

15<sup>È</sup> RENCONTRES

DE LA FERTILISATION RAISONNÉE  
ET DE L'ANALYSE



Le rendez-vous biennal des professionnels de la fertilisation raisonnée

comifer  
Comité Français de l'Azote et du Phosphore

Gemas  
Généraliste des Experts Agronomes



AGRICULTURES  
& TERRITOIRES  
CHAMBRES D'AGRICULTURE  
GRAND EST



PARTAGE  
Pour boucler le cycle de l'azote

BOUCLAGE  
Recyclage, Fertilisation,  
Impacts Environnementaux



AGRICULTURES  
& TERRITOIRES  
CHAMBRES D'AGRICULTURE  
CENTRE-VAL DE LOIRE

L'EUROPE  
s'engage  
en région  
Centre-Val de Loire  
avec le FEADER

Centre-Val de Loire  
Région



FDGEDA  
Généraliste des Experts Agronomes

ARVALIS  
Institut du végétal

Terres  
Inovia  
l'agronomie en mouvement

eip-agri  
AGRICULTURE & INNOVATION

l'Europe  
s'engage  
en Grand Est



FONDS EUROPÉEN AGRICOLE  
POUR LE DÉVELOPPEMENT RURAL  
Région Investit dans le Grand Est Rural

Grand Est  
ALSACE CHAMPAGNE-ARDENNE LORRAINE  
L'Europe s'invente chez nous

AXKEREAL  
La terre, les hommes, le futur

SCAEL  
Groupe Coopératif

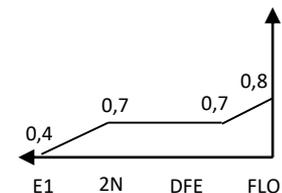
# Pilotage intégral de la fertilisation azotée du blé en régions Centre-Val de Loire et Grand Est : plus d'efficacité pour moins de pertes

Pierre Lebreton, Maëva Guillier-Weens,  
Honorine Gabriel, Anne Brunet, Marie-Hélène Jeuffroy,  
Jean-Marc Meynard,

INRAE

# Principes de la méthode APPI-N

- ❖ Pas de Reliquat sortie hiver, ni d'objectif de rendement → **Pas de calcul a priori de dose totale**
- ❖ Maximiser le **Coefficient apparent d'utilisation (CAU)** grâce à :
  - Un **décalage** des apports, permis par **l'acceptation d'une carence tolérable en début de cycle**, pilotée grâce à une **trajectoire seuil d'INN** à ne pas franchir (Ravier et al., 2017)
  - Un déclenchement des apports uniquement lors de « **jours favorables** » c'est-à-dire lorsque **les conditions d'humidité du sol sont satisfaisantes** pour permettre la valorisation de l'azote (10 mm de pluie dans les 3 jours suivant apport ou sol humide)
- ❖ Le **suivi régulier de l'INN** grâce à un outil d'estimation (HN-Tester®) de la **sortie hiver à la floraison**, pour le pilotage intégral des apports
- ❖ La **définition des doses d'azote à apporter** en fonction de l'INN et de la date de contrôle, à partir d'une **analyse fréquentielle du climat des 20 dernières années** pour chaque site et la **simulation de nombreuses stratégies de fertilisation** → ABAQUE



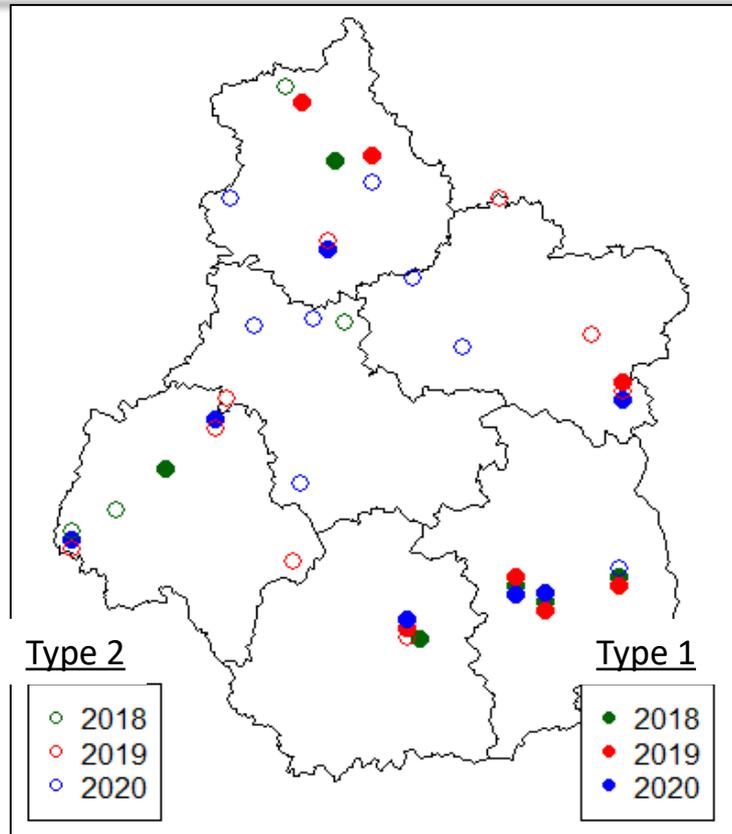
# Dispositif d'évaluation



# Dispositif d'évaluation de la méthode APPI-N

## 3 années d'essais en micro-parcelles en Centre Val de Loire

39 essais en micro-parcelles en alpha-blocs randomisés menés entre 2018 et 2020 dans la région **Centre Val de Loire**, conduits par les partenaires du projet Solinazo



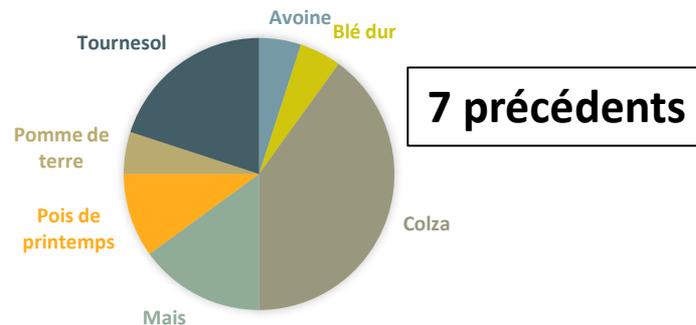
# Dispositif d'évaluation de la méthode APPI-N

## 3 années d'essais en micro-parcelles en Centre Val de Loire

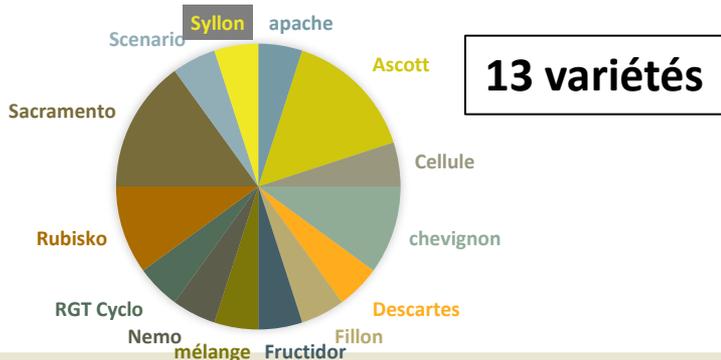
### Diversité de types de sol



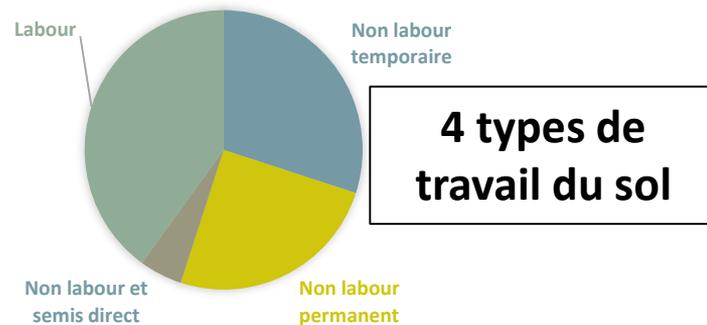
### Diversité de précédents



### Diversité de variétés



### Diversité de travail du sol



# Dispositif d'évaluation de la méthode APPI-N

## 3 années d'essais en bandes agriculteur en région Grand Est

42 essais en bande  
agriculteur menés entre  
2019 et 2021 dans la  
région **Grand Est**

2019

- Abaques par stade

2020

- Abaques par date, BFC
- Etalon sur-fertilisé

2021

- 2 Abaques par date Grand Est

## Réseau d'expérimentation de la méthode APPI-N en Grand Est 2019-2021



**PARTAGE**  
Pour boucler le cycle de l'azote

Légende

- ▲ Campagne 2019
- Campagne 2020
- ◆ Campagne 2021

Précédent cultural

- Avoine de printemps
- Betterave
- Blé
- Colza
- Maïs
- Pois
- Soja
- Tournesol
- Chanvre
- NR

# Dispositif d'évaluation de la méthode APPI-N

## Critères d'évaluation de APPI-N, comparé au Bilan

Type de résultats	Critères d'évaluation
Stratégie de fertilisation	Date du 1 <sup>er</sup> apport
	Nombre total d'apports
	Dose totale (kg N/ha)

# Dispositif d'évaluation de la méthode APPI-N

## Critères d'évaluation de APPI-N, comparé au Bilan

Type de résultats	Critères d'évaluation
<b>Stratégie de fertilisation</b>	Date du 1 <sup>er</sup> apport
	Nombre total d'apports
	Dose totale (kg N/ha)
<b>Performance économique</b>	Rendement à 15% d'humidité (q/ha)
	Taux de protéine (%)
	Marge partielle (€/ha)

Prix utilisé pour les calculs de la marge partielle	2018	2019	2020
Prix du blé (€/t)	154	154	178
Prix de l'ammonitrate 33,5% (€/t)	272	285	256
Prix de la solution azotée 39% (€/t)	170	179	176

Prix de l'azote, du blé, bonification et réfaction selon la teneur en protéines et le coût du passage de tracteur lors des apports

# Dispositif d'évaluation de la méthode APPI-N

## Critères d'évaluation de APPI-N, comparé au Bilan

Type de résultats	Critères d'évaluation
<b>Stratégie de fertilisation</b>	Date du 1 <sup>er</sup> apport
	Nombre total d'apports
	Dose totale (kg N/ha)
<b>Performance économique</b>	Rendement à 15% d'humidité (q/ha)
	Taux de protéine (%)
	Marge partielle (€/ha)
<b>Performance environnementale</b>	Pertes (kg N/ha)
	Emission de GES par hectare (kg CO <sub>2</sub> eq/ha)
	Émission de GES par quintal de produit récolté (kg CO <sub>2</sub> eq/q)

Prix utilisé pour les calculs de la marge partielle	2018	2019	2020
Prix du blé (€/t)	154	154	178
Prix de l'ammonitrate 33,5% (€/t)	272	285	256
Prix de la solution azotée 39% (€/t)	170	179	176

Prix de l'azote, du blé, bonification et réfaction selon la teneur en protéines et le coût du passage de tracteur lors des apports

Liée à la fabrication et le transport des engrais, les pertes de N<sub>2</sub>O estimé par le CAU, aux passages de tracteur lors des apports

# Résultats de l'évaluation de la méthode APPI-N

# Synthèse globale des résultats de l'évaluation

Type de résultats	Paramètre d'évaluation	Résultats en micro-parcelles (n =20)	Résultats en bandes agriculteur (n=16)
<b>Stratégie de fertilisation</b>	Date du 1 <sup>er</sup> apport	<b>20 jours plus tard (entre 0 et 50 jours d'écart)</b>	<b>15 à 25 jours plus tard</b>
	Nombre total d'apports	Bilan : 5% 2 apports 95% 3 apports APPI-N : 50% 2 apports 50% 3 apports	Bilan : 18% 2 apports 75% 3 apports APPI-N : 37% 2 apports 56% 3 apports
	Dose totale	<b>Réduite</b> de 16 kg N/ha (Significatif à 5%)	<b>Réduite</b> de 25 kg N/ha

# Synthèse globale des résultats de l'évaluation

Type de résultats	Paramètre d'évaluation	Résultats en micro-parcelles (n =20)	Résultats en bandes agriculteur (n=16)
<b>Stratégie de fertilisation</b>	Date du 1 <sup>er</sup> apport	<b>20 jours plus tard (entre 0 et 50 jours d'écart)</b>	<b>15 à 25 jours plus tard</b>
	Nombre total d'apports	Bilan : 5% 2 apports 95% 3 apports APPI-N : 50% 2 apports 50% 3 apports	Bilan : 18% 2 apports 75% 3 apports APPI-N : 37% 2 apports 56% 3 apports
	Dose totale	<b>Réduite</b> de 16 kg N/ha (Significatif à 5%)	<b>Réduite</b> de 25 kg N/ha
<b>Performance économique</b>	Rendement à 15%	<b>Equivalent</b> : Ecart de -1,3 q/ha (NS)	<b>Equivalent</b> : Ecart de + 0,9 q/ha
	Taux de protéine	<b>Equivalent</b> : Ecart de +0,1 point (NS)	<b>Equivalent</b> : Ecart de + 0,3 point
	Marge partielle	<b>Equivalent</b> : Ecart de - 2€/ha (NS)	Ecart de + 38 €/ha

# Synthèse globale des résultats de l'évaluation

Type de résultats	Paramètre d'évaluation	Résultats en micro-parcelles (n =20)	Résultats en bandes agriculteur (n=16)
Stratégie de	Date du 1 <sup>er</sup> apport	<b>20 jours plus tard (entre 0 et 50 jours d'écart)</b>	<b>15 à 25 jours plus tard</b>
	Nombre total d'apports	Bilan : 5% 2 apports 95% 3 apports	Bilan : 18% 2 apports 75% 3 apports

Un **maintien des résultats tant quantitatifs que qualitatifs** donc des performances économique

Et

Une **diminution des pertes** d'azote vers l'environnement et des **émissions de CO2**

Le pilotage intégral permet de réduire à la fois les risques de faible CAU (source de nuisances environnementales) et de manque d'N préjudiciable à la production:

**APPI-N permet de dépasser l'opposition classique entre production et respect de l'environnement**

Performance environnementale	Emission de GES par hectare	<b>Réduites</b> de 627 kg CO2eq/ha (S) (-26%) (n=19) <i>L'équivalent d'un trajet d'environ 3250 km en voiture</i>	<b>Réduites</b> de 1895 kg CO2eq/ha (-39%) (n=7)
	Émission de GES par quintal de produit récolté	<b>Réduites</b> de 8,6 kg CO2eq/q (S) (-28%) (n=19)	<b>Réduites</b> de 25,3 kg CO2eq/q (-40%) (n=7)

# Robustesse de la méthode, retours d'usages et perspectives

# APPI-N, robuste dans l'usage

❖ **Robuste** face aux écarts d'application observés lors des tests :

3 types d'écarts non préjudiciables aux performances économiques d'APPI-N

→ **Un apport déclenché sans pluie annoncée**

→ **Ecart à la dose recommandée non justifié par l'expérimentateur**

→ **Délai entre l'estimation et l'apport trop important et non justifié par les conditions climatiques**

/!\ **ATTENTION** à certains écarts :

2 types d'écarts sont particulièrement préjudiciables aux performances économiques d'APPI-N

→ **Le décrochage précoce de l'étalon surfertilisé**

→ **L'arrêt précoce/ le départ trop tardif du suivi ou irrégularité du suivi**

# APPI-N, un vecteur d'autonomie et un catalyseur d'apprentissage, d'interactions

De **nouveaux repères** et de **nouvelles pratiques** stimulant les discussions entre les conseillers et les agriculteurs

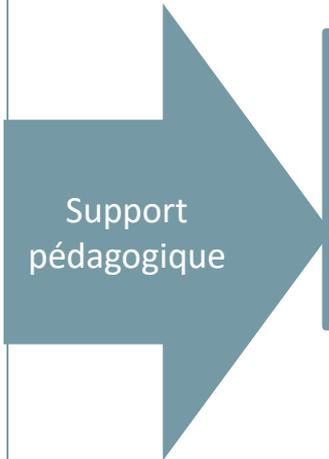
## ❖ De nouvelles pratiques :

- Un retardement voire une suppression dans certains cas du 1<sup>er</sup> apport
- Un suivi rigoureux de l'INN avec des passages réguliers tout au long de la campagne de fertilisation

## ❖ De nouveaux repères :

- Les valeurs d'INN et leur évolution au cours de la campagne
- Les variations de couleur en début de cycle (liées à la tolérance des carences)

Support  
pédagogique



## Une méthode à apprendre

Se familiariser avec la méthode (la pince, la lecture des abaques, le choix dans les doses, le choix d'apport en fonction des conditions climatiques, la couleur du blé, la lecture de l'INN et sa dynamique,...)

*« Méthode intéressante dans son principe mais qui doit être interprétée »*



# Perspectives pour le raisonnement de la fertilisation azotée du blé en France

- ❖ Déploiement de la méthode APPI-N
  - Développement d'une application APPI-N (aide à la mise en œuvre d'APPI-N et enregistrement des données)
  - Nouveaux outils pour estimer l'INN : Greenseeker, N-sensor<sup>®</sup>, Satellite
  - Nouvelles échelles : Passage à l'échelle d'une exploitation
    - « *Utilisable sur un petit nombre de parcelles homogènes* »
  
- ❖ Approfondir les **effets indirects de cette nouvelle méthode de fertilisation** (adventices, verse, tolérance au stress hydrique)
  
- ❖ Adaptation de la méthode de fertilisation **pour des associations de culture et en couvert permanent**

# Perspectives pour le raisonnement de la fertilisation azotée du blé en France

- ❖ Evolution de la réglementation pour accepter les techniques de pilotage intégral
- ❖ Méthode à fort potentiel pour l'obtention du Label bas carbone (-26%/-39% d'émissions)
  - ➔ Potentiel de financement pour les projets certifiés : « label bas carbone » dans un contexte où la fertilisation azotée est le poste le plus important de consommation d'énergie directe et indirecte des exploitations
- ❖ De nouveaux enjeux économiques autour de la réduction de l'utilisation des engrais minéraux, liés à l'augmentation importante du prix de ceux-ci
- ❖ Dans le projet d'une synthèse nationale, si vous avez conduit des essais avec cette nouvelle méthode, n'hésitez pas à prendre contact avec nous :  
[Pierre.lebreton@inrae.fr](mailto:Pierre.lebreton@inrae.fr) ; [Raphael.paut@inrae.fr](mailto:Raphael.paut@inrae.fr)

# Merci !



**PARTAGE**  
Pour boucler le cycle de l'azote

