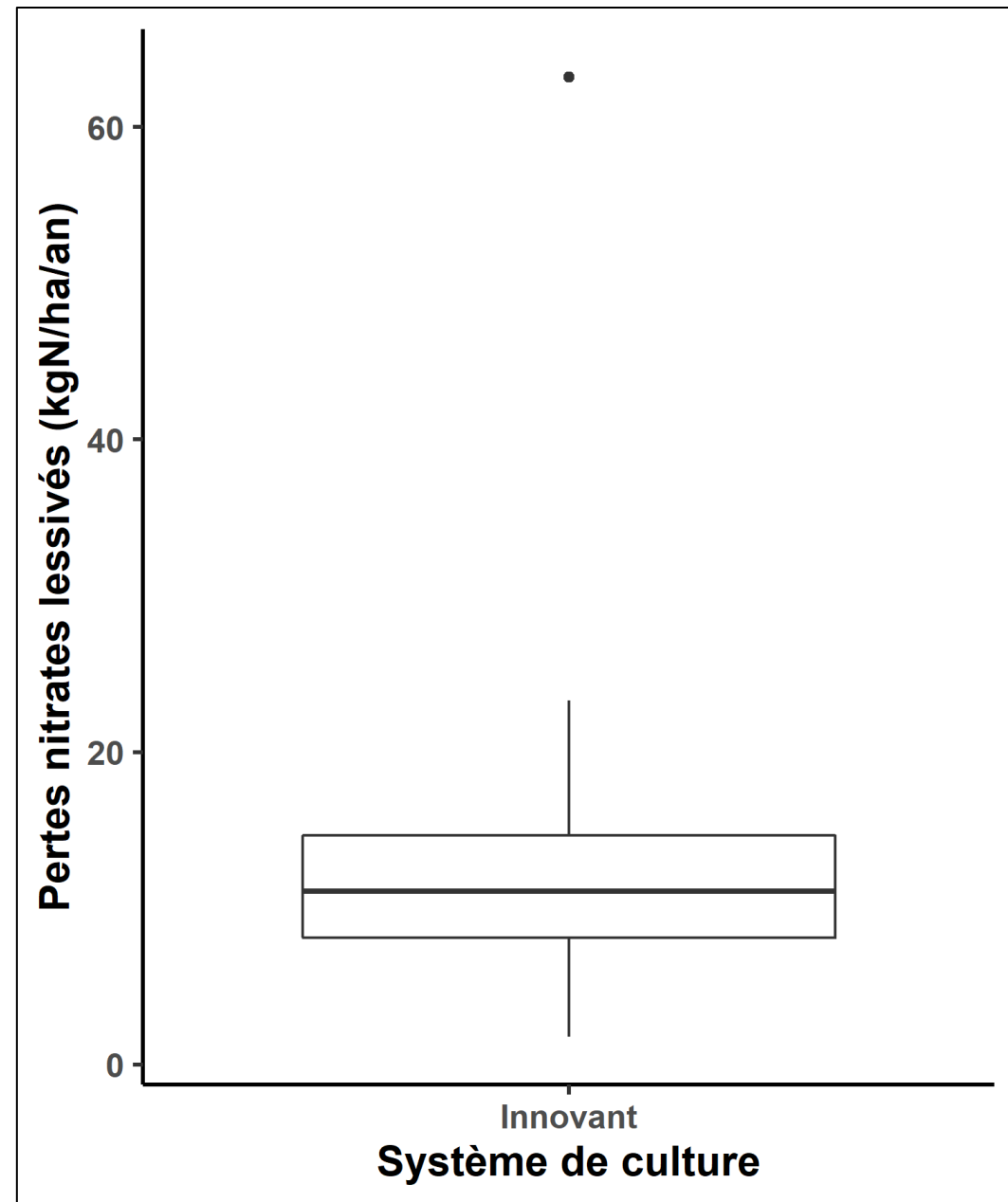
Année climatique	Campagne	Parcelle 204	Parcelle 209	Parcelle 205	Parcelle 214	...
2016/17	2016/17	I6 – Pois de printemps	I7 – Colza	I8 – Blé	I9 – Orge de printemps	...
2017/18	2017/18	I7 - Colza	I8 – Blé	I9 – Orge de printemps	I10 – Betterave	...
2018/19	2018/19	I8 - Blé	I9 – Orge de printemps	I10 – Betterave	I11 – Blé	...
2013/14	2019/20	I9 – Orge de printemps	I10 – Betterave	I11 – Blé	I12 – Pois d’hiver	...
2012/13	2020/21	I10 – Betterave	I11 – Blé	I12 – Pois d’hiver	I13 – Tournesol	...
...	...	...	...	...	...	...
2007/08	2025/26	I15 - Betterave	I6 – Pois de printemps	I7 – Colza	I8 – Blé	...

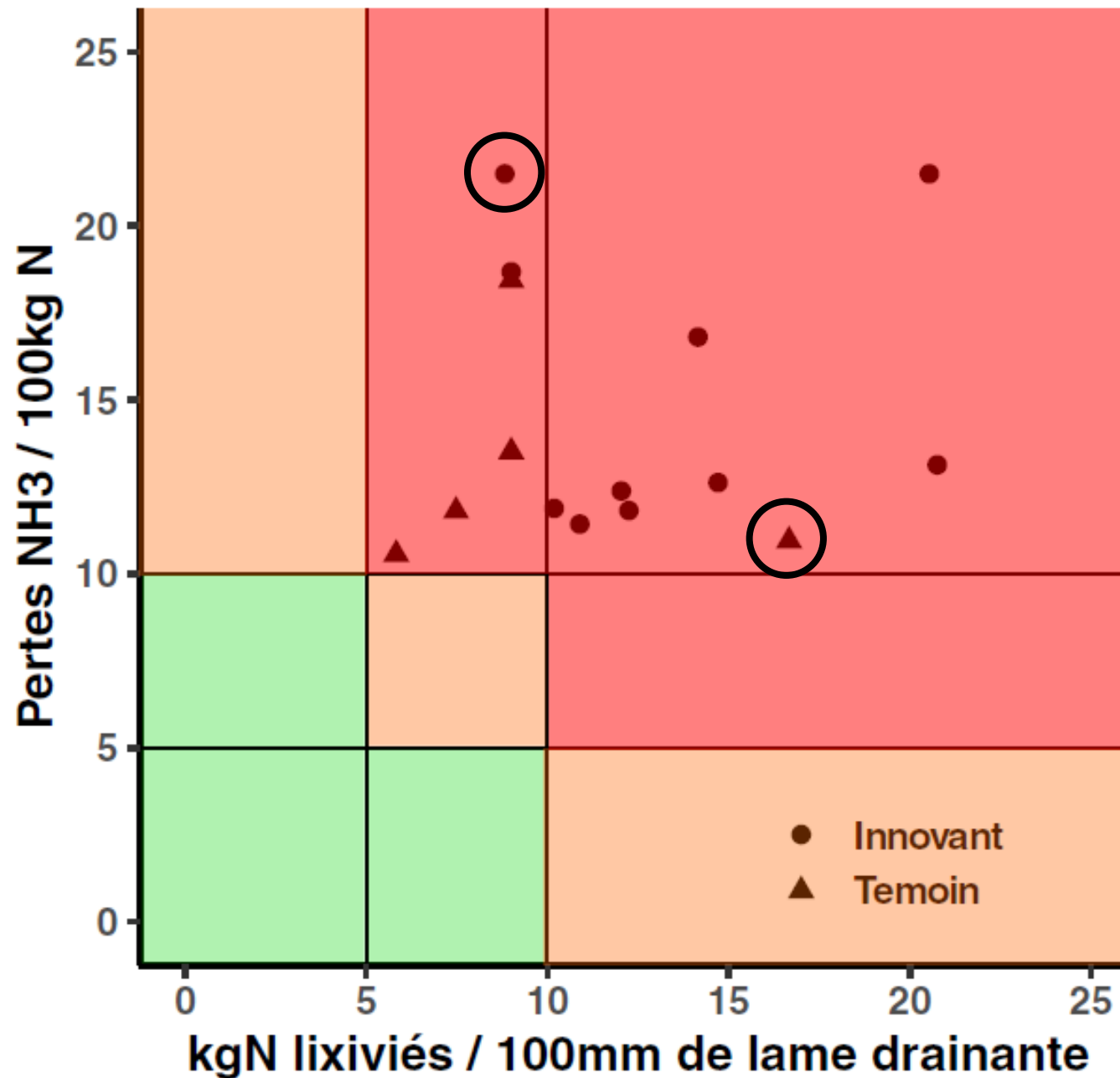
Données réelles

Données « fictives »

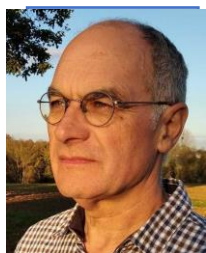


Interculture Pois/Tournesol :





Déterminants de la haute performance azotée



Raymond Reau

INRAE

avec Marine Bedu et Sarah Gaillard

20 situations étudiées avec un taux de réussite de 4/20 en lixiviation et 18/20 en volatilisation

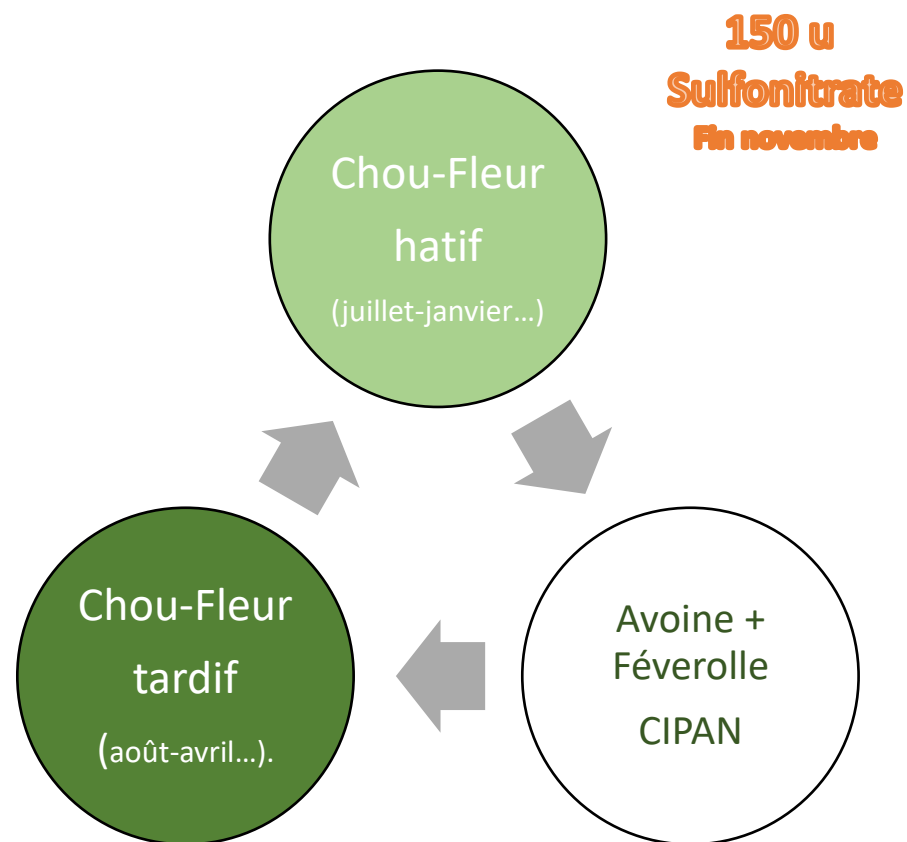
Pertes		Volatilisation d'ammoniac (kg N/100 kg N aportés)		
		Plus de 10%	Entre 5 et 10%	Moins de 5%
Lixiviation de nitrate (kg N/100 mm de lame d'eau drainante)	Moins de 5			
	Entre 5 et 10	2		2
	Plus de 10		1	15

Les situations étudiées et le taux de réussite

Pertes		Volatilisation d'ammoniac (kg N/100 kg N aportés)		
		Plus de 10%	Entre 5 et 10%	Moins de 5%
Lixiviation de nitrate (kg N/100 mm de lame d'eau drainante)	Moins de 5			
	Entre 5 et 10	Champagne : céréaliier référence Champagne : céréaliier innovant		La Saussaye (28) : amélioré <u>Finistère (29): légumier « innovant »</u>
	Plus de 10		La Saussaye (28) – V0	Finistère (29): légumier V0 Bretagne : céréaliier avec fumier de volailles La Saussaye (28) : Abio autonome V0 La Saussaye (28) : Abio autonome « amélioré » La saussaye (28) : Abio productif V0 La Saussaye (28) : Abio productif « amélioré 1 » La Saussaye (28) : Abio productif « amélioré 2 » <u>Berry : Rotation courte en limon V0</u> Berry : Rotation courte en limon « innovant » Berry : Rotation courte en arg-calcaire + V0 Berry : Rotation courte/a-calcaire + « innovant » Berry : Rotation courte en arg-calcaire - V0 Berry : Rotation courte/a-calcaire - « innovant » Corbas : Abio « diversité » Corbas : Abio « fertilité »

Un exemple de haute performance en lixiviation du nitrate

Finistère (29) : choux-fleurs « innovant »

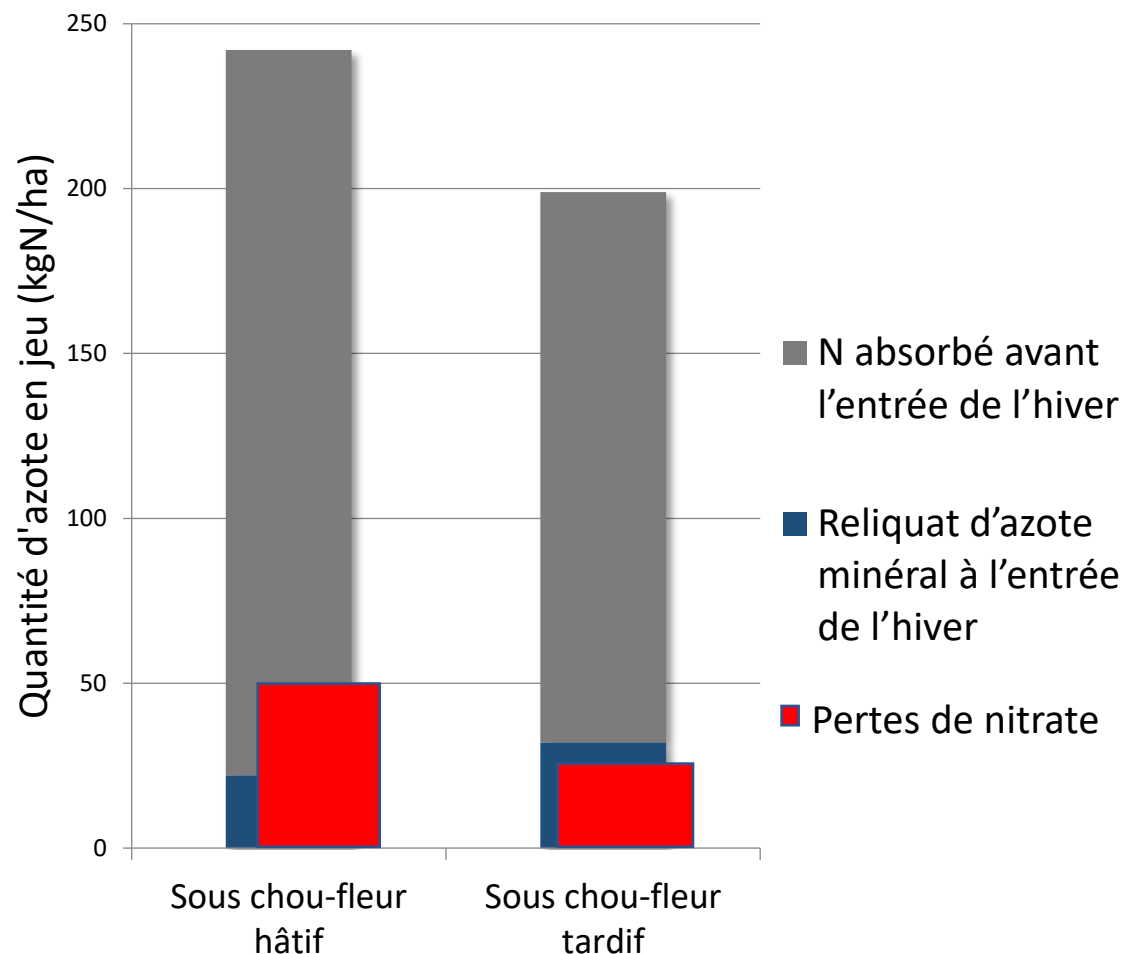


Pluviométrie
Limon profond
Lame d'eau drainante

874 mm
MO=2,7 RU 150 mm
4-500 mm

2 cultures d'hiver + 1 CIPAN de printemps
Piège à nitrate : 2 ans/2

Finistère (29) : choux-fleurs

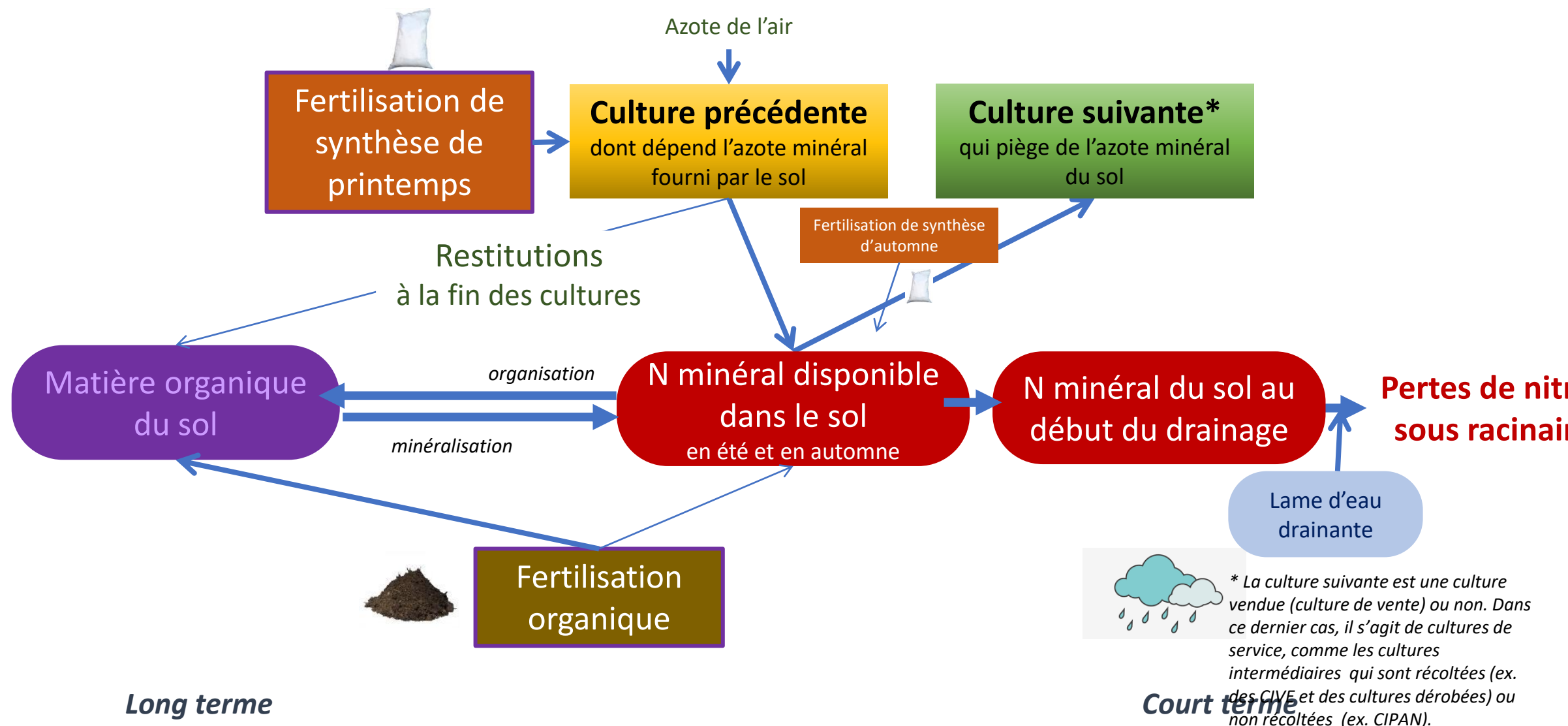


Pluviométrie 874 mm
 Limon profond MO=2,7 RU 150 mm
 lame d'eau drainante 4-500 mm
 Lixiviation 39 kg N/ha
 soit 9,5 kg N /100 mm

Beaucoup d'azote disponible en été et automne
 Peu d'azote potentiellement lessivable en Aut.
Faibles pertes de nitrate

Les déterminants d'une haute performance en lixiviation de nitrate

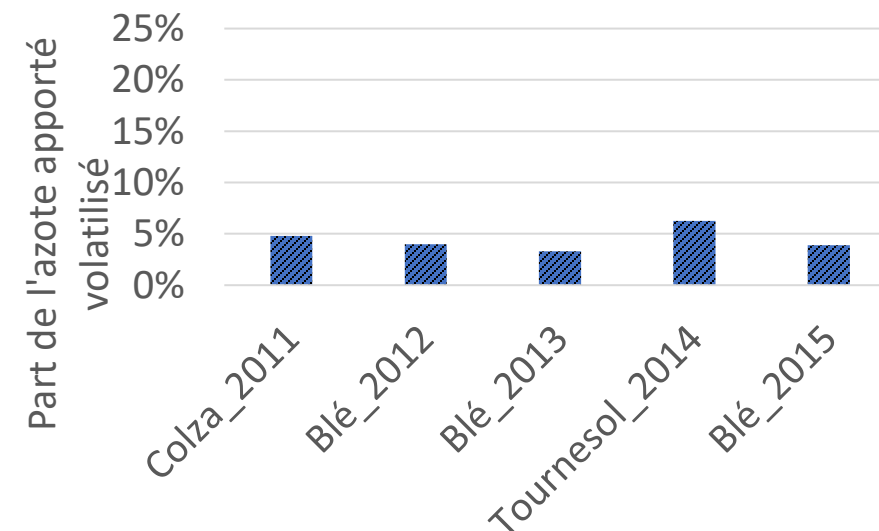
Les déterminants des pertes de nitrate en automne-hiver



Un exemple de haute performance en volatilisation

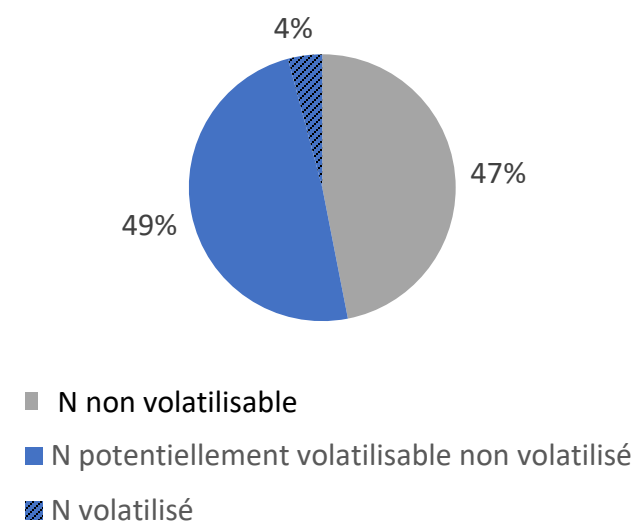
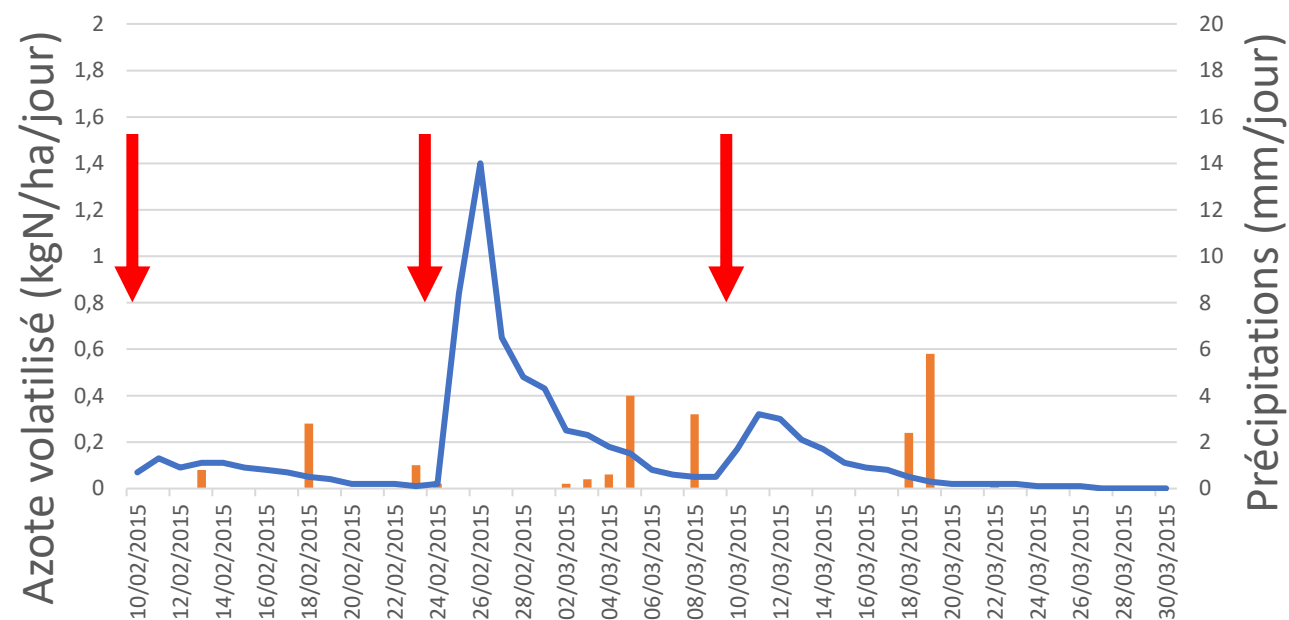
Berry : rotation en limon avec une fertilisation à base d'ammonitrate

COLZA	10/02/11 Sulfonitrate d'ammoniaque 50uN 25/02/11 Ammonitrate 33,5 100uN 10/03/11 Ammonitrate 33,5 42uN
BLÉ D'HIVER	10/02/12 Ammonitrate 33,5 50uN 25/02/12 Ammonitrate 33,5 100uN 10/03/12 Ammonitrate 33,5 40uN
BLÉ D'HIVER	10/02/13 Ammonitrate 33,5 50uN 25/02/13 Ammonitrate 33,5 100uN 10/03/13 Ammonitrate 33,5 40uN
TOURNESOL	16/04/14 Ammonitrate 33,5 50uN
BLÉ D'HIVER	10/02/15 Ammonitrate 33,5 50uN 25/02/15 Ammonitrate 33,5 100uN 10/03/15 Ammonitrate 33,5 40uN

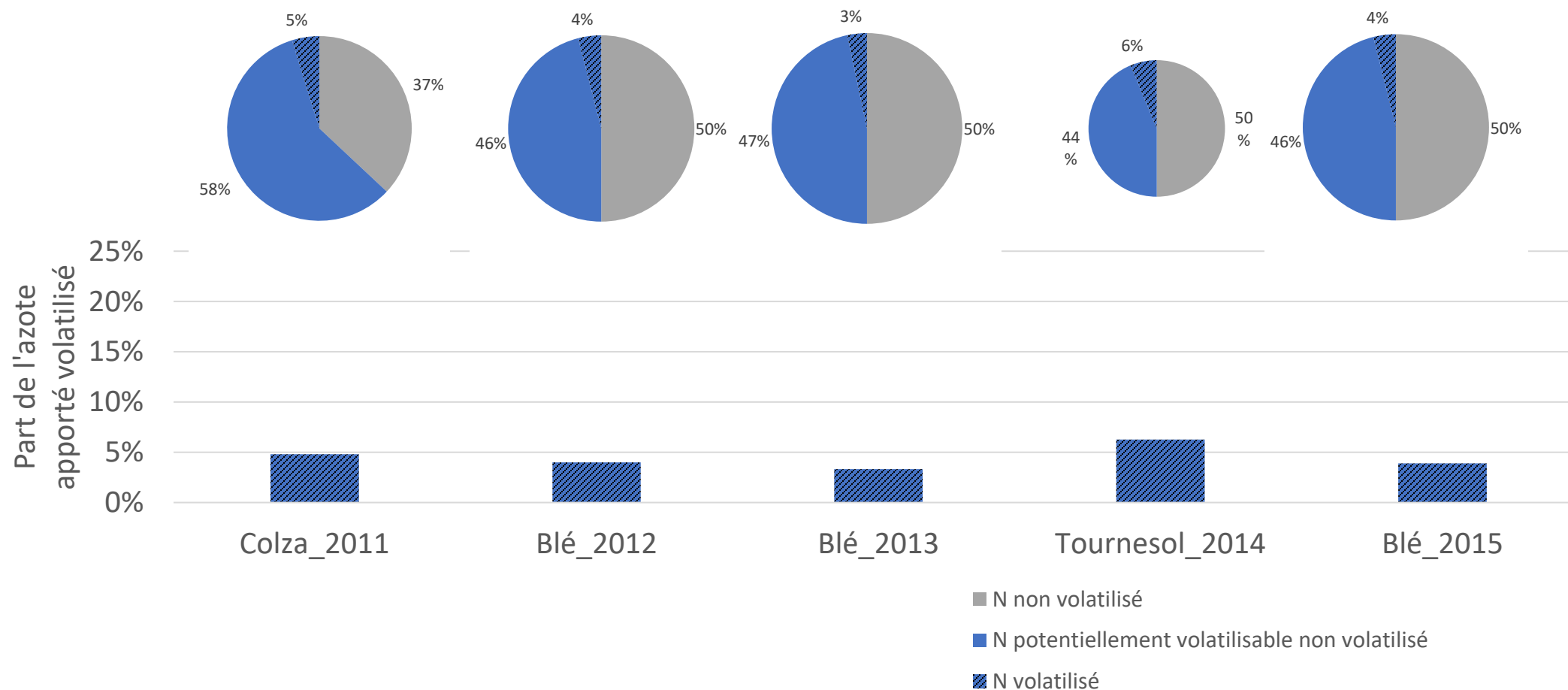


Berry : rotation en limon avec une fertilisation à base d'ammonitrate

Volatilisation quotidienne et précipitations lors
de la fertilisation du blé d'hiver 3

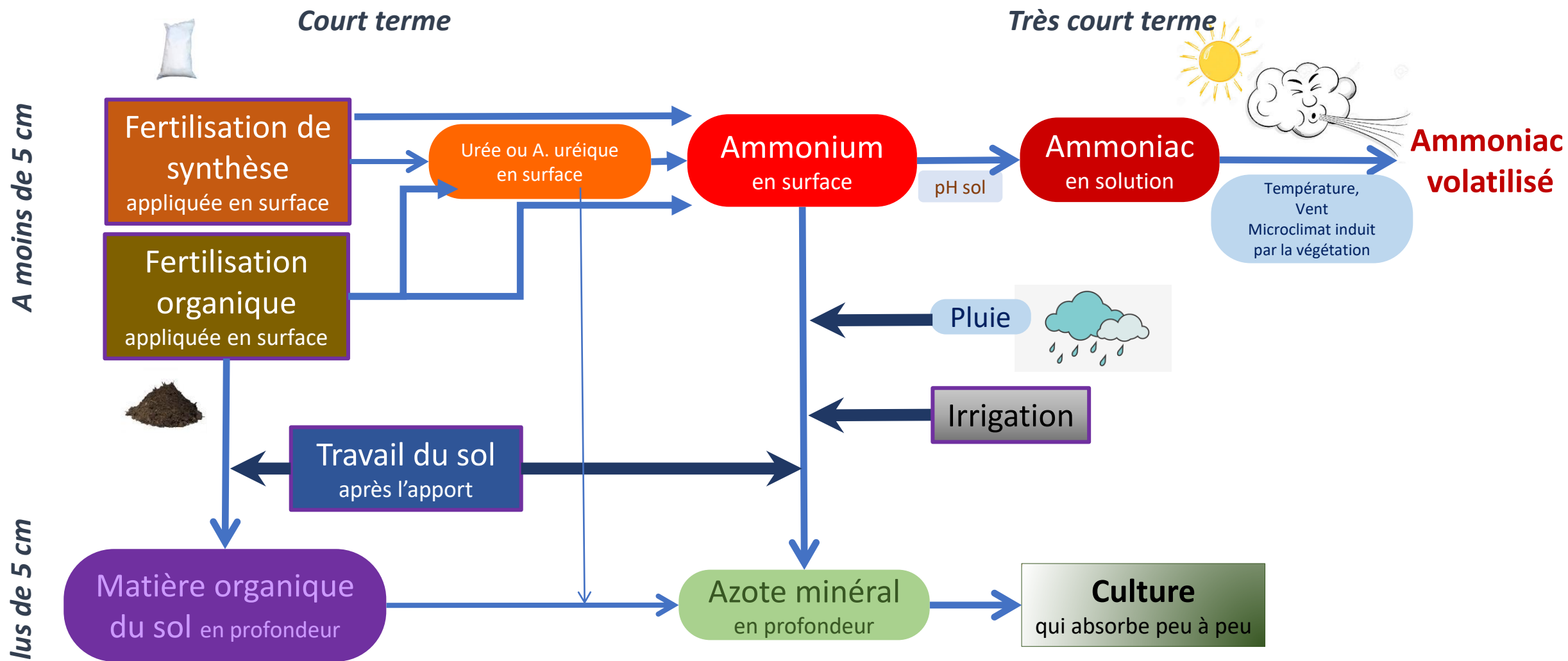


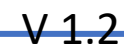
Berry : rotation en limon avec une fertilisation à base d'ammonitrate



Les déterminants d'une haute performance en volatilisation

Les déterminants de la volatilisation de l'ammoniac





Conclusion

- Des risques de pertes d'azote qui dépendent du climat et du sol
- La **volatilisation de l'ammoniac** : d'abord une question d'efficacité de chaque apport dans les jours qui le suivent, une question de cohérence des pratiques récentes entre elles
- La **lixiviation du nitrate** : une question de cohérence des pratiques entre elles. Pratiques des dernières semaines, pratiques des derniers mois, pratiques des dernières années...
- **Haute performance ≠ sans « mauvaise » pratique**
- ATTENTION : il y a souvent plusieurs voies (combinaisons) pour l'atteindre
→ laissons aux agriculteurs le soin de choisir la voie qu'ils souhaitent privilégier... tant que la haute performance est au rendez-vous



Fin de la session 2 : Réponses aux questions posées dans la conversation

Pour les questions dont les réponses sont différées :

- Paul TAUVEL :
- Raymond REAU :

p.tauvel@itbfr.org

raymond.reau@inrae.fr

Colloque de restitution du projet Agro-éco-Syst'N

Des systèmes agroécologiques à hautes performances azotées
par le diagnostic des pertes avec l'outil Syst'N®

27 novembre 2020

Pause de la mi-journée



La visioconférence reprendra à 14h00



... reconnectez-vous avec quelques minutes d'avance !

Bon appétit et à tout à l'heure

Colloque de restitution du projet Agro-éco-Syst'N

Des systèmes agroécologiques à hautes performances azotées
par le diagnostic des pertes avec l'outil Syst'N®

27 novembre 2020 – pause de la mi-journée

 **A tout à l'heure ! La visioconférence commencera à 14h00** 

 En attendant l'heure fixe :

- **Vérifiez** que vous êtes bien identifié(e) dans la liste des participants avec vos nom, prénom et organisme (à faire avant de se connecter à la réunion)
- **Coupez** votre caméra et votre micro pour libérer le débit et éviter les bruits parasites
- **Si possible, branchez et configurez** un casque avec microphone pour limiter l'écho
- Si vous le souhaitez, vous pouvez télécharger le diaporama (lien dans le *chat*)

Merci et à tout de suite !

Il est 14h : Bienvenue à ceux qui nous rejoignent

Pour le bon déroulement de l'après-midi, merci de bien vouloir...

- S'identifier dans la liste des participants avec ses nom, prénom et organisme
- Dans la mesure du possible, utiliser un casque avec microphone

Micro et caméra :

- **Les couper** pour éviter les bruits parasites et améliorer le débit
- **Les maintenir désactivés pendant toute la durée de la visioconférence, ne les activer que si un animateur vous demande de prendre la parole**

Pour participer :

- Pendant les interventions, poser ses questions **par écrit uniquement** dans la « **conversation** »
- **Préciser votre positionnement** (conseiller agricole, animateur de bassin, chercheur, enseignant...)
- Les animateurs poseront ensuite vos questions oralement aux intervenants



Cliquez dans le diaporama pour faire disparaître la barre d'outils !



😊 **MERCI !**

Rappel : points traités au cours de la matinée

• Session 1 : introduction

- ♣ Un projet collaboratif pour identifier des systèmes à faibles pertes d'azote
- ♣ Qu'est-ce qu'un système à Hautes Performances Azotées (HPN) ?

• Session 2 : évaluation des pertes d'azote

- ♣ Comment évaluer les pertes d'azote dans les champs cultivés ?
- ♣ Syst'N®, un outil pour connaître les pertes d'azote à l'échelle pluriannuelle des systèmes de culture
- ♣ Evaluation de la plateforme Syppre en Champagne
- ♣ Déterminants de la haute performance azotée



M Heurtaux, Acta



JF Vian, Isara



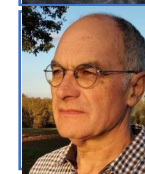
V Parnaudeau, INRAE



M Bedu, INRAE/Acta



P Tauvel, ITB



R Reau, INRAE

Programme de l'après-midi (14h – 16h15)

• Session 3 : diagnostic des pertes d'azote

- ♣ Comment diagnostiquer les causes des pertes d'azote ?
- ♣ Contribution de l'outil Syst'N® au diagnostic
- ♣ La démarche de diagnostic mise en œuvre au Lycée de la Saussaye

• Session 4 : valorisation des résultats

- ♣ Des ressources pour le conseil, la formation et/ou l'enseignement
- ♣ Témoignages et expériences pratiques
- ♣ PERTAZOTE, un panorama des résultats obtenus en expérimentations au champ ou estimées avec Syst'N®

• Conclusions et clôture



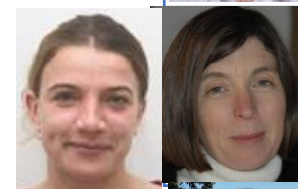
C Le Gall, Terres Inovia



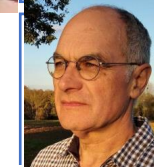
L Guillomo et M Thirard,
ferme de La Saussaye



JF Vian, Isara



A Guézengar, CRAB
et C Leclercq, UniLaSalle



R Reau, INRAE



V Parnaudeau, INRAE

Session 3 : Diagnostic des pertes d'azote

Comment diagnostiquer les causes des pertes d'azote ?



Cécile Le Gall

Terres Inovia

Pourquoi faire un guide diagnostic des pertes?

- Chiffrer les pertes est un bon début...
 - Mais pour avancer, et aller vers des systèmes de culture à faibles pertes...
 - Il faut COMPRENDRE et EXPLIQUER les déterminants et leurs interactions, afin de faciliter in fine la conception de nouveaux systèmes.
- ➔ Objectif du guide : proposer une méthode « pas à pas » pour réaliser ce diagnostic

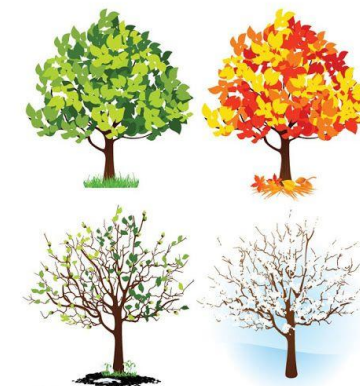
NB : le guide prévoit d'utiliser SystN à plusieurs étapes mais il est aussi possible de conduire le diagnostic avec d'autres outils

NB 2: le guide ne concerne que les pertes de nitrate et d'ammoniac

Analyser la situation

- L'échelle d'analyse, la situation = *un champ cultivé* (ie. un peuplement qui se développe sur un sol donné) *soumis à un système de culture et à un climat*
- Il faut parvenir à avoir une vue d'ensemble de la situation : ses constituants (*variables d'état du système + autres variables décrivant les pratiques, le climat et le sol*), **ses processus** et comment ils interagissent
 - ♣ Les pratiques « clés »
 - ♣ Les états « clés »

} **Ceux qui sont les plus déterminants pour expliquer et prédire les pertes d'azote**
- Le champ cultivé évolue au cours du temps et traverse différents états ➔ *identification des moments « décisifs » de la campagne pour observer son champ cultivé*
 - ♣ Exemple pour le nitrate : entrée d'hiver



Analyser la situation

- Formalisation au travers de **logigrammes des liens entre états clés, pratiques clés et pertes d'azote**
➔ identifier les goulots d'étranglement qui conduisent à des états « critiques »

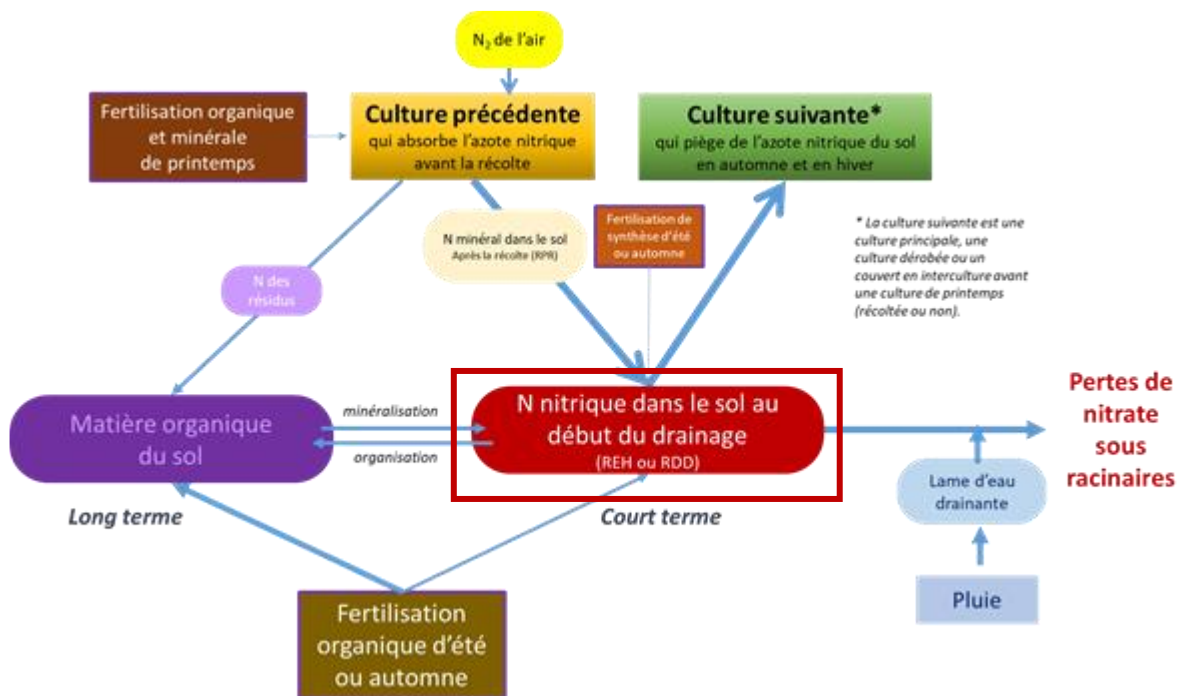


Figure 1 – Pratiques et états clés pour les pertes du nitrate en automne-hiver sous cultures annuelles

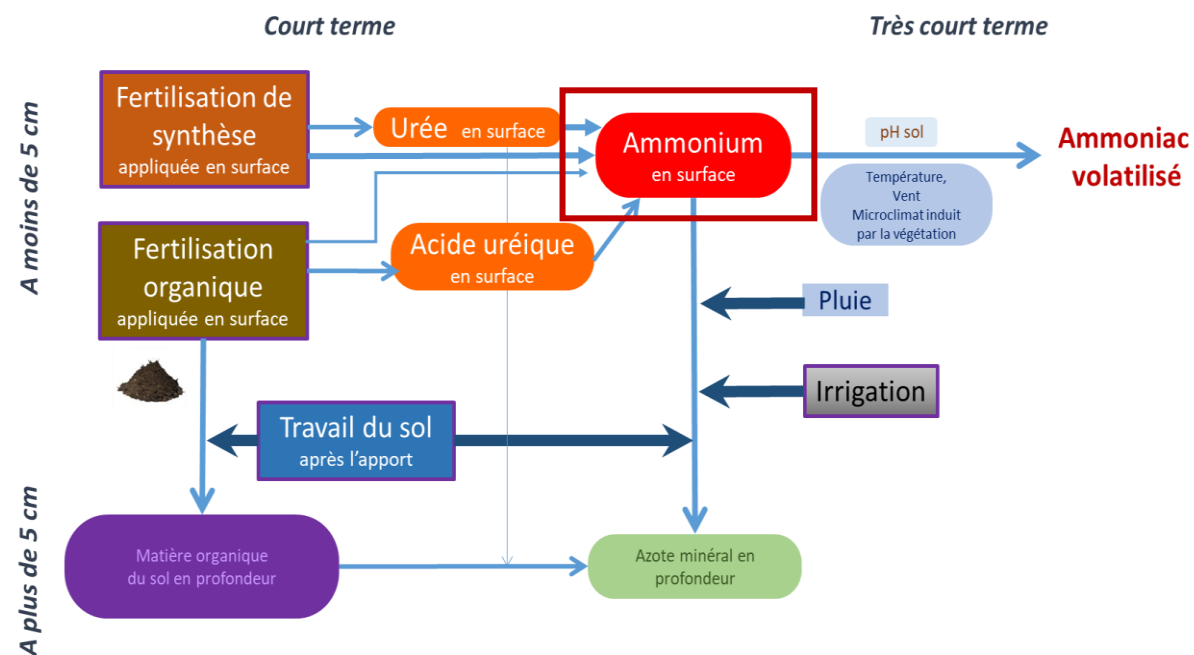
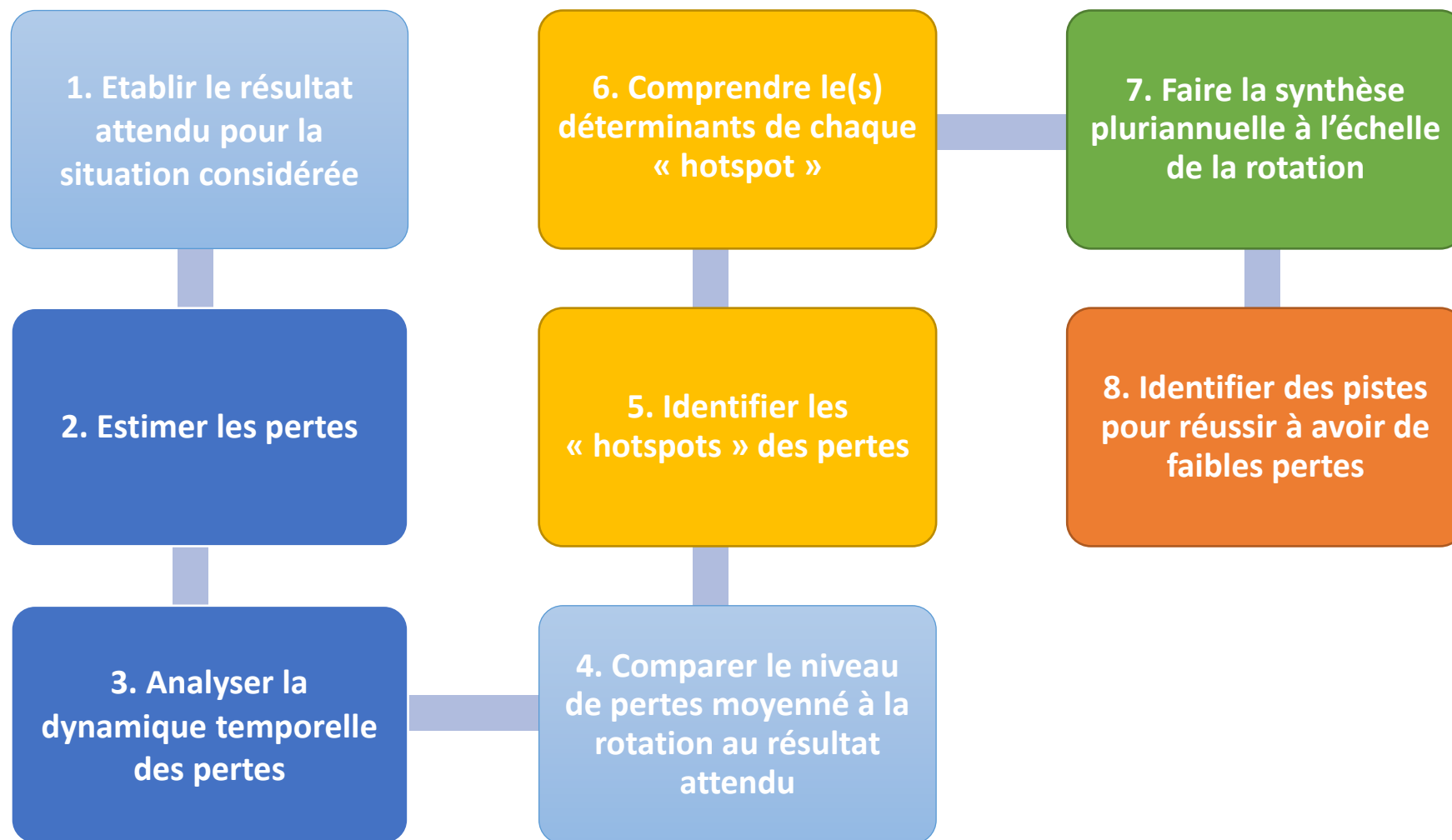


Figure 2 – Pratiques et états clés pour les pertes par volatilisation au moment des apports

NB : pour les pertes de nitrate, deux autres logigrammes ont été dérivés de la figure 1 pour s'adapter aux cas des pertes sous cultures pérennes ainsi qu'aux cas de pertes printemps sous cultures d'été

Démarche générale du diagnostic



- Même démarche générale pour les pertes de nitrate et d'ammoniac
- Mais des adaptations pour chacune, notamment sur les étapes 3, 5 et 6

Etape 1 – Etablir le résultat attendu

1. Etablir le résultat attendu pour la situation considérée

- Dans l'idéal, il faut établir un résultat adapté à chaque situation
 - ♣ Ne pas fixer un seul seuil mais plusieurs pour définir des « classes » : classe de réussite / classe d'échec / classe intermédiaire de résultats « acceptables »
- Si cela n'est pas possible, s'appuyer sur les niveaux de performances élaborés dans le cadre du projet AESN:

Seuils de pertes	Volatilisation d'ammoniac : > 10 % des apports (kg N pour 100 kg N apportés)	Volatilisation d'ammoniac : 5 % à 10 % des apports (kg N pour 100 kg N apportés)	Volatilisation d'ammoniac : < 5 % des apports (kg N pour 100 kg N apportés)
Lixiviation de nitrate : < 5 kgN/100 mm de lame d'eau drainante		Haute performance azotée (HPN)	Haute performance azotée (HPN)
Lixiviation de nitrate : 5 à 10 kgN/100 mm de lame d'eau drainante			Haute performance azotée (HPN)
Lixiviation de nitrate : > 10 kgN/100 mm de lame d'eau drainante			

Haute performance azotée (HPN)
 Performance azotée partielle
 Basse performance azotée

Etape 2 – Estimer les pertes

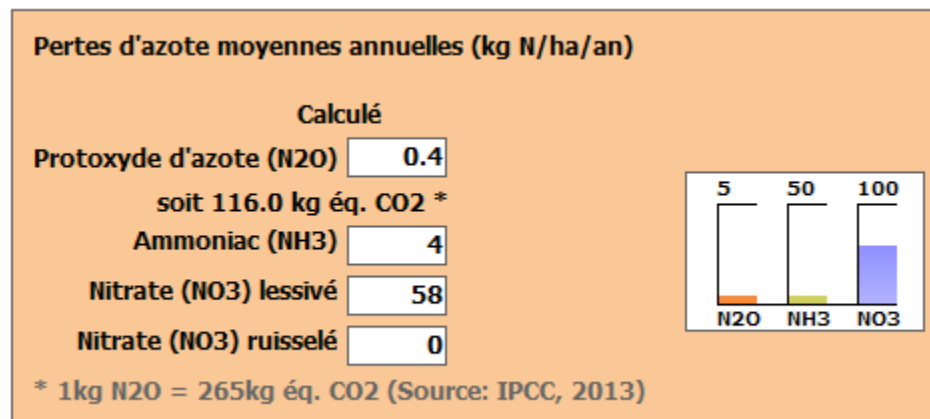
2. Estimer les pertes

- Les pertes peuvent être mesurées directement au champ (le plus précis!) mais ces mesures sont lourdes et coûteuses
 - ♣ Utilisation de SystN!
 - ♣ Ou d'autres outils (ex : LIXIM, STICS, INDIGO etc.)
- La fiabilité des résultats dépend beaucoup de la qualité des données d'entrée fournie aux outils → **estimer l'incertitude est crucial**

Etape 3 – Analyser la dynamique temporelle des pertes

3. Analyser la dynamique temporelle des pertes

- Calculer les pertes moyennes à la rotation



(outil de visualisation des résultats → 1^{er} onglet)



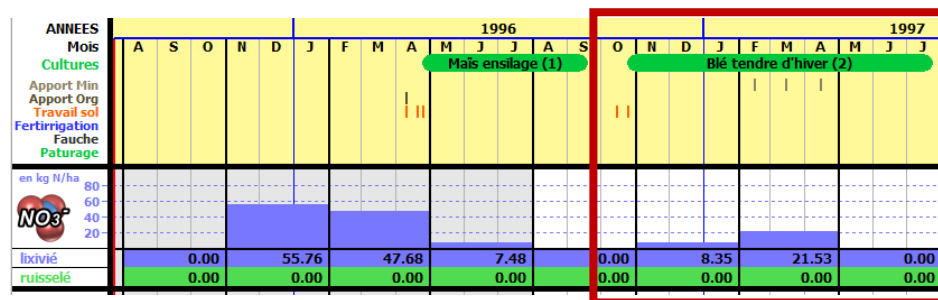
Etape 3 – Analyser la dynamique temporelle des pertes

3. Analyser la dynamique temporelle des pertes

- Pertes « annuelles »: à regarder sur l'ensemble des cultures répétées sur les différentes années climatiques → *est-ce que les pertes sont « toujours au même endroit »?*

Nitrate

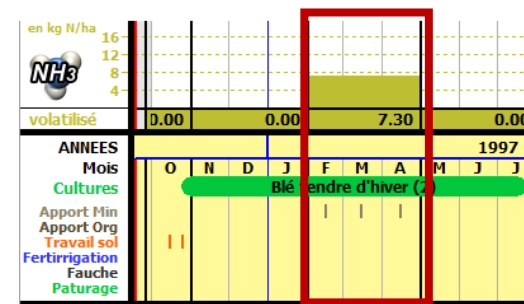
Perte moyenne par succession de deux cultures, entre la récolte de la culture précédente et celle de la culture suivante



(outil de visualisation des résultats
→ 3^{ème} onglet « Succession »)

Ammoniac

Perte moyenne pour chaque période d'apport de chaque culture



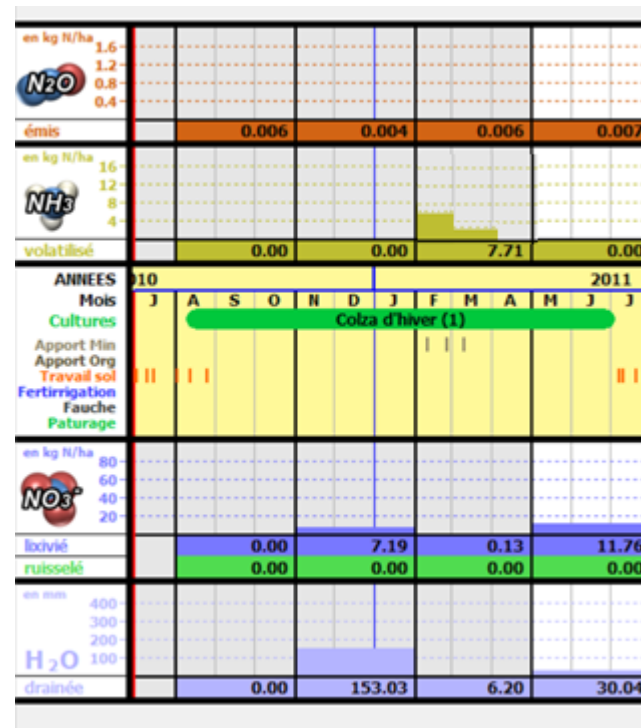
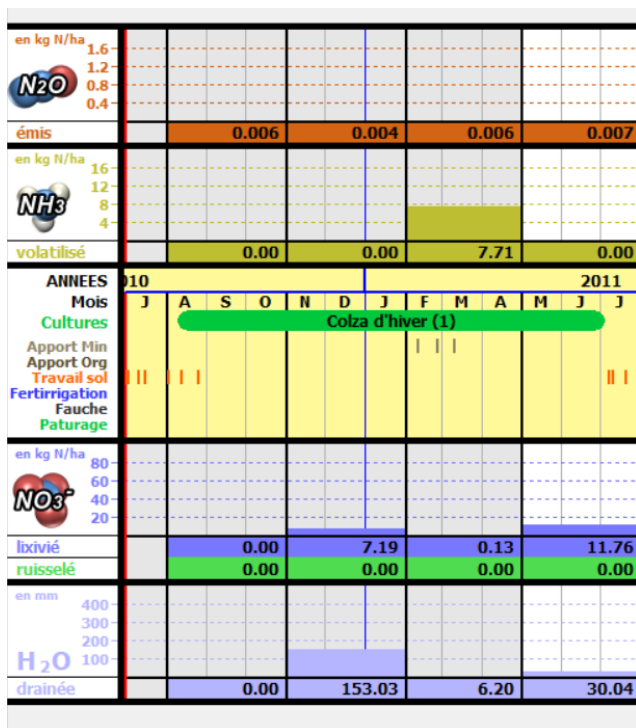
(outil de visualisation des résultats
→ 3^{ème} onglet « Succession »)

Etape 3 – Analyser la dynamique temporelle des pertes

3. Analyser la dynamique temporelle des pertes

Propositions d'évolution de l'interface pour mieux accompagner le diagnostic de l'ammoniac

Visualisation globale à l'échelle du mois et non plus du trimestre



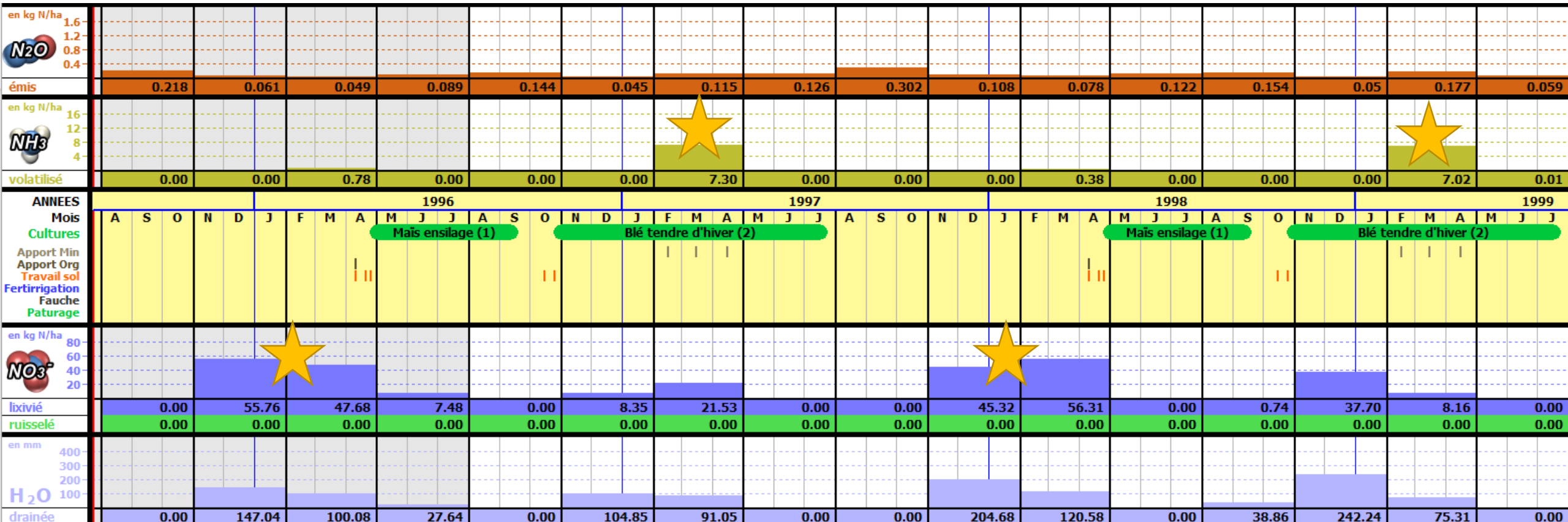
Etape 4 – Comparer les pertes au résultat attendu

4. Comparer le niveau de pertes moyenné à la rotation au résultat attendu

- Comparer la valeur moyenne obtenue à l'échelle de la rotation au résultat attendu
 - ♣ Si elle est supérieure → comment l'expliquer?
 - ♣ Si elle inférieure → Bravo!
- Tenir compte de l'incertitude autour des estimations de pertes!

Etape 5 – Identifier les hotspots

5. Identifier les
« hotspots » des pertes



(outil de visualisation des résultats → 3^{ème} onglet « Succession »)

Etape 6 – Comprendre les déterminants

6. Comprendre le(s)
déterminants de chaque
« hotspot »

- L'analyse doit se faire pour chaque hotspot, car potentiellement, les déterminants peuvent être déterminants
 - ♣ En cas de « motif récurrent », on peut tenter de faire une analyse groupée
- Pour chaque hotspot, on analyse le lien entre pratiques clés et état clés (cf logigrammes)

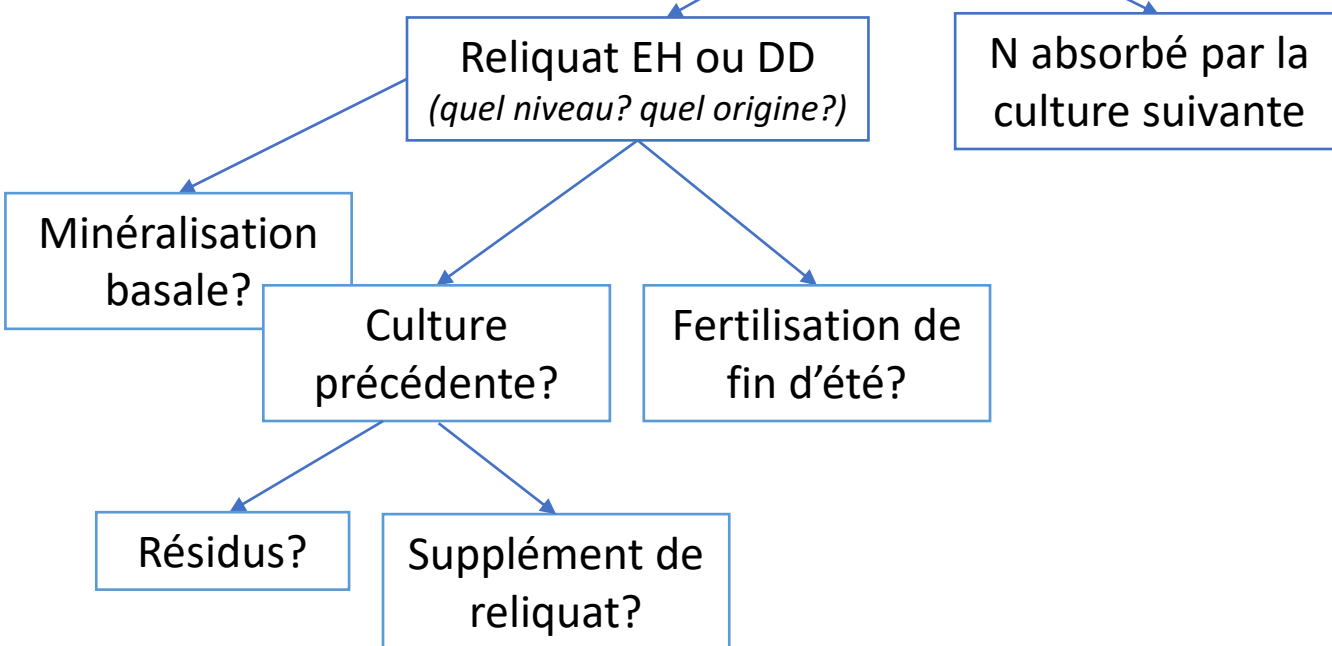
Etape 6 – Comprendre les déterminants

6. Comprendre le(s)
déterminants de chaque
« hotspot »

Nitrate

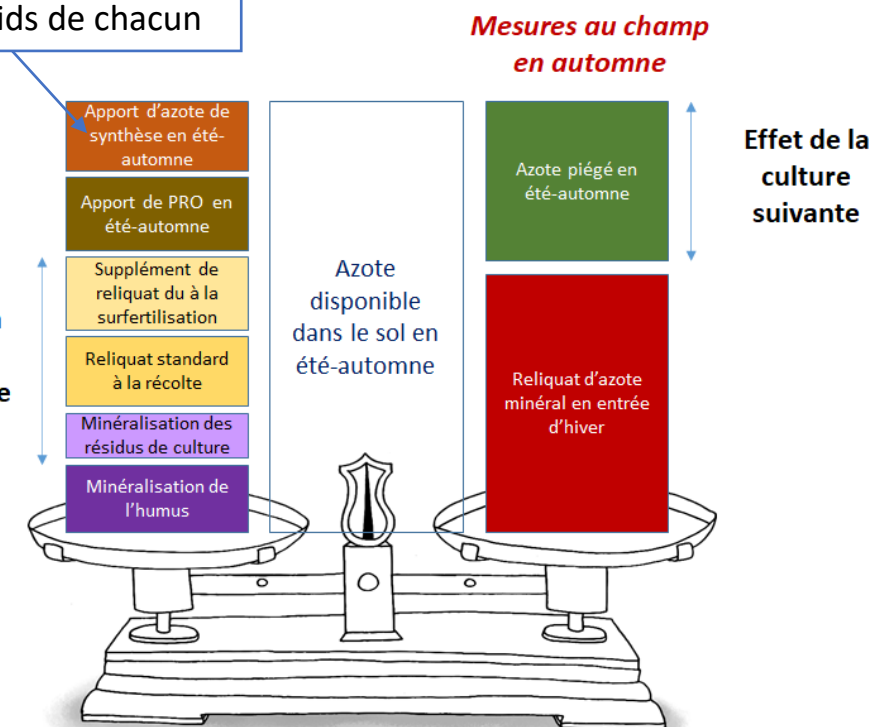
Lame d'eau drainante x Qté d'azote nitrique disponible
au début du drainage

Difficilement maîtrisable



Compléter chaque item pour
estimer le poids de chacun

Effet de la
culture
précédente



→ utiliser la macro de SystN pour
estimer les différents postes – sauf
supplément de reliquat lié à la sur-fertilisation



6. Comprendre le(s) déterminants de chaque « hotspot »

Utilisation de l'onglet « Succession » et « Azote sol/plante » de SystN pour avoir une vue d'ensemble



Etape 6 – Comprendre les déterminants

6. Comprendre le(s)
déterminants de chaque
« hotspot »

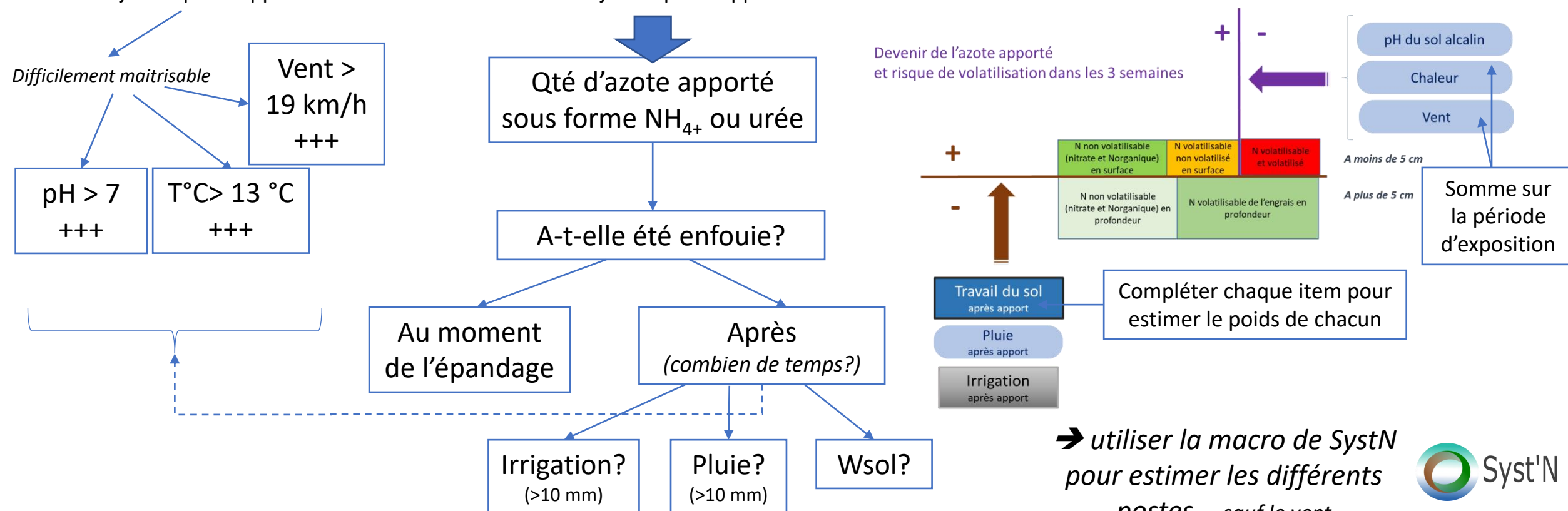
Ammoniac

T°C / pH / Vent

sur 21 jours après l'apport

x Qté d'ammonium présent en surface

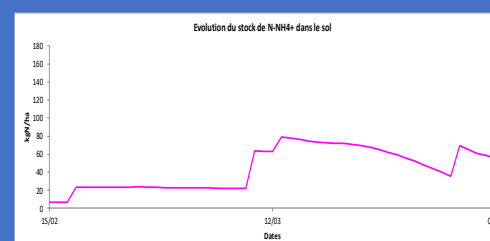
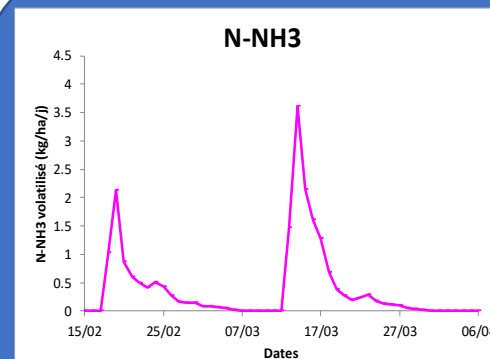
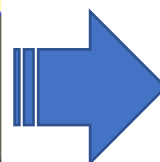
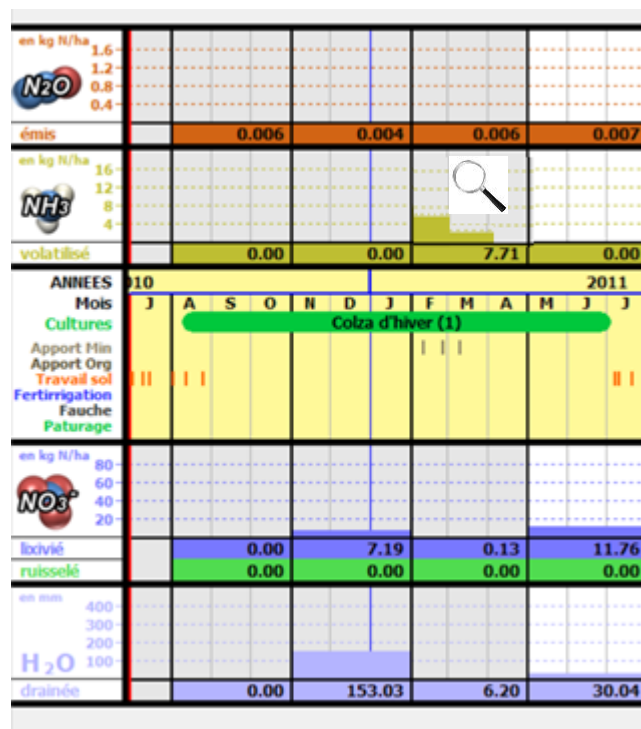
sur 21 jours après l'apport



Etape 6 – Comprendre les déterminants

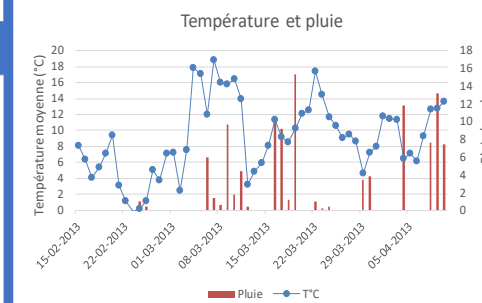
6. Comprendre le(s)
déterminants de chaque
« hotspot »

Propositions d'évolution de l'interface pour mieux accompagner le diagnostic de l'ammoniac :
Visualisation au pas de temps journalier des pertes & déterminants



Conduite culturale:

- Colza 01 – simulation XX
- Apports min.
 - 15/02 : 40
 - 25/02 : 80
 - 10/03 : 40
- Apports organiques : 0
- Irrigation : 0
- Travail du sol : rien



Etape 7 – Faire la synthèse

7. Faire la synthèse pluriannuelle à l'échelle de la rotation

- La distribution des pertes entre années
 - ♣ Les pertes sont-elles en moyenne élevées ou non?
 - ♣ Est-ce que les hautes performances de certaines années compensent les faibles performances des autres?
 - ♣ On recherche un équilibre (on ne peut pas être bon partout)
- Les explications des faibles performances azotées
 - ♣ Identification des « combinaisons perdantes »
- Et surtout, qu'est ce que nous apprend l'analyse des pertes sur le **fonctionnement du champ cultivé?**
 - ♣ Quels sont les goulots d'étranglements?

Etape 8 – Identifier les pistes pour réussir à avoir de faibles pertes

8. Identifier des pistes pour réussir à avoir de faibles pertes

- Imaginer comment débloquer les goulots d'étranglements
 - ♣ Nouvelle combinaison de « pratiques clés »
 - ♣ Vérifier, par simulation, que ces nouvelles combinaisons permet de conduire à une haute performance azotée
- Pour aller plus loin, reconcevoir le système dans l'objectif d'avoir de faibles pertes
 - ♣ Mais cela ne veut pas dire qu'il faille chercher à éliminer toutes les combinaisons « perdantes » ➔ il que la performance GLOBALE soit satisfaisante mais pas forcément sur tous ses modules!
 - ♣ Tester l'impact d'un changement d'une seule pratique n'est pas une reconception : il faut réfléchir le système dans sa cohérence globale





Réponses aux questions posées dans la conversation

Pour les questions dont les réponses sont différées :

- Cécile le GALL :

c.legall@terresinovia.fr

La démarche de diagnostic mise en œuvre au Lycée de la Saussaye



Margaux Thirard

Ferme de l'EPLEFPA de
Chartres-La Saussaye



Lucille Guillomo

Ferme de l'EPLEFPA de
Chartres-La Saussaye

La ferme de la Saussaye, une station expérimentale

- 140 ha de grandes cultures non irriguées, dont 40 en AB.
- Proximité directe de deux captages alimentant Chartres Métropole.

Enjeu Eau souterraine



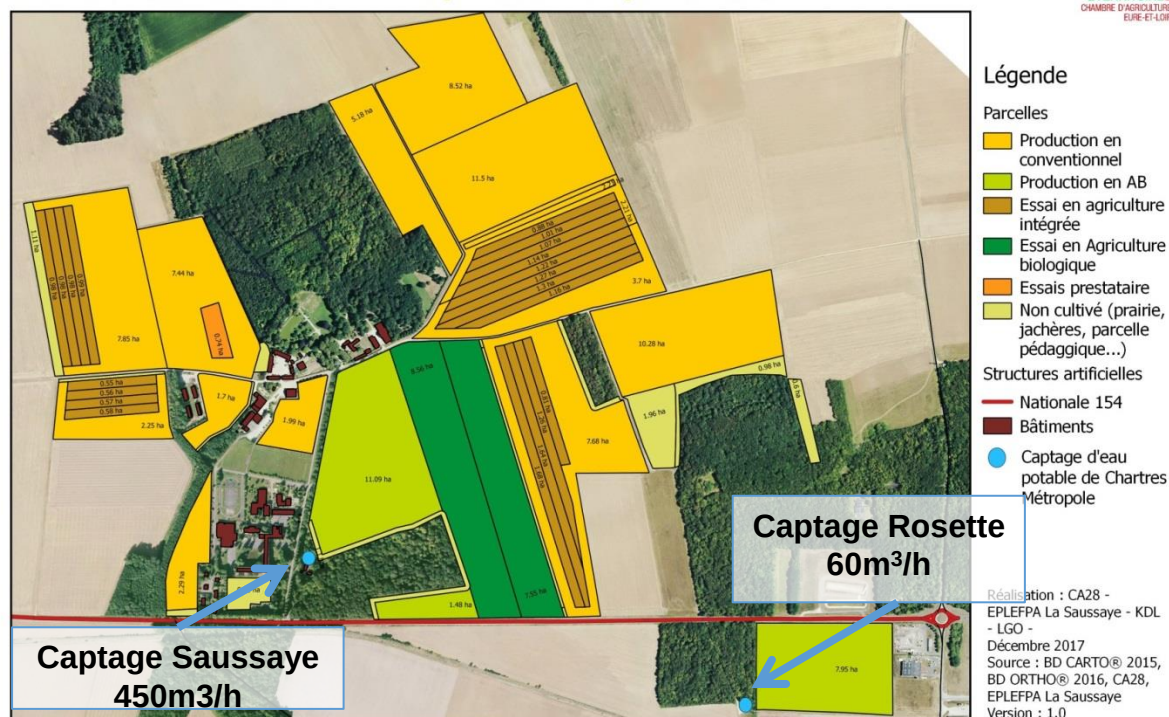
Objectif = 50 mg/L de NO_3^-



Soit des pertes de 15 U d'N /ha dans notre contexte

A proximité de Chartres, en Eure-et-Loir

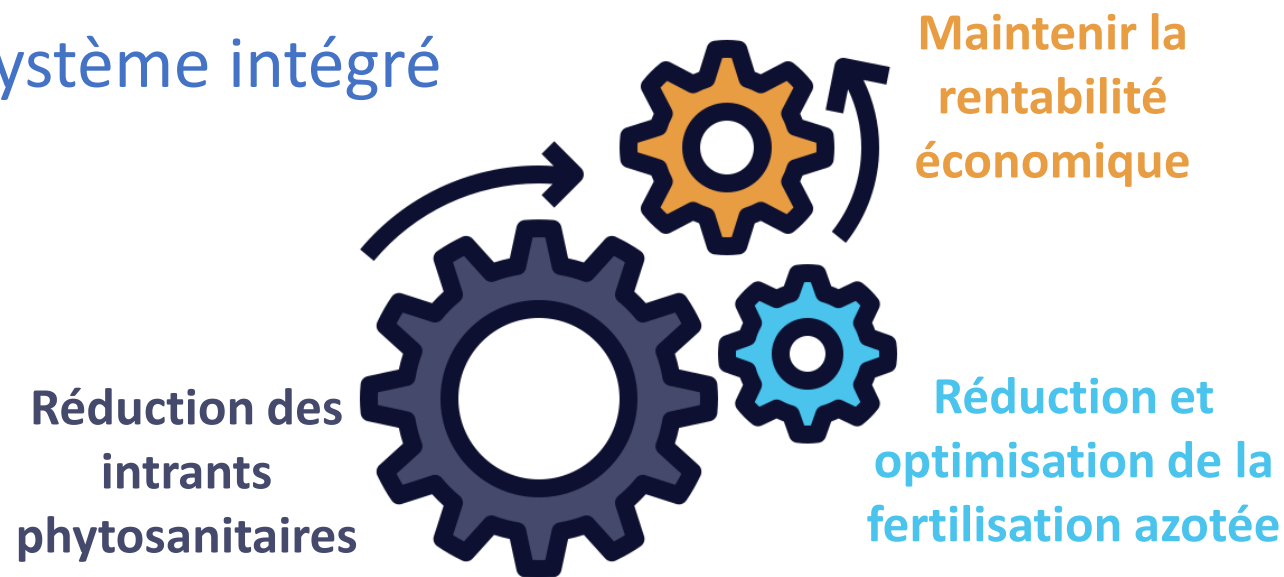
Exploitation de l'EPLEFPA Chartres La Saussaye Localisation des essais et des parcelles en production



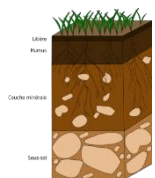
La ferme de la Saussaye, une station expérimentale

- 140 ha de grandes cultures non irriguées, dont 40 en AB.
- Proximité directe de deux captages alimentant Chartres Métropole.
- Deux expérimentations système :

➤ Focus sur le système intégré



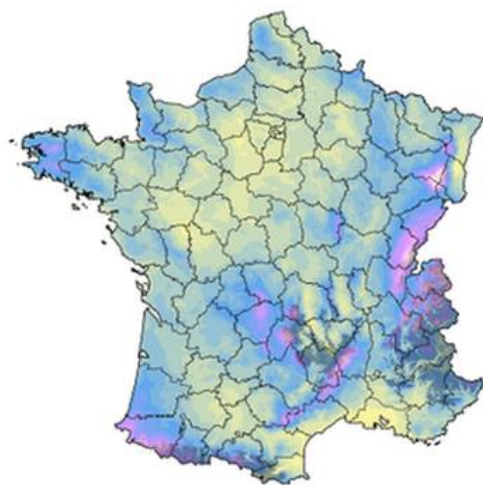
Contexte pédoclimatique



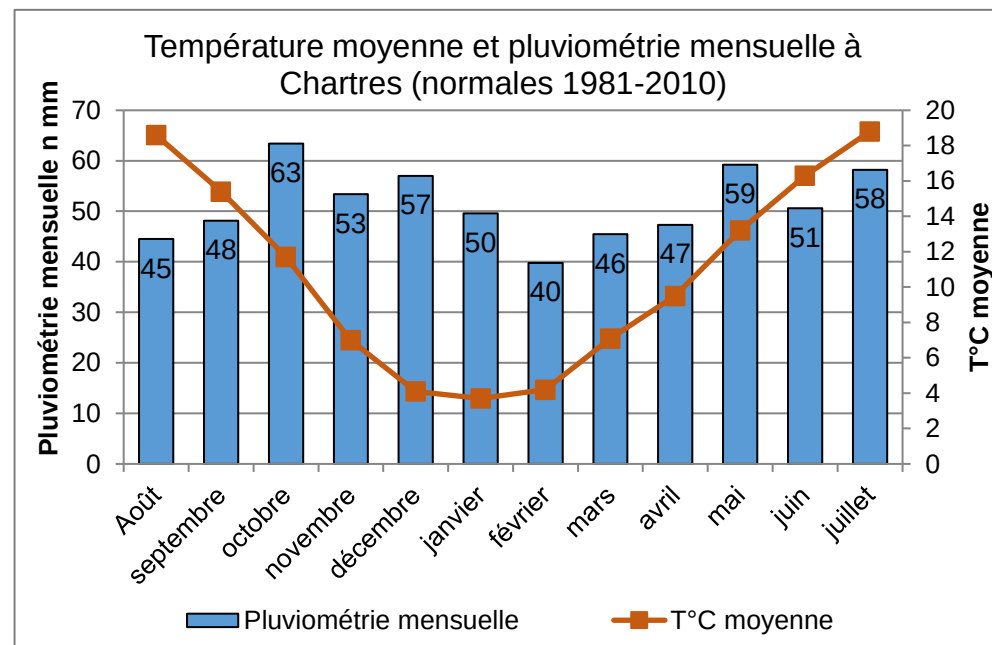
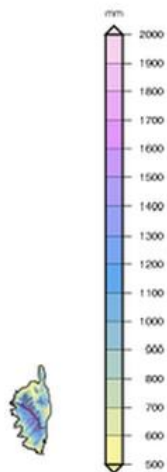
Limons argileux moyennement profonds à profonds sur calcaire de Beauce



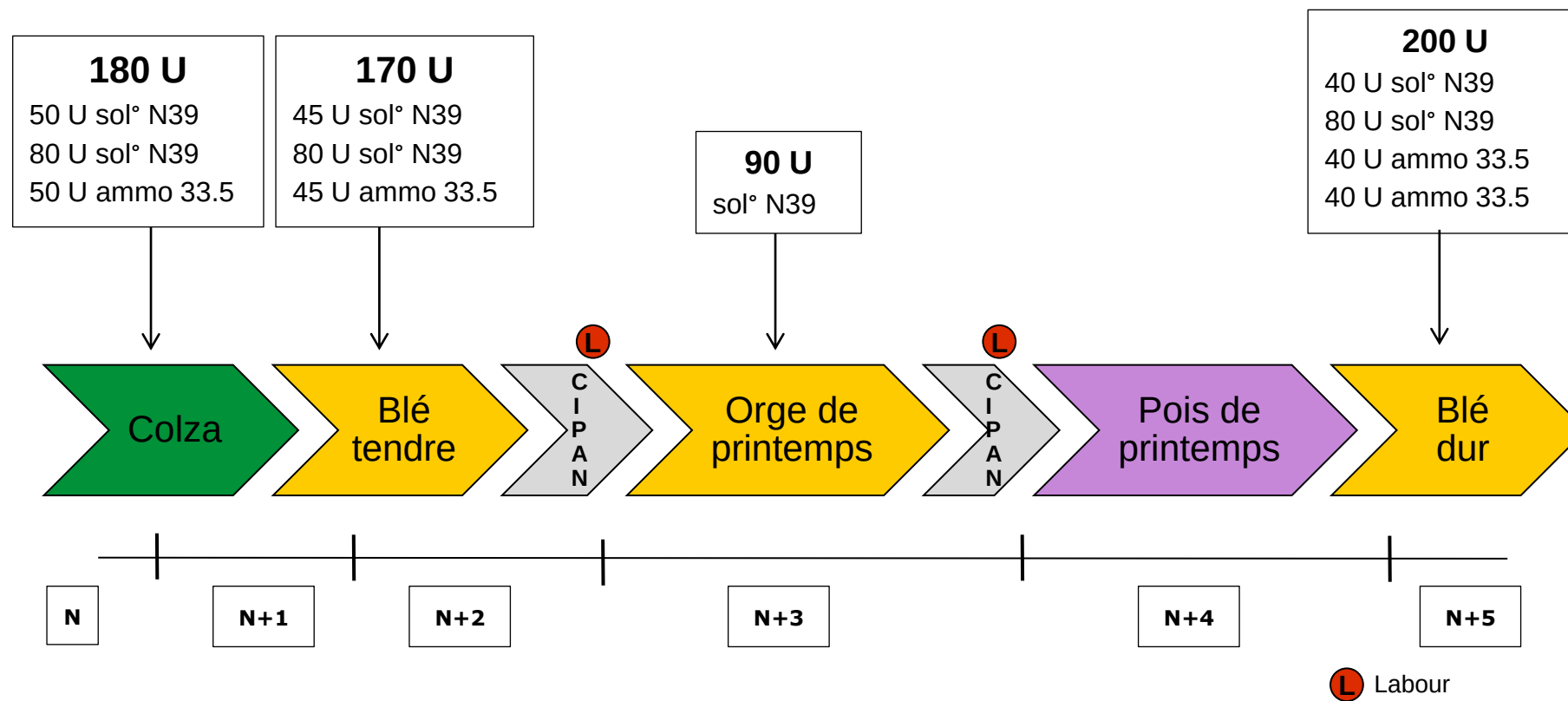
Pluviométrie faible (600 mm) et répartie sur l'année : environ 50 mm par mois.



Moyenne annuelle de référence 1981-2010 des précipitations - MétéoFrance



Système de culture



Diagnostic des pertes avec Syst'N[®]

- Calage du modèle :

- ♣ Itinéraire technique + Sol → Simulation sur la météo réelle
- ♣ Complété par les reliquats (RFC, REH et RSH) et des biomasses cultures

- Diagnostic :

- ♣ Système de culture + Sol → Simulation sur une année à potentiel de lessivage élevé répétée tous les ans
- ♣ Système de culture + Sol → Simulation sur une année à potentiel de lessivage faible répétée tous les ans

> Estimation des pertes maximum et minimum potentielles de notre système de culture

Diagnostic des pertes avec Syst'N®

- Estimations des pertes à l'échelle de la rotation :
 - ♣ 19 U d'N/ha/an en contexte très favorable au lessivage.
 - ♣ 5 U d'N/ha/an en contexte peu favorable
- Identification des déterminants des pertes :

	Colza	Blé tendre	CI	Orge P	CI	Pois P	Blé dur	Moyenne
Lame drainante (mm)	111	129	145		142		131	131
N perdu (U d'N/ha)	0	19	16		21		36	19
Objectif de pertes (U d'N/ha)	13	15	16		16		15	15
Concentration générée dans la lame drainante (mg de NO₃⁻/L)	1.0	66.9	50.4		66.0		122.6	63

Tableau : Résultats issus de SYST'N sur la rotation, en année à fort potentiel de lessivage



Simulation du système de culture en contexte à potentiel de lessivage fort

- Lessivage très important (36 U) sous blé dur de précédent pois. Même chose, c'est cohérent avec ce qu'on observe en réalité : un précédent fort et un « suivant » avec semis tardif et faible absorption automnale.
- Légères pertes sous blé précédent colza (19 U). Le colza est une culture qui laisse un fort reliquat après la récolte. Le blé tendre, semé fin octobre, n'est pas en mesure de piéger cet azote à l'automne.
- Plus de 15 U lessivées sur février/mars devant les cultures de printemps, ce qui est cohérent. Les CIPAN sont semées tard, elles ne permettent pas une bonne absorption de l'N pendant l'automne.
- Pertes importantes sous forme ammoniacale (NH_3) dues à la forme d'apport : environ 12 U/ha/an en moyenne.

Perspectives

- **Améliorations du système envisagées :**
 - ♣ Semis d'une moutarde entre pois et blé dur (du 25/07 au 10/09)
 - ♣ Repousses de colza maintenues de la récolte au 01/09
 - ♣ Semis des intercultures au 20/08
 - ♣ Ammonitrate 33.5 à tous les apports
- **Boucle de progrès :** Simulation d'un système de culture non expérimenté intégrant ces améliorations
 - > **Volatilisation diminuée par deux**
 - > **Pertes de NO_3^- diminuées de 30% permettant d'avoir un système HPN même en cas d'année à fort potentiel de lessivage**



Réponses aux questions posées dans la conversation

Pour les questions dont les réponses sont différées :

- Lucille GUILLOMO : l.guillomo@eure-et-loir.chambagri.fr
- Margaux THIRARD : m.thirard@eure-et-loir.chambagri.fr

Session 4 : Valorisation des résultats

Des ressources pour le conseil, la formation et/ou l'enseignement



Jean-François Vian
Isara



Mathilde Heurtaux
Acta

Les objectifs des ressources créées

Favoriser le développement d'une activité de diagnostic des pertes d'azote: comprendre l'origine des pertes azotées dans les systèmes de culture et les relier aux pratiques culturales pour agir

- Un guide de diagnostic des pertes d'azote
- Un guide de gestion de l'azote dans les systèmes HPN
- Des références sur les dynamiques d'azote de différentes situations:
 - ♣ Données centralisées et accessibles *via* la base de données Pertazote (présentation R. Reau à venir)
 - ♣ Des « monographies »: diagnostic détaillé pour les situations étudiées (légumiers, polyculture-élevage, céréalier, conventionnel, bio...)
- Des supports mobilisables pour la formation: des « cas-types »

Les cas-types: des ressources pour les formateurs ou animateurs de groupes d'agriculteurs

• Qu'est-ce qu'un cas type?

♣ Un document qui analyse les performances azotées d'une **situation**

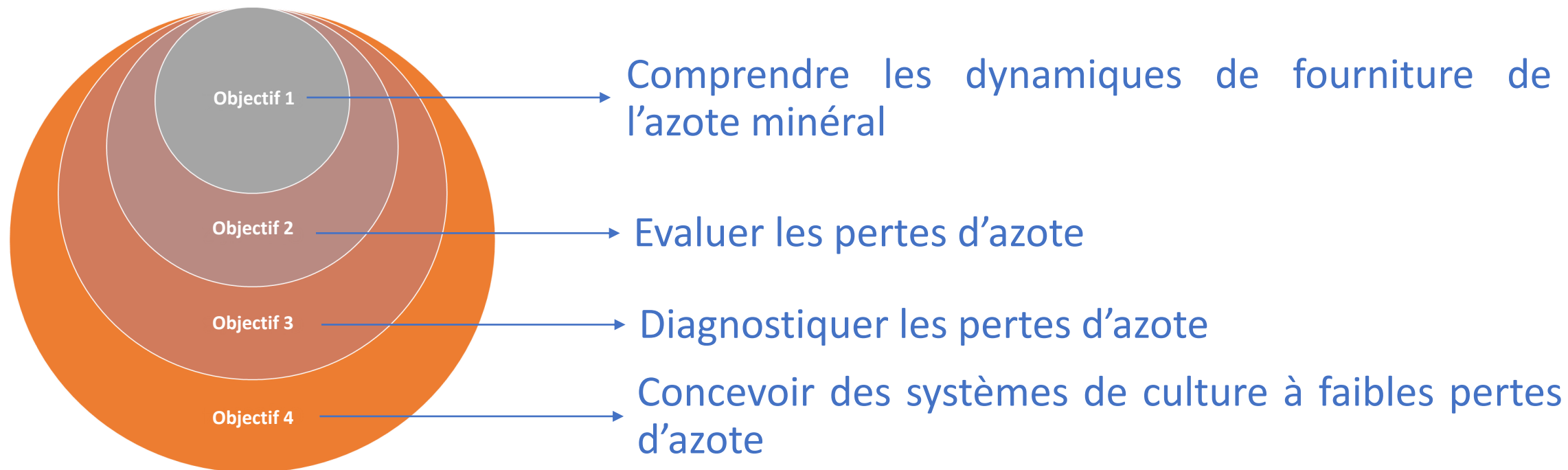
- Un système de culture x contexte pédoclimatique et météorologique
- Évaluation des pertes par lixiviation et volatilisation avec Syst'N®
- Une analyse sur l'origine des pertes (démarche de diagnostic)
- Des pistes d'action pour améliorer cette situation

Fixer un objectif de pertes N	Volatilisation d'ammoniac : > 10 % des apports (kgN pour 100 kgN apportés)	Volatilisation d'ammoniac : 5 % à 10 % des apports (kgN pour 100 kgN apportés)	Volatilisation d'ammoniac : < 5 % des apports (kgN pour 100 kgN apportés)
$\text{NO}_3^- < 5 \text{ kgN}/100 \text{ mm}$	Performance azotée partielle	Haute performance azotée (HPN)	Haute performance azotée (HPN)
$\text{NO}_3^- 5 \text{ à } 10 \text{ kgN}/100 \text{ mm}$	Basse performance azotée	Performance azotée partielle	Haute performance azotée (HPN)
$\text{NO}_3^- > 10 \text{ kgN}/100 \text{ mm}$	Basse performance azotée	Basse performance azotée	Performance azotée partielle

Les cas-types: des ressources pour les formateurs ou animateurs de groupes d'agriculteurs

- A quoi sert un cas-type?

- ♣ Les cas-types sont une base pour que vous construisiez vos propres supports de formation, selon vos objectifs pédagogiques



Les cas-types: des ressources pour les formateurs ou animateurs de groupes d'agriculteurs

- Comment utiliser un cas-type pour construire ses ressources?
 - ♣ Un guide d'utilisation des cas-types
 - Présentation des indicateurs/calculs utilisés
 - Comment lire les figures extraites des simulations de Syst'N®
 - Sur quelles parties du cas-type se concentrer en fonction de vos objectifs de formation
 - Trucs et astuces pour leur utilisation en formation
 - Animations de cours, de TD avec des étudiant.es (voir présentation de C. Leclercq)
 - Travail en groupe avec des agriculteurs

22 cas-types (bientôt) disponibles!



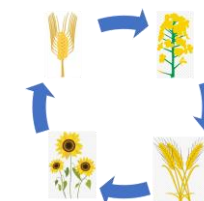
2 SdC, AB (PT) et conventionnel sur limon-argileux



2 systèmes légumiers de plein champ: chou-fleur



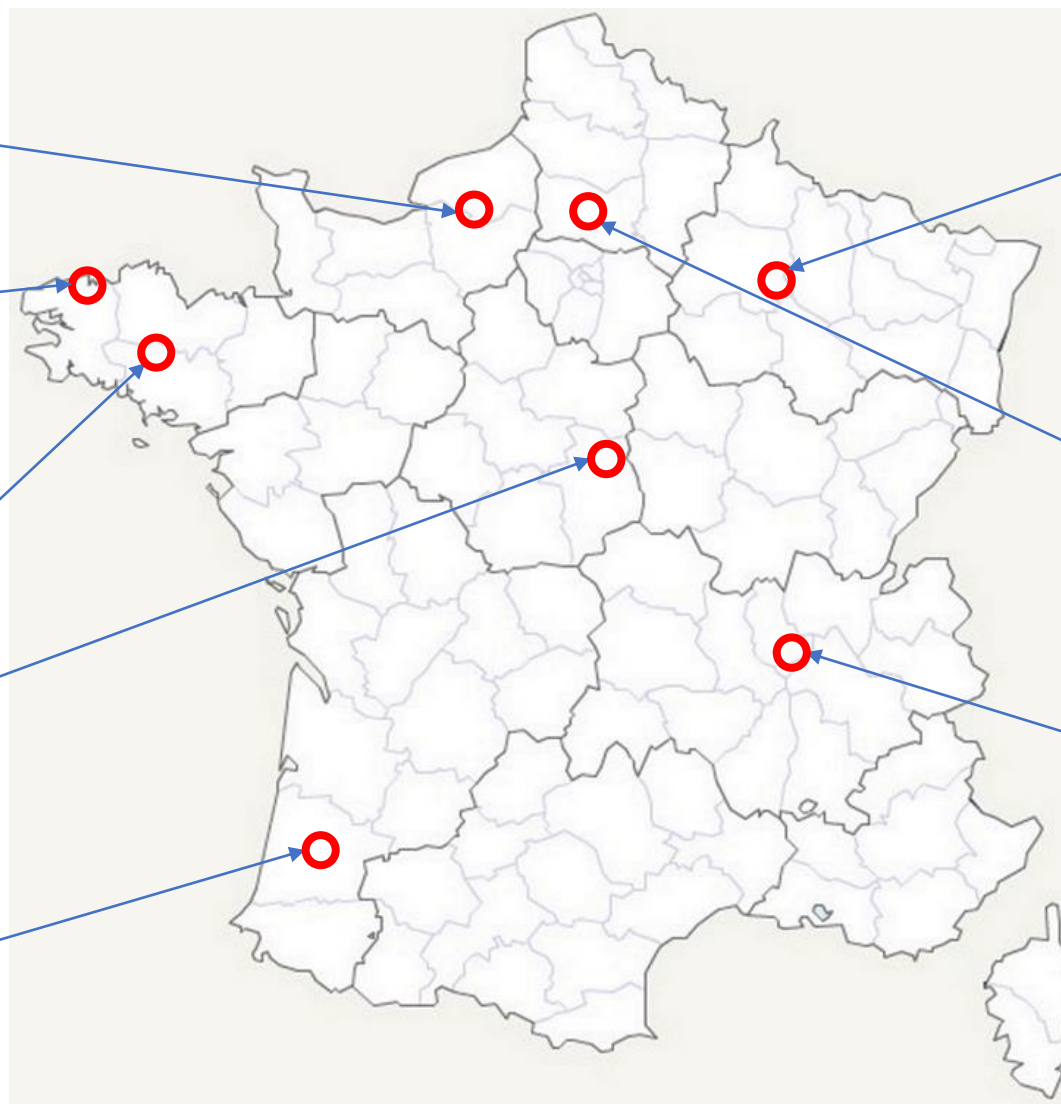
4 SdC grandes cultures, avec différents types d'effluents (volaille, lisier, fumier)



1 SdC grandes cultures sur limon profond



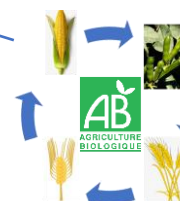
1 système légumier de plein champ, sol sableux: carottes



2 SdC avec betterave, classique et innovant (+couverts et diversification cultures) – sol de calcaire



7 SdC, polyculture-élevage (MO) et céréaliers, types de sols variés (cranette, limons...) UniLaSalle



3 SdC céréaliers dont 2 en AB sans élevage: 'classique' et rotation diversifiée – couverts, MO



20 cas-types (bientôt) disponibles!

- Possibilité de comparer les performances de différents systèmes de culture sous un même climat
- Possibilité de comparer les performances d'un système de culture sur des types de sol différents
- Possibilité de comparer les performances d'un système de culture dans des contextes pédoclimatiques différents (quelques successions sont similaires ou très proches mais étudiées sous des climats et types de sol différents)



Extraction de figures ou tableaux qui vous semblent importants selon votre objectif pédagogique et votre public

Structure et contenu des cas-types

• Contexte:

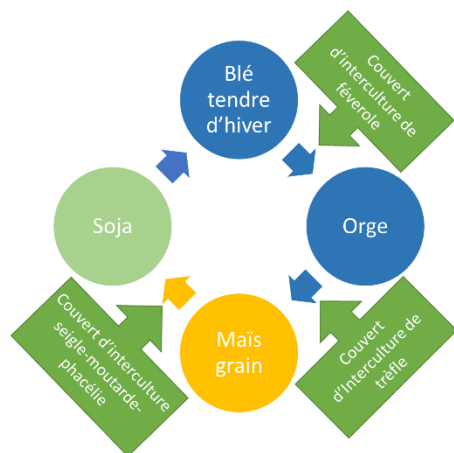
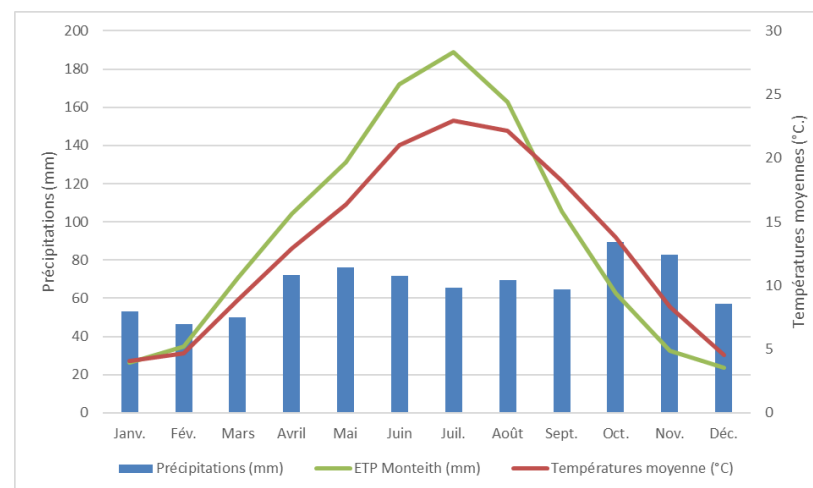
♣ Localisation et présentation générale du système de culture

- Contexte agricole et enjeux de l'azote (et autres) dans cette situation
- Système de culture présenté

♣ Climat

♣ Sol

♣ Pratiques



Structure et contenu des cas-types

- Résultats attendus en termes de pertes d'azote
 - ♣ Des ambitions parfois différentes selon le contexte du cas-d'étude
 - ♣ Des seuils communs à tous les cas-types

Fixer un objectif de pertes N	Volatilisation d'ammoniac : > 10 % des apports (kgN pour 100 kgN apportés)	Volatilisation d'ammoniac : 5 % à 10 % des apports (kgN pour 100 kgN apportés)	Volatilisation d'ammoniac : < 5 % des apports (kgN pour 100 kgN apportés)
$\text{NO}_3^- < 5 \text{ kgN}/100 \text{ mm}$	Performance azotée partielle	Haute performance azotée (HPN)	Haute performance azotée (HPN)
$\text{NO}_3^- 5 \text{ à } 10 \text{ kgN}/100 \text{ mm}$	Basse performance azotée	Performance azotée partielle	Haute performance azotée (HPN)
$\text{NO}_3^- > 10 \text{ kgN}/100 \text{ mm}$	Basse performance azotée	Basse performance azotée	Performance azotée partielle

- Présentation des simulations réalisées
 - ♣ Quel paramétrage pour la modélisation, quelles adaptations, choix des années climatiques...

Structure et contenu des cas-types

- Évaluation des pertes
 - ♣ Les résultats moyens

Les flux
(kgN/ha/an ou
mm d'eau/an)

a	Entrées d'azote (kgN/ha/an)	a1 : Apport: fertilisation minérale	0
		a2 : Apport: fertilisation organique	48
		a3 : Fixation biologique d'azote	106
b	Sorties d'azote (kgN/ha/an)	b1 : Exportation par les récoltes	107
		b2 : Exportation par les résidus de cultures exportés de la parcelle	0
c	Minéralisation de l'azote du sol et des résidus de culture (kgN/ha/an)		116
d	Pertes d'azote moyennes annuelles (kgN/ha/an)	d1 : Protoxyde d'azote (N ₂ O)	0,1
		d2 : Ammoniac (NH ₃)	0
		d3 : Nitrate lessivé (NO ₃ ⁻)	29
		d4 : Nitrate ruisselé (NO ₃ ⁻)	1
e	Lame d'eau drainante annuelle (mm d'eau/an)		203

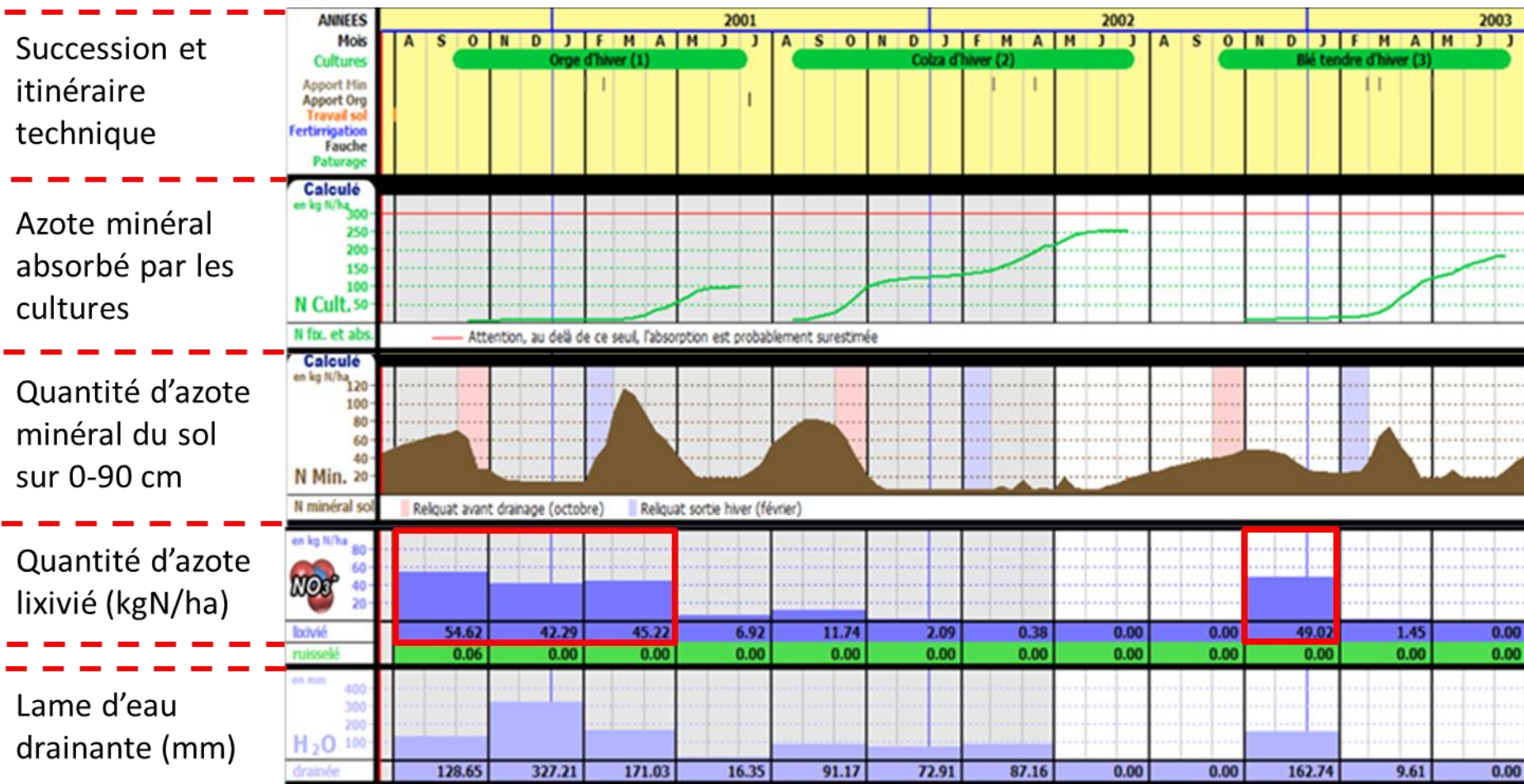
Les indicateurs
de performances
retenus

a-b	Bilan apparent : Entrées – Sorties par exportation (kgN/ha/an)	47
a - (b+d)	Variation du stock d'azote total dans le sol (kgN/ha/an)	17
(d3*100)/e	Pertes d'azote par lixiviation pour 100 mm de lame d'eau drainante (kgN/100 mm)	14
(d3*100*4.43)/e	Pertes de nitrates par lixiviation pour 100 mm de lame d'eau drainante (kgNO ₃ ⁻ /100 mm) ou concentration moyenne en nitrate (NO ₃ ⁻) sous le profil (mgNO ₃ ⁻ /l)	63
d2/(a1+a2)	Pertes d'azote sous forme d'ammoniac (NH ₃) en % des apports totaux	00

Structure et contenu des cas-types

• Évaluation des pertes

♣ Les dynamiques (voir présentation de C. Leclercq)



Structure et contenu des cas-types

- Une analyse et une discussion sur l'origine des pertes (démarche de diagnostic)
- Des pistes de réflexion sur:
 - ♣ Les pratiques ou leviers agronomiques potentiellement mobilisables pour améliorer les performances si besoin
 - ♣ Des réflexions sur les autres dimensions de la performance (production, qualité, économie, difficulté de gestion du système...)
 - ♣ Des renvois vers d'autres cas-types (pour comparaisons ou analyse d'autres pratiques dans le même contexte)



Quelques exemples d'utilisation des cas-types en formation et de l'intérêt des sorties Syst'N® pour accompagner les agriculteurs

Témoignages et expériences pratiques



Christine Leclercq
UniLaSalle



Anne Guézengar
Chambre d'Agriculture de Bretagne

Des ressources pour la formation :

Expériences et propositions



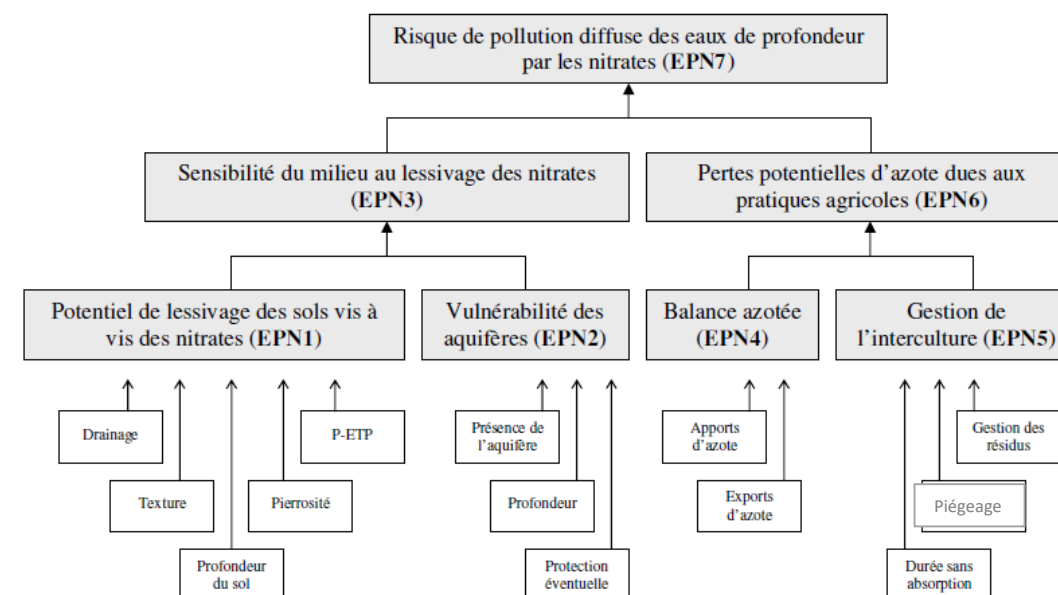
Christine Leclercq
UniLaSalle

Proposition 1

Objectif : Savoir repérer les principales périodes de pertes d'azote du SdC pour commencer à formuler des hypothèses sur les causes probables de ces pertes (2 c)

- Contexte TD (L3) : Evaluation des impacts d'un SdC notamment sur les pertes de nitrates

- Préalable : utilisation d'indicateurs
 - ♣ Vulnérabilité de l'aquifère
 - ♣ Sensibilité du sol à la lixiviation (Burns)
 - ♣ Balance azotée
 - ♣ Note d'interculture (IC)



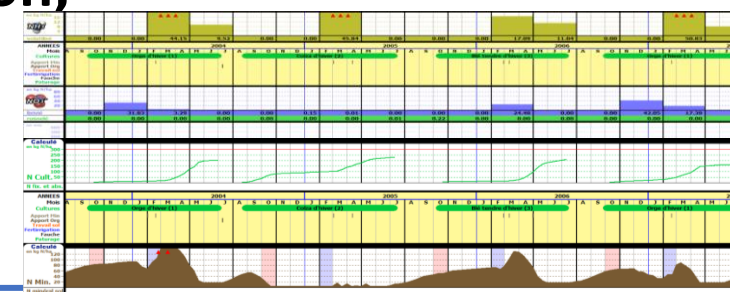
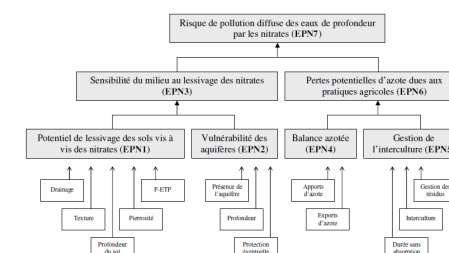
Proposition 1

Objectif : Savoir repérer les principales périodes de pertes d'azote du SdC pour commencer à formuler des hypothèses sur les causes probables de ces pertes (2 c)

- Contexte TD (L3) : Evaluation des impacts d'un SdC notamment sur le risque de pertes de nitrates

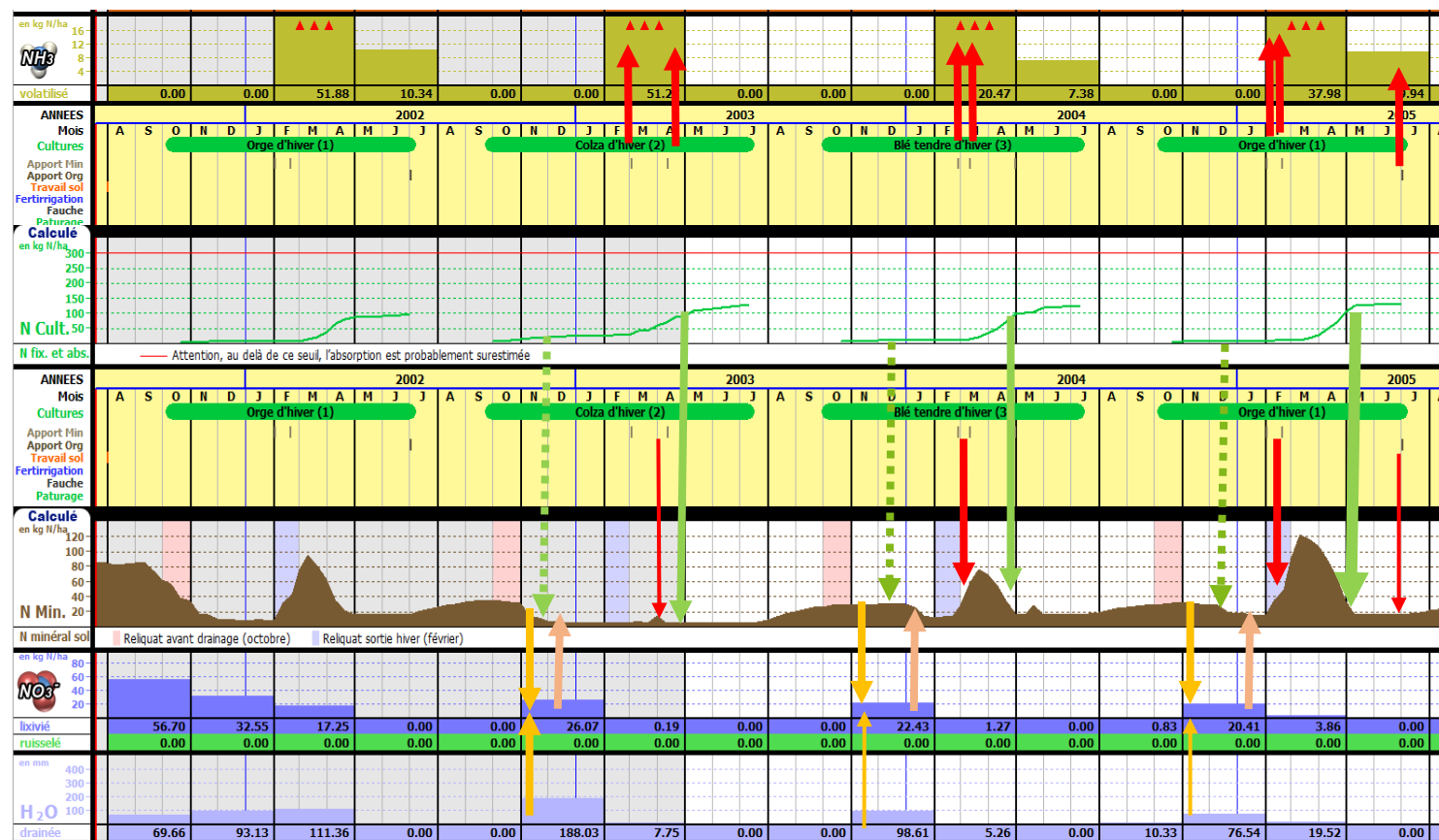
- Préalable : utilisation d'indicateurs

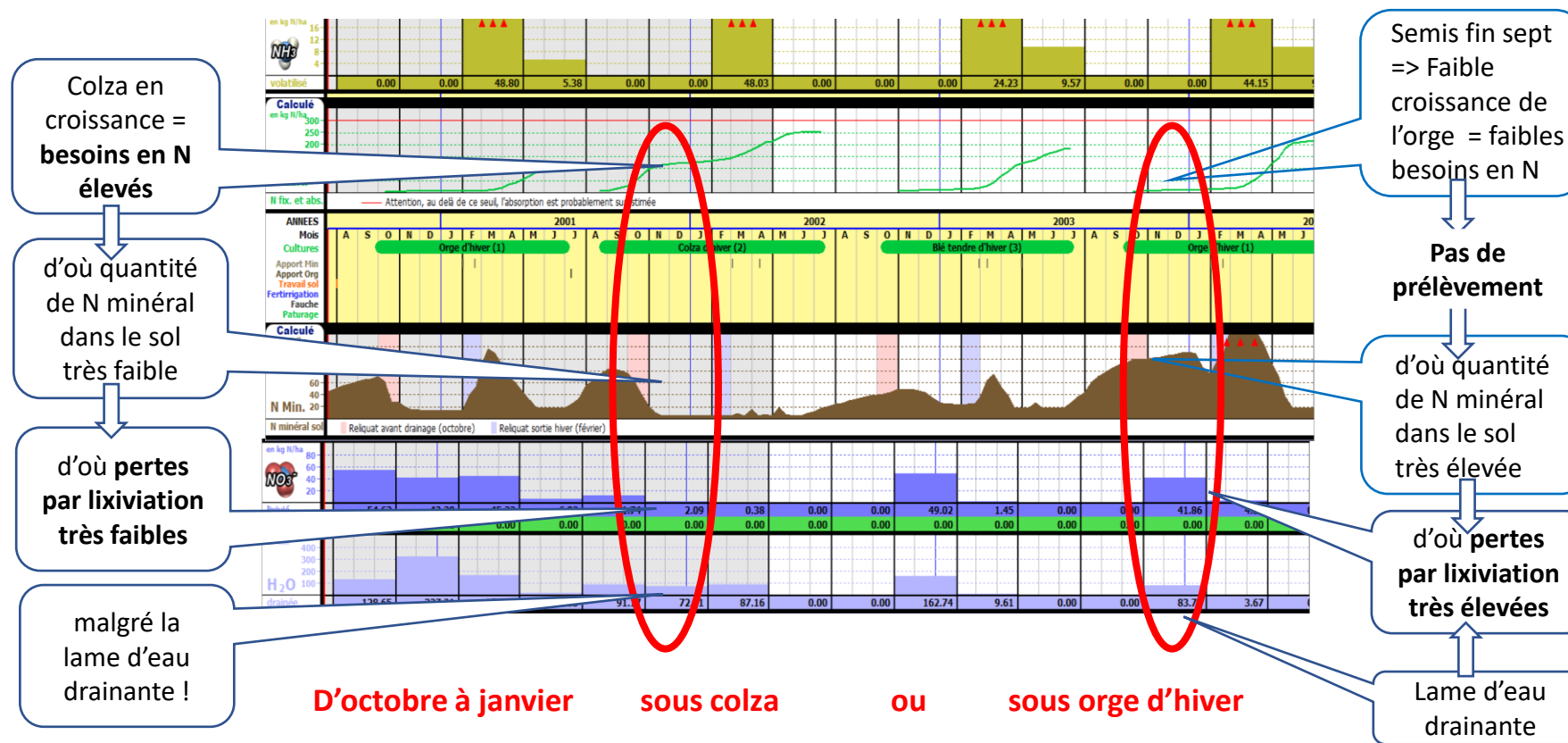
- Dynamique des pertes d'azote par lixiviation et volatilisation, de la quantité d'azote minéral dans le sol et de l'absorption par les cultures sur 1 SdC / 1 sol / 1 scénario climatique



Dynamiques des pertes moyennes d'azote par lixiviation et volatilisation, de la quantité d'azote minéral dans le sol et de l'absorption par les cultures sur 1 SdC/1 sol/1 scénario climq

- Effets directs des apports
- Effets directs de la culture
- Effets directs sur la lixiviation
- Effet direct de la lixiviation



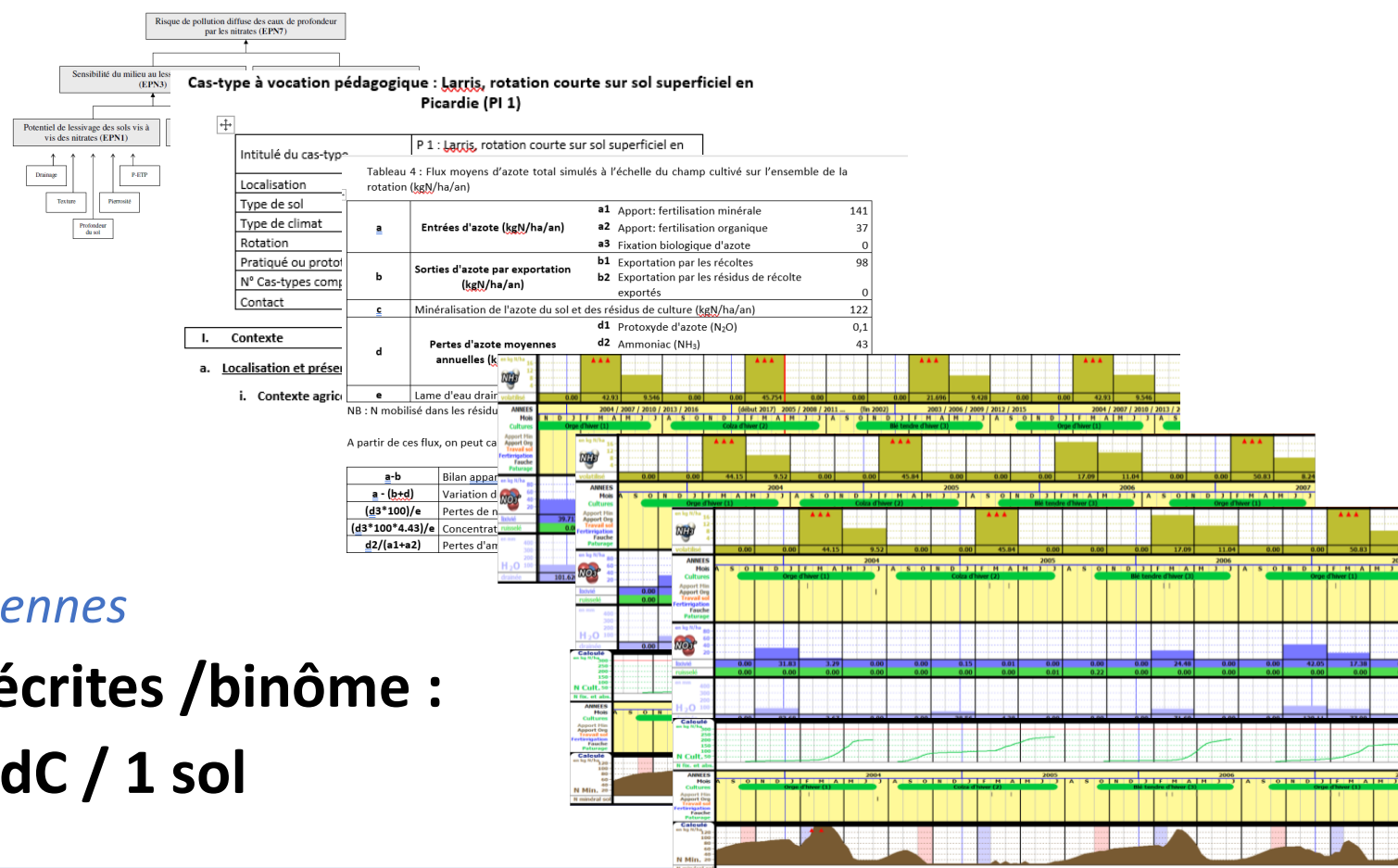


NB : lames d'eau drainante et minéralisation estivale des matières organiques comparables dans les 2 cas

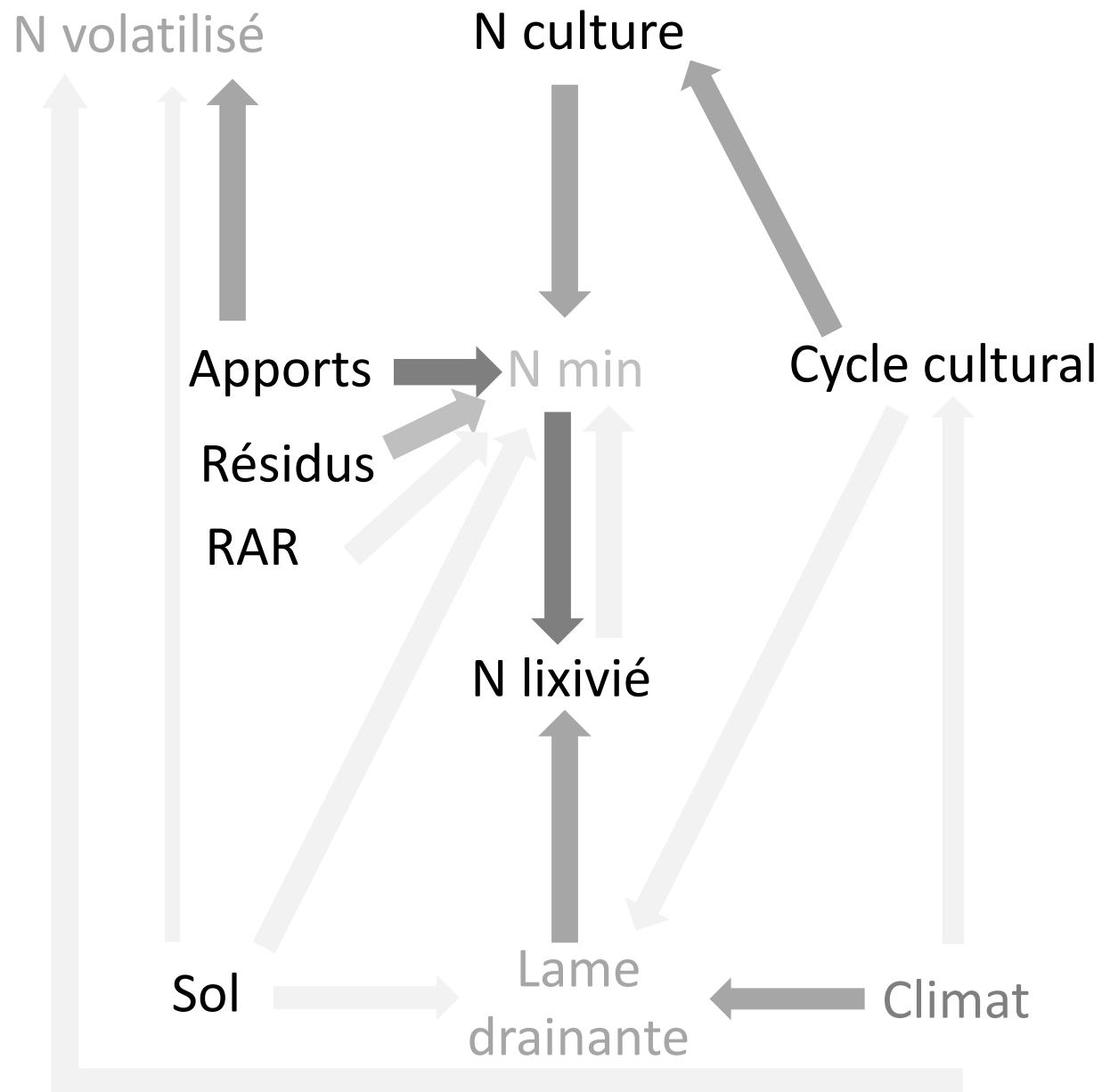
Proposition 2

Objectif : « Diagnostiquer les pertes d'azote » (3)

- Contexte TD en M1
- Préalable : idem
- Présentation du cas-type :
 - ♣ Contexte
 - ♣ SdC
 - ♣ Résultats moyens
 - ♣ Dynamique des pertes *moyennes*
- Analyse et interprétation écrites /binôme :
2 scénarii climatiques /1 SdC / 1 sol



Proposition 2 : résultats



Proposition 2 : suites

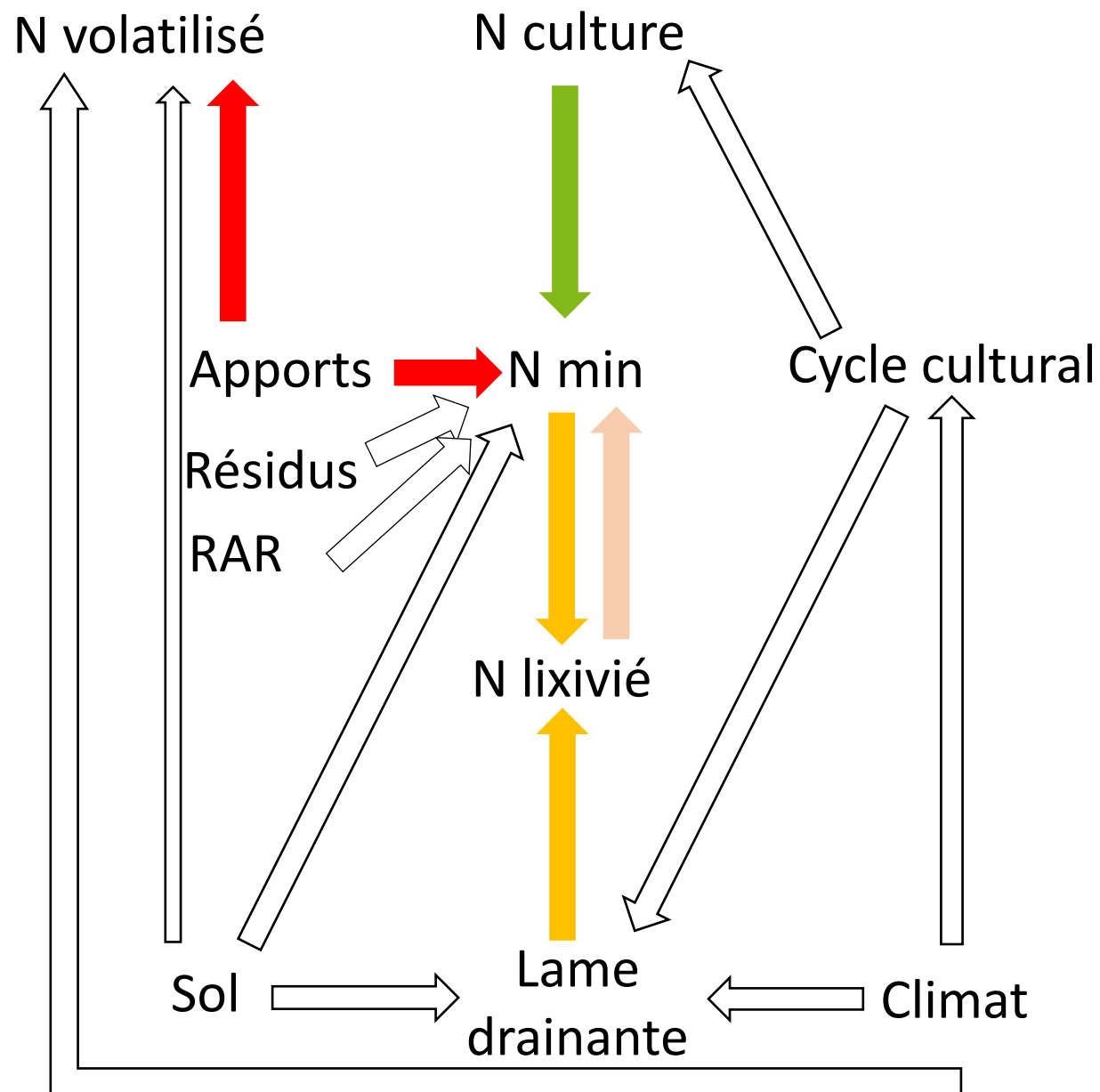
Retour sur les facteurs

Et/ ou

Comparaison de situations

2 sols / 1 SdC / 1 scénario climatique

1 sol / 2 SdC / 1 scénario climatique



Des ressources pour le conseil individuel :

Retour d'expérience



Anne Guézengar
Chambre d'Agriculture de Bretagne

Caractéristiques de l'exploitation - exemple 1/6 -

- Elevage de 100 vaches laitières
- Accessibilité au pâturage vaches laitières : 20 ha
- Céréales (blé et triticales) : 60 ha
- Maïs : 65 ha
- Reliquats entrée hiver mesurés sur l'exploitation :

Succession	Reliquat entrée hiver (kgN/ha)
Pâturage	146 – 248 – 228 – 41 – 13
Maïs-Blé	10 – 36 – 82
Blé-Triticale	169
Triticale-CIPAN	10 - 4

Déroulé du conseil (étape 1/3)

Visite 1

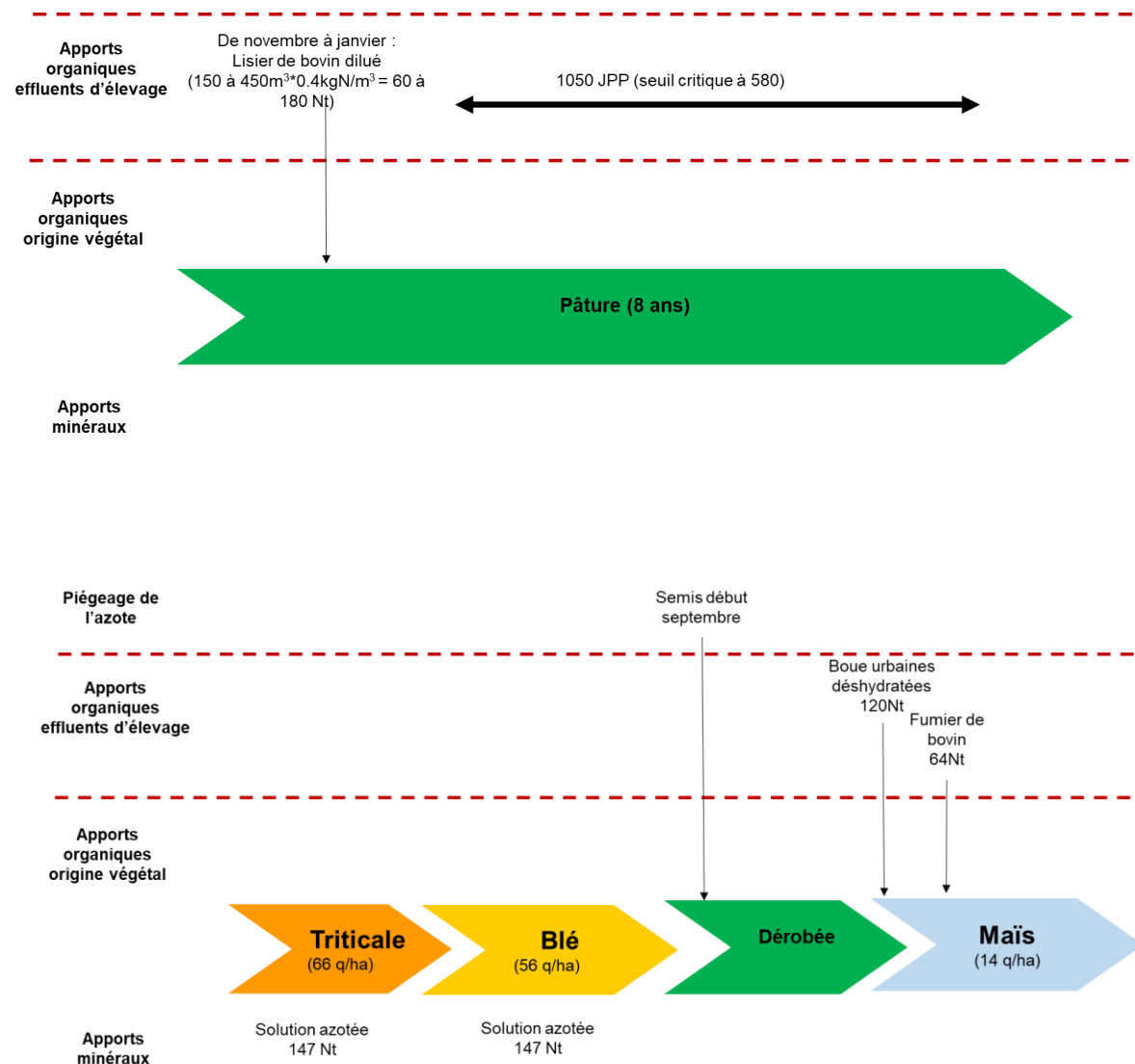
0.5j : conseiller de
secteur

- Entretien avec l'exploitant
- Collecte des données sur l'ITK à la rotation, le sol ...
- Synthèse des attentes et des contraintes de l'exploitation
- Construction de scénario à tester

Synthèse des caractéristiques des rotations de l'exploitation - exemple 2/6 -

- Représentation de la rotation et des principales interventions impactant la dynamique de l'azote et du lessivage :

- ♣ Piégeage de l'azote (CIPAN, Dérobée...)
- ♣ Fertilisation organique et pâturage (JPP=jour de présence au pâturage)
- ♣ Fertilisation minérale
- ♣ Restitution de résidus



Déroulé du conseil (étape 2/3)

Visite 1

0.5j : conseiller de secteur

- Entretien avec l'exploitant
- Collecte des données pour le conseil « système de culture »
- Synthèse des attentes et des contraintes de l'exploitation
- Construction de scénario à tester



Travail au bureau
utilisateur syst'N

- Simulation du risque de pertes de N par lessivage
 - situation actuelle,
 - situation projetées

Etat des lieux : bilan de la pâture -exemple 3/6-

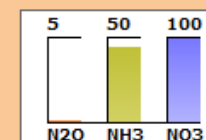
Cet écran met en regard un calcul simple (bilan entrée-sortie) et les pertes d'azote calculées par simulation ou mesurées.

Rotation	Rendement	Ferti. Min. (kg N/ha)	Ferti. Orga. (kg N/ha)	CIPAN (précède la culture)
Prairie temporaire graminées pures(PTGP)	6.0 t MS/ha	0	920	

ENTREES N (kg N/ha/an)	Solde Azote Apport-Export* (kg N/ha/an)	SORTIES N (kg N/ha/an)
Fertilisation minérale *	178	Exportation par les récoltes *
Fertilisation organique *	Variation du stock d'azote total dans le sol* (kg N/ha/an)	Résidus de R., pailles exportées *
Fixation d'azote	Minéralisation de l'azote du sol et des résidus de culture (kg N/ha/an)	Absorption par les cultures principales
	Concentration moyenne en NO3 sous le profil (mgNO3/L)	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)	0.1
soit 33.5 kg éq. CO2 *	
Ammoniac (NH3)	44
Nitrate (NO3) lessivé	176
Nitrate (NO3) ruisselé	2



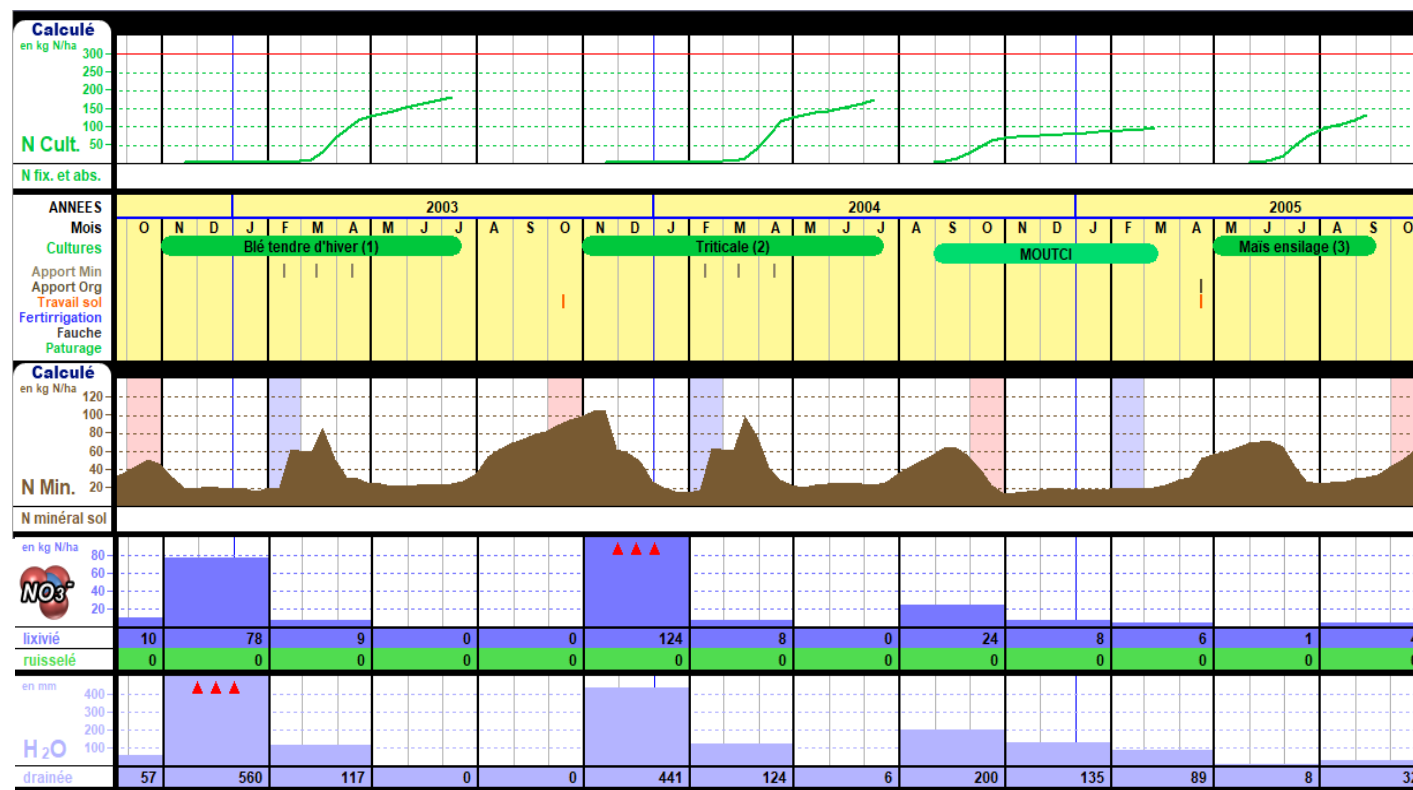
* 1kg N2O = 265kg éq. CO2 (Source: IPCC, 2013)

Lame drainante annuelle (mm d'eau/an)	692
---------------------------------------	-----

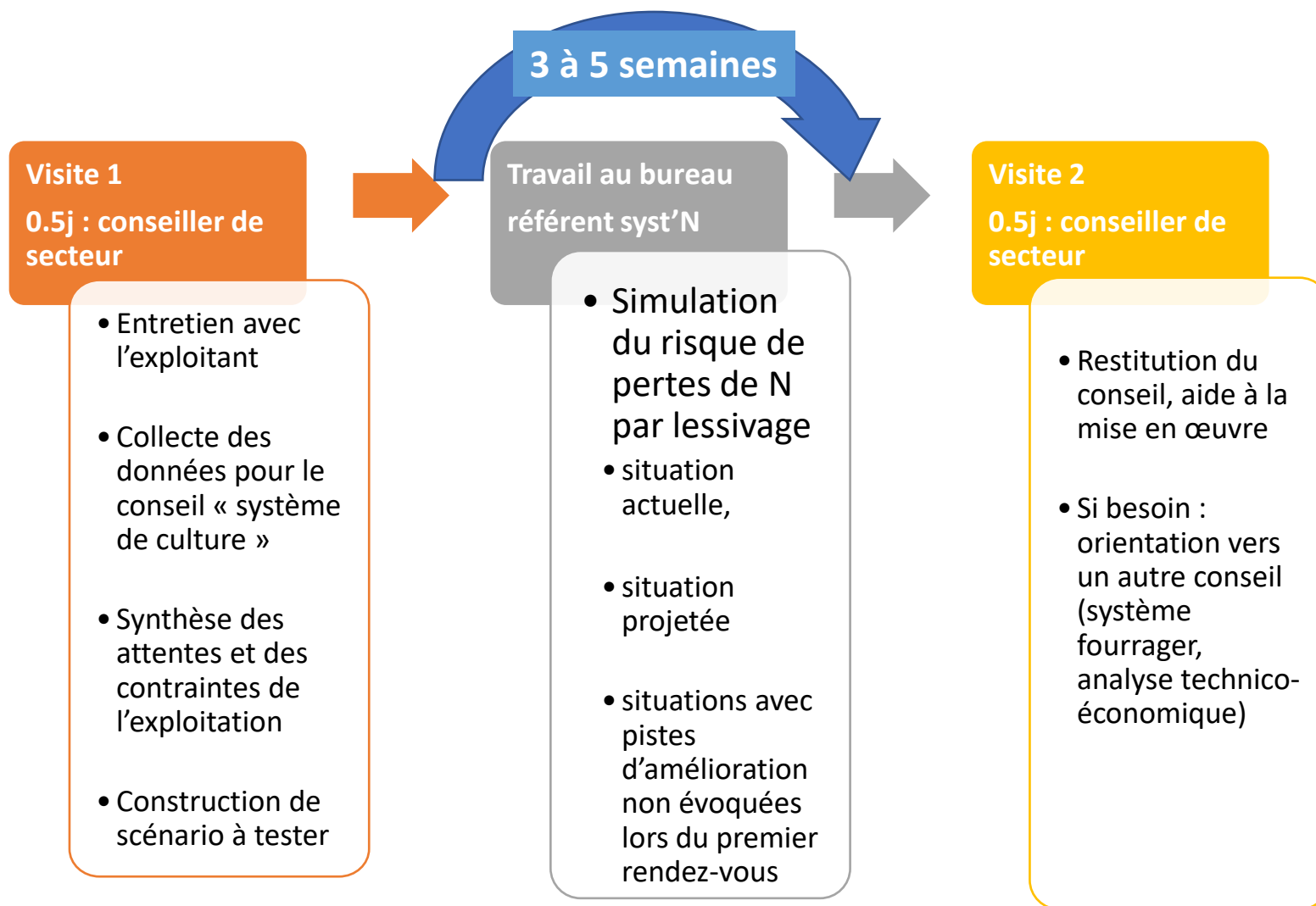
- L'écran « bilan » permet de présenter :
 - ♣ les flux moyens d'azote à l'échelle de la rotation
 - ♣ les principaux indicateurs environnementaux

Visualisation de la dynamique de l'azote dans la rotation céréalière - exemple 4/6 -

- Présentation sur une frise de la succession de culture : valeurs et moments décisifs
- Compréhension de la dynamique de minéralisation, du lessivage et de l'importance de la couverture du sol



Déroulé du conseil (étape 3/3)

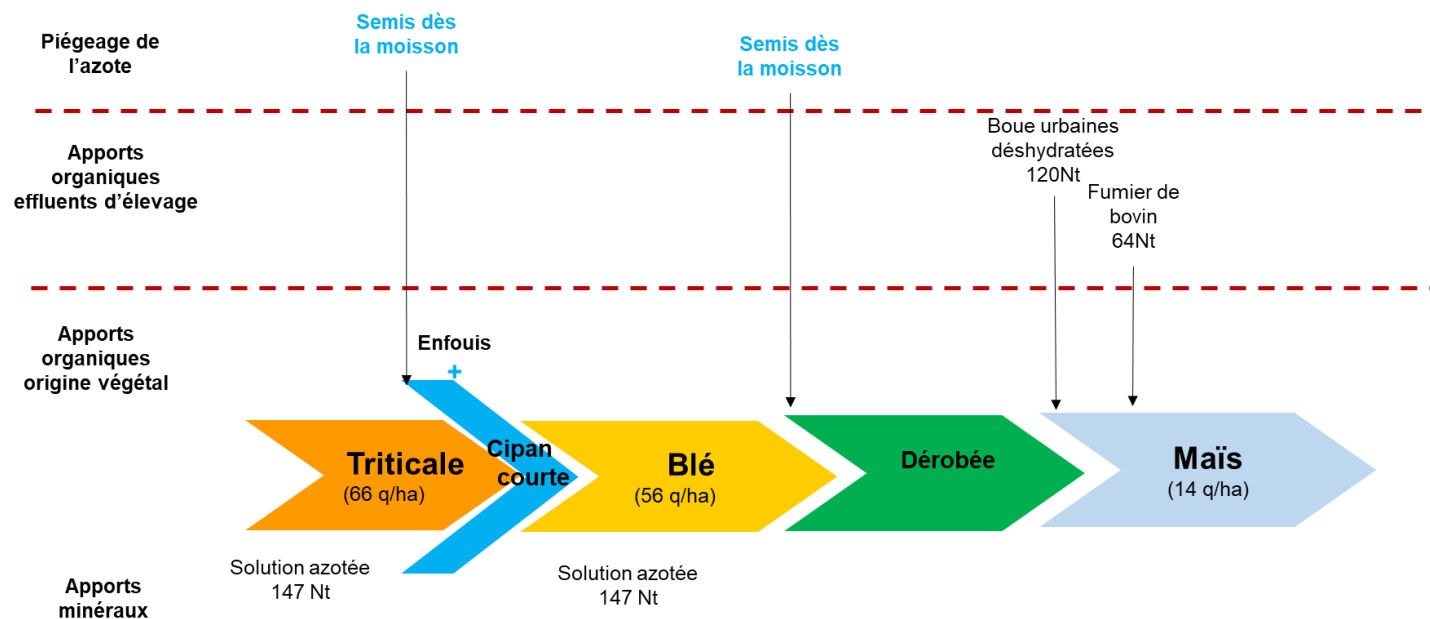


Propositions d'alternatives - exemple 5/6 -

- Sur la gestion le pâturage :

	Situation actuelle : surpâturage avec épandage en hiver	Pâturage équilibré avec épandage en hiver	Surpâturage sans épandage en hiver	Pâturage équilibré avec épandage en début et milieu de saison de pâturage
Lessivage (kgN/ha/an)	170	140	110	60

- Sur la rotation céréalière :



Actions faisant suite au conseil - exemple 6/6 -

- Augmentation de la surface accessible au pâturage :
 - ♣ Besoin de traverser une route très passante
 - ♣ Démarche auprès de la mairie pour améliorer la signalisation
 - ♣ Etude de la faisabilité d'un boviduc
- Conseil complémentaire sur l'évolution du système fourrager

Synthèse de l'évaluation de la méthode par les conseillers CRAB et les agriculteurs bénéficiaires

Avantages

Quantifier des pertes par lessivage pour convaincre de l'utilité du changement

S'extraire de l'approche annuelle à la parcelle

Lier les pratiques (succession des cultures, fertilisation, couverture des sols) et le risque de fuites d'azote

Mettre en évidence le fonctionnement des PRO (période de disponibilité de l'azote après l'épandage)

Inconvénients

Discontinuité dans la réalisation du conseil

Temps de mise en œuvre du conseil

Mise de départ pour prendre en main l'outil Syst'N : non généralisable à l'ensemble des conseillers de la CRAB

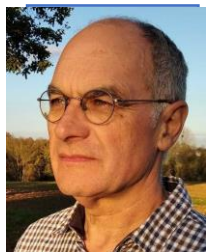


Réponses aux questions posées dans la conversation

Pour les questions dont les réponses sont différées :

- Jean-François VIAN : jvian@isara.fr
- Mathilde HEURTAUX : mathilde.heurtaux@acta.asso.fr
- Christine LECLERCQ : Christine.Leclercq@unilasalle.fr
- Anne GUEZENGAR : anne.guezengar@bretagne.chambagri.fr

PERTAZOTE, un panorama des résultats obtenus en expérimentations au champ ou estimées avec Syst'N[®]



Raymond Reau

INRAE

avec Jérôme Duval, Pascale Dubrulle, Marine Bedu

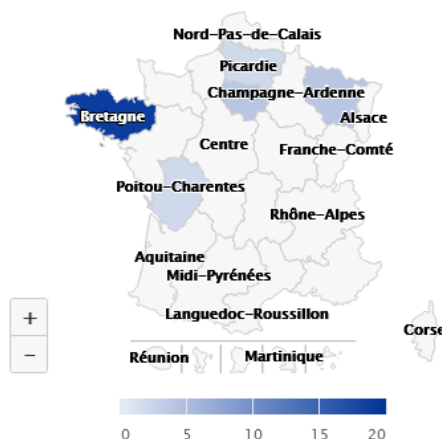
Une base de données facilement interrogeable

Essais	Mesures fournies
Martincourt (1999-2005)	NO ₃ ⁻ , reliquats (30cm)
Montaut (1993-2002)	NO ₃ ⁻ , reliquats
Champ Noel (1993-2009)	NO ₃ ⁻ , reliquats
Le Magneraud (1993-2005)	NO ₃ ⁻ , reliquats
Kerfily (1954-1995)	NO ₃ ⁻
Kerbernez (1990-1996)	NO ₃ ⁻
Parisot (1993-2001)	NO ₃ ⁻ , reliquats
Strasbourg (2002-2012)	Non récupérées (en cours)
Boigneville (1992-2012)	NO ₃ ⁻
Qualiagro	NO ₃ ⁻
NO-GAS	N ₂ O

Tableau de bord

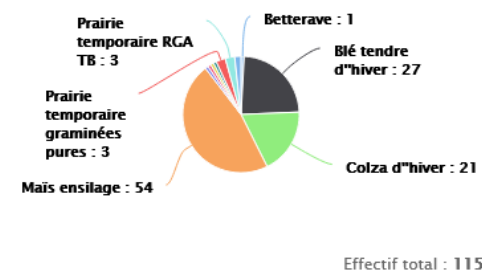
Nombre total de situations validées : 31

Effectif par région



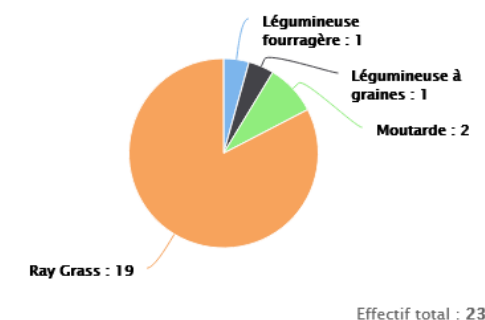
Cultures principales

l'effectif des cultures principales comptabilise l'ensemble des occurrences sur l'ensemble des situations. Par exemple, une culture de Blé tendre d'hiver apparaissant 2 fois dans une rotation d'une situation sera comptabilisée 2 fois.

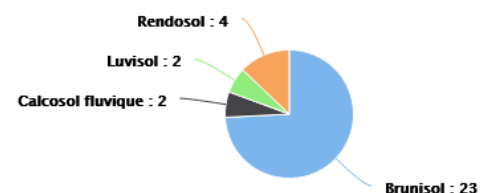


Cultures intermédiaires

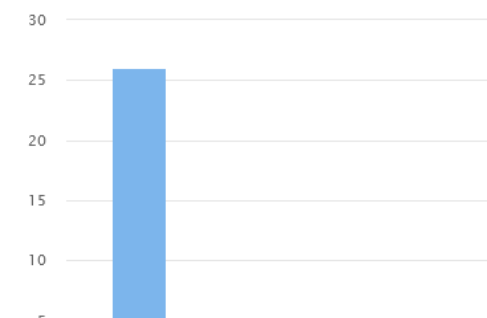
l'effectif des cultures intermédiaires comptabilise l'ensemble des occurrences sur l'ensemble des situations. Par exemple, une culture de Moutarde apparaissant 2 fois dans une rotation d'une situation sera comptabilisée 2 fois.



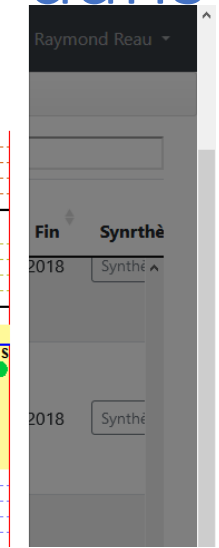
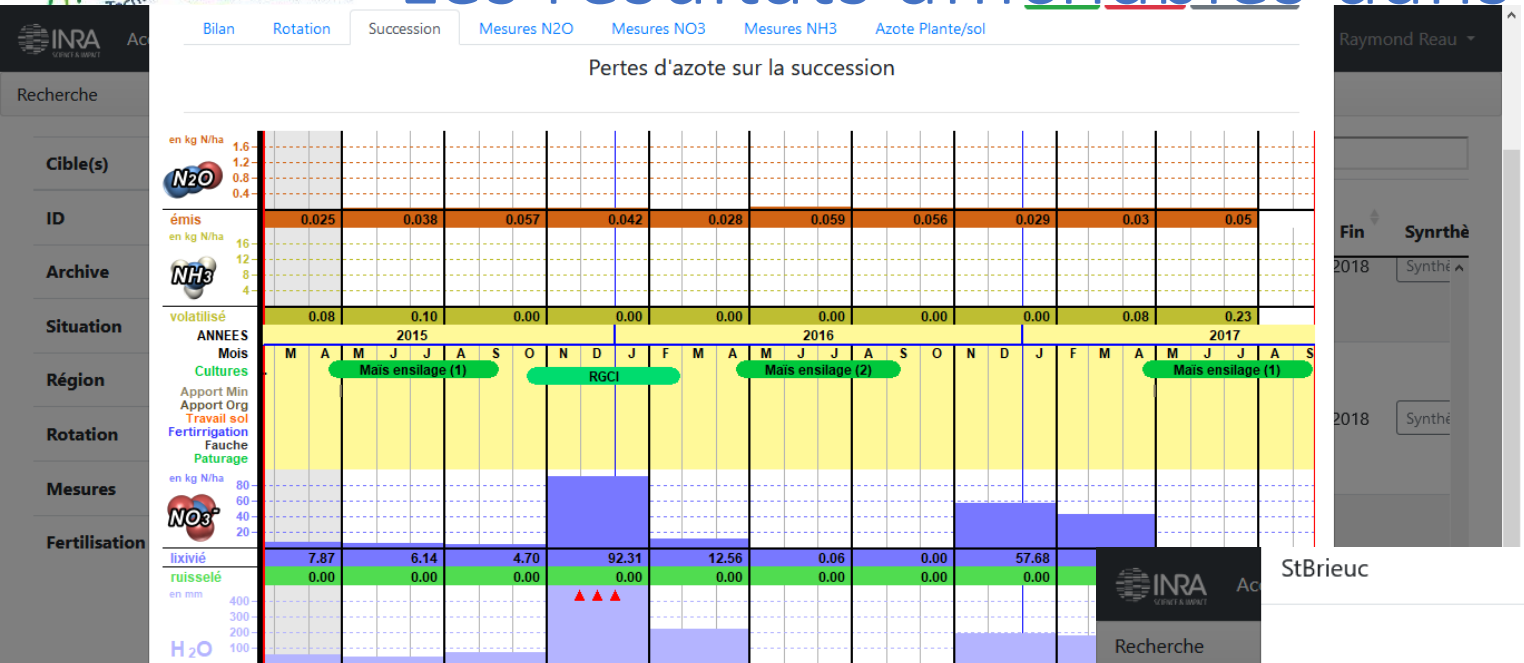
Types de sols



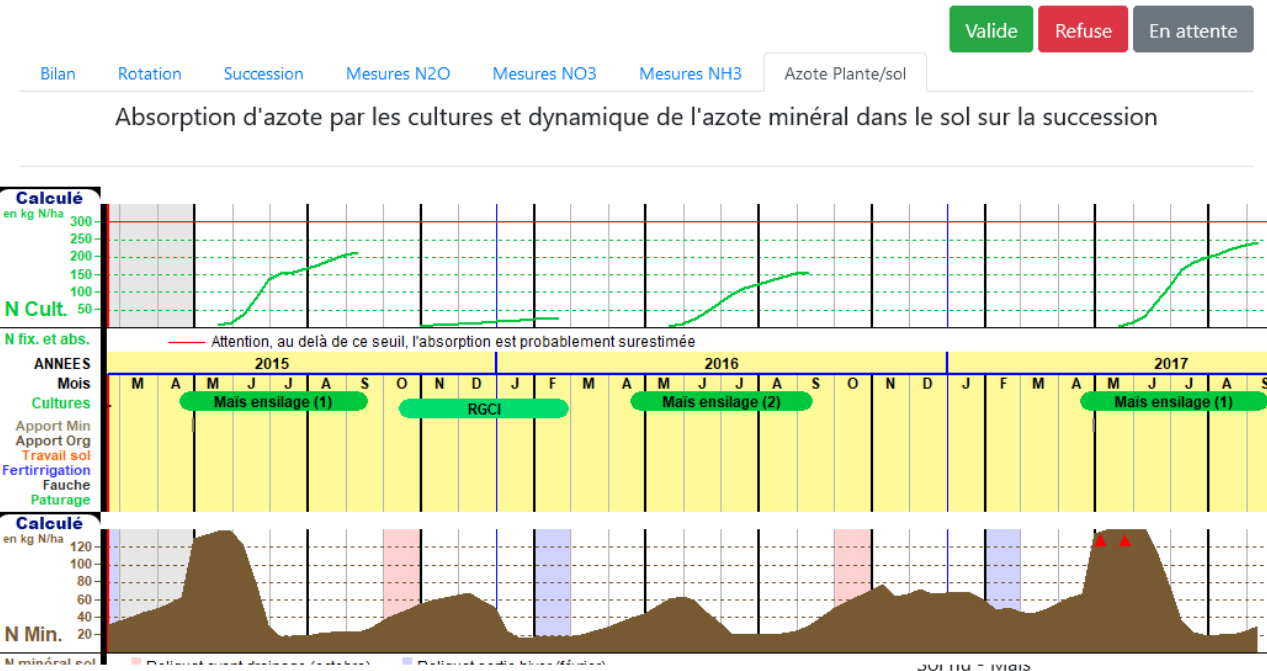
Effectif de situations selon le type d'apport



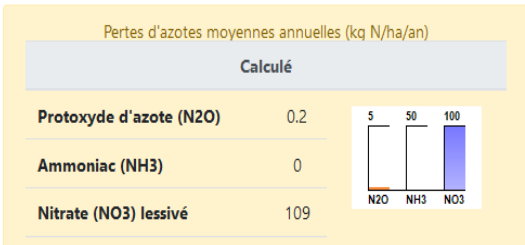
Les résultats affichables dans PERTAZOTE



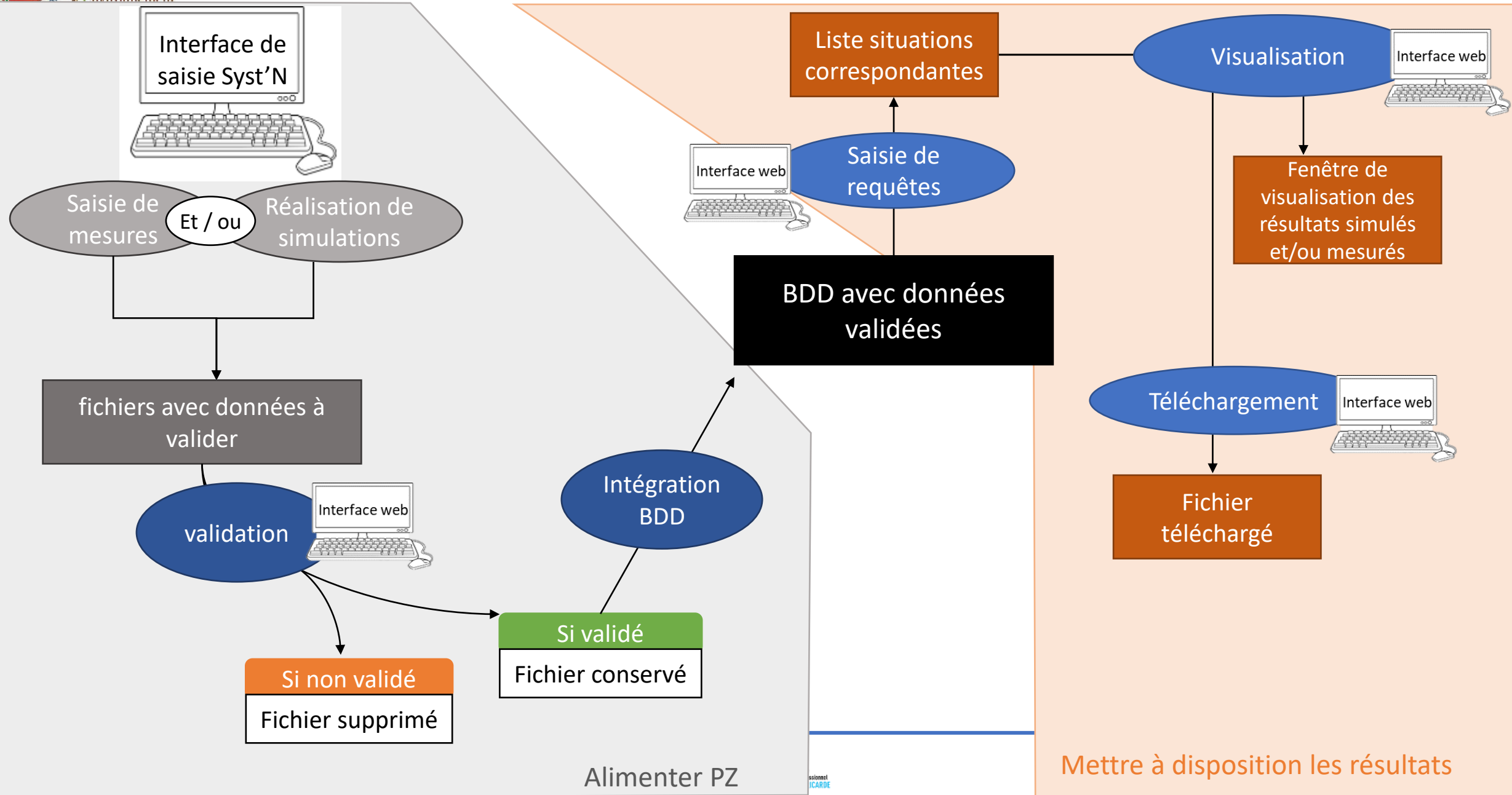
StBrieuc



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



Proposer des résultats de pertes à partager



Quand et Comment l'utiliser ?

- Mise à disposition au printemps 2021
- Via le site du RMT BOUCLAGE





Réponses aux questions posées dans la conversation

Pour les questions dont les réponses sont différées :

- Raymond REAU : raymond.reau@inrae.fr
- Virginie PARNAUDEAU : virginie.parnaudeau@inrae.fr

Conclusions et clôture



Virginie Parnaudeau
INRAE

Principaux messages

- Syst’N® : un outil opérationnel capable de simuler des systèmes agro-écologiques, à fiabiliser avec les données et connaissances des usagers
- Des systèmes HPN : des pertes faibles pour l’environnement, et pour une meilleure efficacité de l’N
- Des outils et méthodes pour le diagnostic des pertes N → donner aux conseillers et agriculteurs les moyens de concevoir des systèmes HPN
 - ♣ Évaluation des pertes d’azote
 - ♣ Clés de compréhension du fonctionnement de leurs systèmes dans leurs contextes
- Des ressources opérationnelles pour l’enseignement et le conseil
- Où trouver les livrables à partir de janvier 2021 ?

<http://www.rmt-fertilisationetenvironnement.org/moodle/course/view.php?id=128>

Remerciements

Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



13 organismes partenaires, une 30^{aine} de personnes :





Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Colloque de restitution du projet Agro-éco-Syst'N

Des systèmes agroécologiques à hautes performances azotées
par le diagnostic des pertes avec l'outil Syst'N®

Visioconférence, 27 novembre 2020

Merci pour votre participation