

SAEE- pole agro : Francesca DEGAN  
Christine LE SOUDER  
SAEE pole BASE : Nicolas DAGORN  
Maureen STADEL  
Sylvain MARSAC

Equipes régionales

# Fertilisation azotée des CIVE : Enjeux, références et cadre de raisonnement

**ARVALIS**  
Institut du végétal

10/03/2022 – Teams

Groupe Azote-Soufre – sous-groupe couverts intermédiaires



# Enjeux et objectifs

## État de l'art de la Directive Nitrates 7<sup>ème</sup> PAN

- **En cours de discussion, signature prévue pour septembre 2021**
  - règles de plafonnement sur les couverts d'interculture
    - Pour les dérobées, introduction d'une possibilité de dépasser le plafond d'apport sur couvert végétal d'interculture sous réserve d'en démontrer l'intérêt par un calcul de dose et que le supplément soit épandu au printemps (CIVE d'hiver) ou avant l'hiver pour la CIVE d'été
      - il est proposé qu'il soit possible de dépasser ces plafonds en en démontrant l'intérêt par un calcul prévisionnel

## Objectifs :

1. Proposer les valeurs des postes de la méthode du bilan pour la dose totale prévisionnelle sur le CIVE
2. Les évaluer sur les critères agronomiques et environnementaux

$$[I] : R_f - R_i = [M_h + F_s + F_{ns} + M_{hp} + M_r + M_{rCi} + M_{pro1} + M_{pro2} + A + N_{irr} + X + X_{pro}] - [P_f - P_i + I_x + G_s + G_x + L]$$

Avec :

### États initial et final

R <sub>f</sub>	Quantité d'azote minéral dans le sol à la fermeture du bilan
R <sub>i</sub>	Quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan
<b>Entrée d'azote dans le système sol-plante</b>	
M <sub>h</sub>	Minéralisation nette de l'humus du sol*
F <sub>s</sub>	Fixation symbiotique d'azote atmosphérique par la culture
F <sub>ns</sub>	Fixation non symbiotique d'azote atmosphérique
M <sub>hp</sub>	Minéralisation nette due à un retournement de prairie
M <sub>r</sub>	Minéralisation nette de résidus de récolte
M <sub>rCi</sub>	Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire
M <sub>pro1</sub>	Minéralisation nette de l'azote organique d'un PRO n°1 apporté avant l'ouverture du bilan
M <sub>pro2</sub>	Minéralisation nette de l'azote organique d'un PRO n°2 apporté après l'ouverture du bilan
A	Apports atmosphériques (apports météoriques = dépôts secs ou humides)
N <sub>irr</sub>	Azote apporté par l'eau d'irrigation
X	Apport d'azote sous forme d'engrais minéral de synthèse
X <sub>pro</sub>	Azote de la fraction minérale d'un PRO apporté après la date d'ouverture du bilan

### Sorties d'azote du système sol-plante

P <sub>f</sub>	Quantité d'azote absorbé par la culture à la fermeture du bilan
P <sub>i</sub>	Quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan
I <sub>x</sub>	Organisation par voie microbienne aux dépens de l'azote minéral apporté sous forme d'engrais de synthèse ou de fraction minérale du PRO
G <sub>s</sub>	Pertes du sol par voie gazeuse (dénitrification pour l'essentiel)
G <sub>x</sub>	Pertes par voie gazeuse (volatilisation, dénitrification) aux dépens de l'engrais minéral (X) et de la fraction minérale du PRO apporté après l'ouverture du bilan (X <sub>pro</sub> )
L	Pertes par lixiviation du nitrate

## Méthode d'estimation des paramètres :

- Par synthèses des données d'essais
- Par modélisation

## Périmètre du paramétrage :

- Méthode homogène à l'échelle nationale
- Déclinaisons locales des paramètres en fonction des contextes pédoclimatiques
- Prise en compte de la météo fréquentielle (15 ans de données passées)

## Questions :

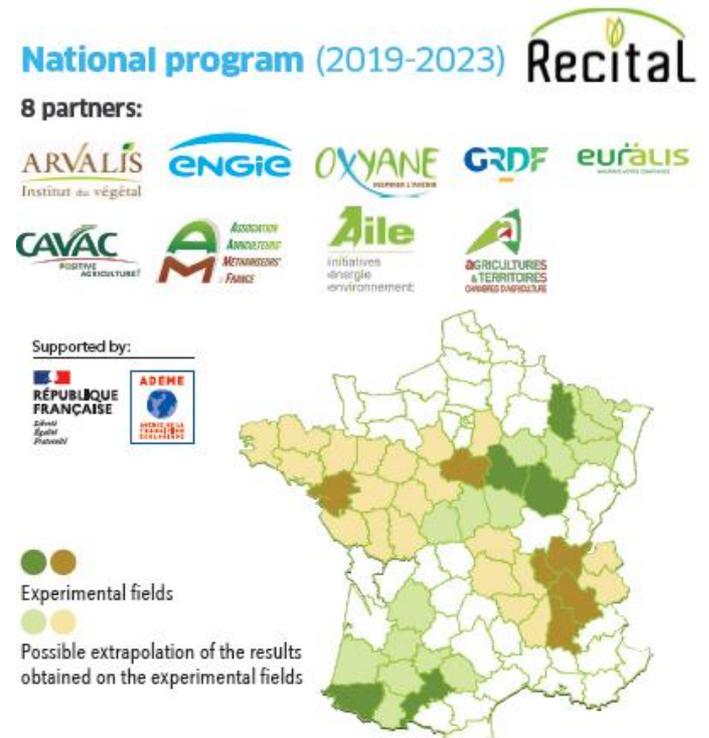
- En fonction de quelles cultures et de quels contextes pédoclimatiques de références ?
- Comment on valide et intègre dans les PAR et ARR ?
- Quelles dates d'ouverture et de fermeture du bilan ?
- Validation avec des données et des résultats d'autres études ?



# Méthode du bilan appliquée aux CIVE

## Opportunité de travailler sur le bilan des CIVE

- **RECITAL** (2020) Coconstruire avec les acteurs de la filière des recommandations technico-économiques et environnementales régionalisées sur la conduite des CIVE et la valorisation des digestats.
  - Acquisition de références, extrapolation par modélisation
  - Évaluation multicritères
    - l'intérêt multiservice
    - Prise en compte de la résilience
  - Mesure l'intérêt pour l'autonomie en fertilisation





# Étapes de travail

## 1. Élaboration du plan de simulation

- Zones d'étude : sol et climat
- Culture CIVE : espèces, variétés, date de semis, irrigation
- Fertilisation : forme x doses x date d'apport

## 2. Calibration des espèces CIVE dans le modèle de culture CHN

## 3. Simulations avec le modèle de culture CHN : 1 simulation = site x station météo x sol x [espèce, date de semis, densité de semis, irrigation] x [formes, doses, date]

## 4. Analyse des résultats :

### 1. Par date

- Par rendement cible : 3 niveaux de rendement cible par situations => une date différente par simulation
- Par durée du cycle : 3 niveaux de durée moyenne de cycle en fonction du site x sol x climat x rdt cible x forme x période d'apport, pour toutes les doses d'azote,

### 2. Par plages :

- Entre le semis et la sortie d'hiver (1<sup>er</sup> Mars)
- Entre le semis et la récolte
- Entre la sortie d'hiver et la récolte



# Premiers résultats



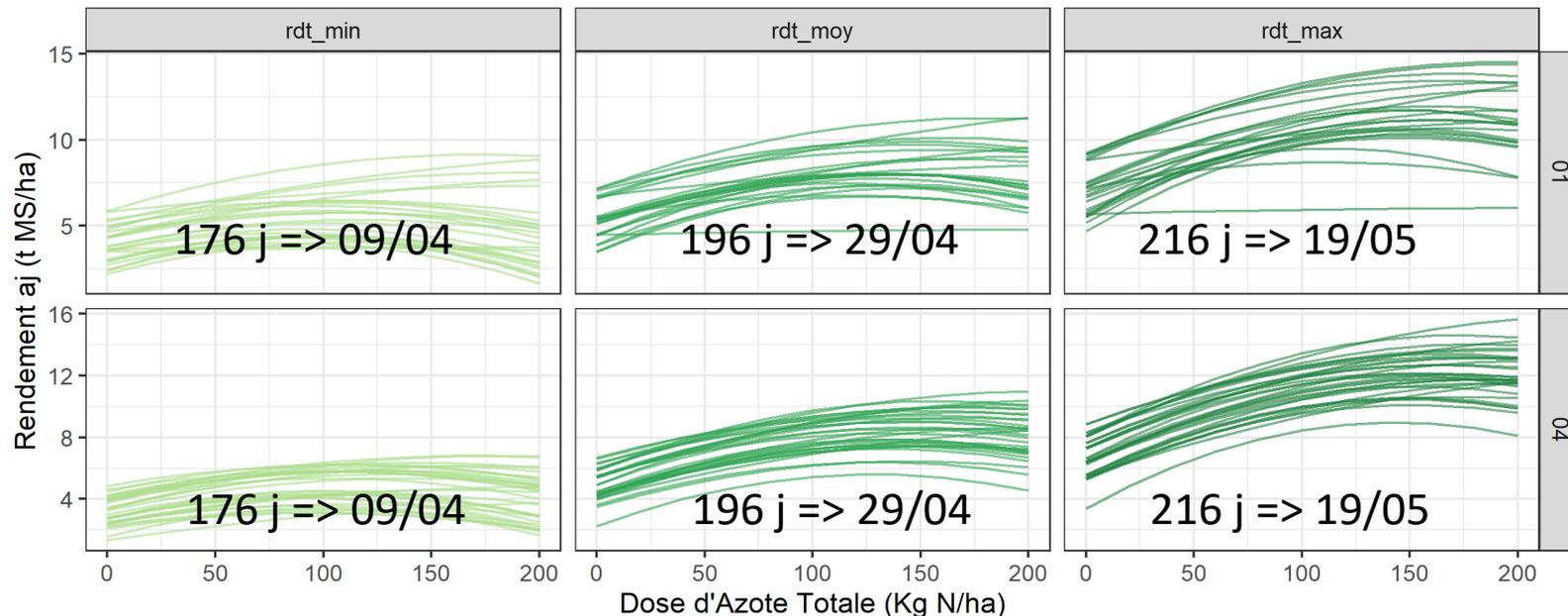
# Courbe de réponse à l'azote simulées

- 18 sites (zones x stations météo x sols) : 10 zones en 5 régions, 18 stations météo, 12 sols
  - 17 fiches agronomiques : 5 espèces en 10 zones
  - 37 modalités de fertilisation
- = 3 587 fiches x 15 ans (2004-2019) = 53 805 traitements**

Fiche agro01 - pri  
Rendement aj (t MS/ha)  
Lieux :

La même date de récolte tous les ans  
Calculée comme la moyenne sur tous les ans par CRN Ammo  
(site x fiche x période apports)

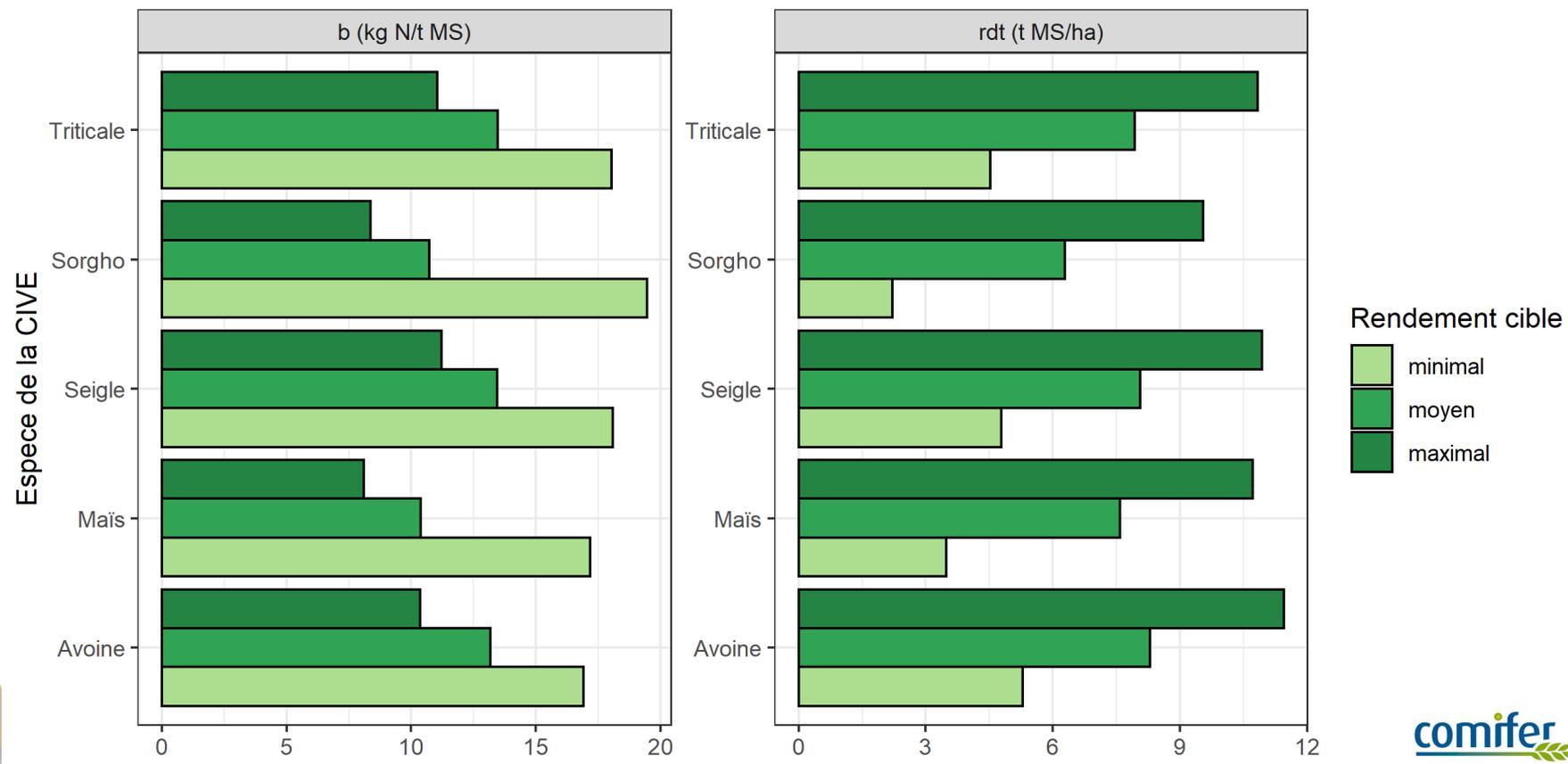
3 400 CRN au total  
180 CRN pour agro 01



La même date pour chaque groupe de rdt cible  
Pour chaque niveau de la variable 'Dose Totale Azote',  
on compare les moyennes de la variable en y  
dans les différents groupes formés par la variable de regroupement 'rdt'

# Pf (Objectif de rendement (y) x besoin par unité de production (b))

RECITAL - besoins moyens en fonction du rdt

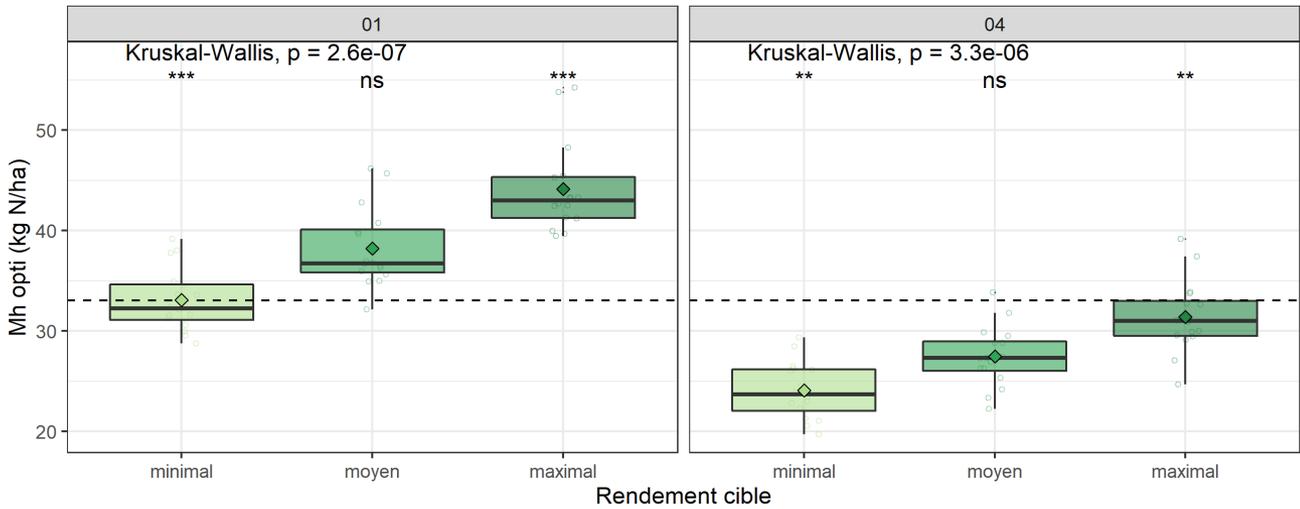
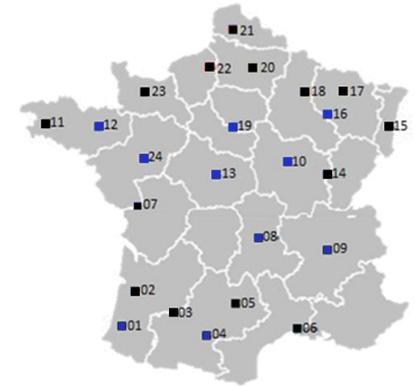


**Maïs fourrage t MS /ha**  
 $b = 14$  si ObjRdt  $\leq 14$  t  
 $b = 13$  entre 14 et 18 t  
 $b = 12$  si ObjRdt  $> 18$  t

# Mh (Minéralisation de l'humus)

Sud Ouest	1	Boulbènes superficielles
Sud Ouest	4	Terreforts moyens

Fiche agro01 - pri  
Mh opti (kg N/ha)  
Lieux :



La même date pour chaque groupe de rdt cible  
Pour chaque niveau de la variable 'Dose Totale Azote',  
on compare les moyennes de la variable en y  
dans les différents groupes formés par la variable de regroupement 'rdt'

id.lieu	id.rdt	Mh opti (kg N/ha)
1	rdt_min	33.08
1	rdt_moy	38.23
1	rdt_max	44.13
4	rdt_min	24.08
4	rdt_moy	27.45
4	rdt_max	31.42

Cumul entre la sortie  
d'hiver et la récolte

	Postes du bilan	Commentaires
✓	<b>Pf (Objectif de rendement (y) x besoin par unité de production (b))</b>	y : rendements cibles issues de l'expertise : inférieur, médian, supérieur Et revalidés par rapport à la dose optimale calculée a posteriori b : Données issues des courbes des réponses simulées avec CHN
✓	<b>Pi (Quantité d'azote absorbé en sortie d'hiver)</b>	Moyenne de l'azote absorbé à l'ouverture du bilan (au semis ou en sortie d'hiver) en fonction des modalités d'apport (avec et sans apports à l'automne)
✓	<b>Rf (Reliquats d'azote – fermeture bilan)</b>	Moyenne de la quantité d'azote dans le sol à la dose optimale calculée a posteriori le jour de la récolte
✓	<b>Mh (Minéralisation de l'humus)</b>	Moyenne de la quantité d'azote du sol minéralisé en cumul de l'ouverture du bilan ou du semis jusqu'à la date de récolte en fonction de la dose optimale calculée a posteriori
✗	<b>Ri (Reliquats d'azote – Ouverture bilan)</b>	- Soit Rentré par l'utilisateur - Soit Estimé avec un modèle, en fonction de l'année, du sol et des pratiques culturales
✗	<b>L (Lixiviation)</b>	- Soit Rentré par l'utilisateur en fonction de la lame drainante - Soit Estimé avec un modèle, en fonction de l'année, du sol et des pratiques culturales
✗	<b>Nirr (quantité d'azote apporté par l'eau d'irrigation)</b>	- rentré par l'utilisateur, en fonction de la quantité d'eau apporté et de la teneur en nitrates de l'eau d'irrigation
⚠	<b>Mr (Minéralisation des résidus du précédent)</b>	- Quantité des résidus du précédents (estimé ou issus de données) - Teneur en azote des résidus - Jours Normalisés cumulés moyens sur la période de présence des CIVEs - Modélisation via le modèle de Juste et al. 2009
⚠	<b>Mhpro (Minéralisation de l'humus des pro)</b>	- Type de pro, composition, dose et date d'apport - Jours Normalisés cumulés moyens sur la période de présence des CIVEs
⚠	<b>Mhp (Minéralisation de l'humus des prairies)</b>	- Nature et mode d'exploitation de la prairie - Jours Normalisés cumulés moyens sur la période de présence des CIVEs



# Perspectives

- Valider les résultats de dose totale prévisionnelle sur des essais courbe de réponse à l'azote sur CIVE d'hiver et d'été
- Évaluer les impacts environnementaux de ce paramétrage sur le reliquats post récolte et sur le bilan entrées sorties d'azote des trois cultures précédent - CIVE - suivant
- Utiliser le même plan de simulation pour l'étude du raisonnement de la fertilisation avec les produits organiques



# Discussion / Demandes pour le groupe NS

- Quelles sont les références disponibles sur les besoins des CIVEs ?
- Quelle est la démarche pour établir une méthode de bilan sur CIVE ?
  - cultures et des contextes pédoclimatiques
  - dates d'ouvertures et de fermeture du bilan
- Quels sont les manques de connaissances pour références les postes du bilan sur CIVE ?
- Quels sont les écarts entre les postes mesurés dans vos essais et les doses prévisionnelles estimées avec les nouvelles références produites par l'étude ?
- Qui est disponible pour faire partie d'un groupe de travail pour valider les références proposées ?