



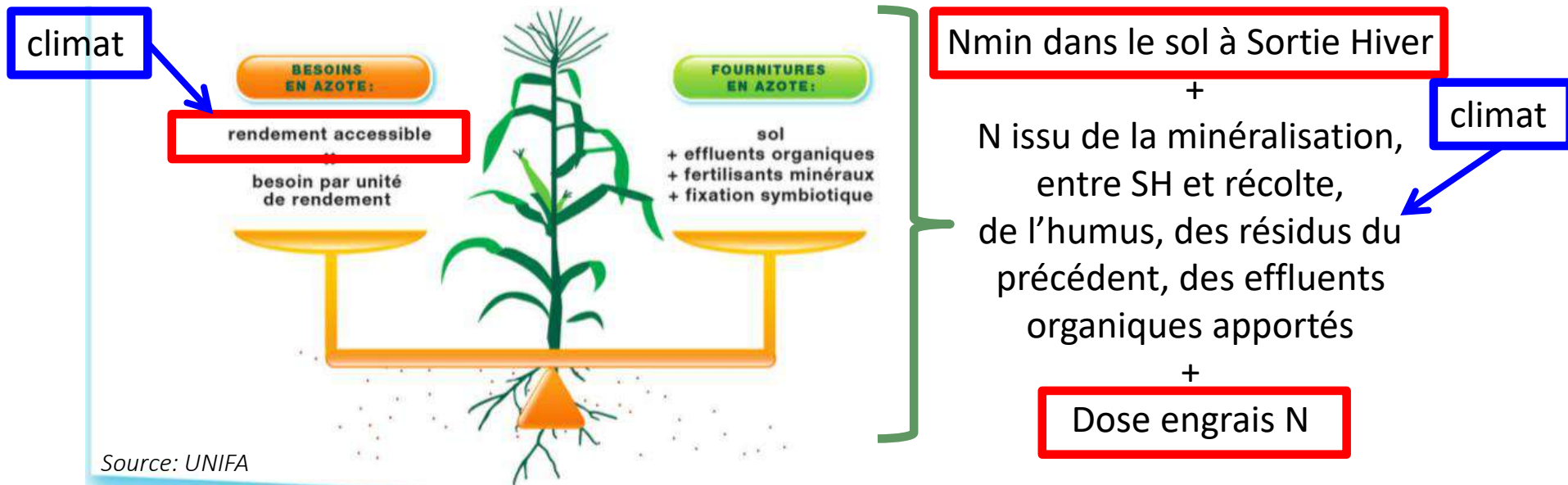
Une nouvelle méthode de raisonnement de la fertilisation azotée sur blé, basée sur le pilotage intégral: la méthode APPI-N

Présenté par Marie-Hélène JEUFFROY & Raphaël PAUT
d'après la thèse de Clémence RAVIER et les projets
SOLINAZO & PARTAGE



Un modèle de raisonnement unique depuis plus de 40 ans

- ❖ Méthode du bilan (*Hébert, 1969; Rémy et Hébert, 1977*):

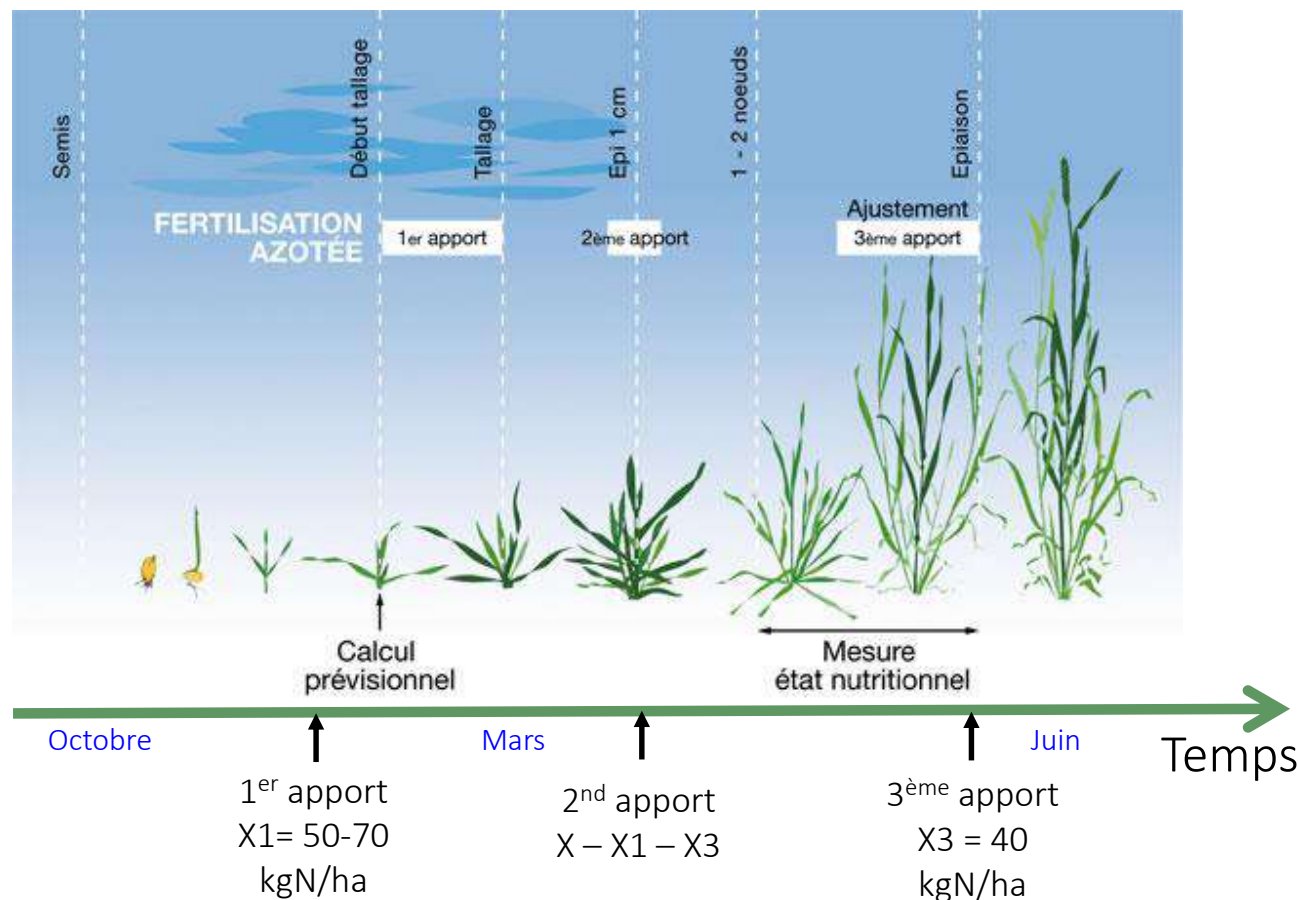


- ❖ Une amélioration continue du raisonnement par un affinement de l'estimation des différents postes (logique additive, cohérente avec la segmentation des recherches) ... depuis 40 ans !
- ❖ Une diffusion massive de la méthode, une procédure de raisonnement consensuelle largement diffusée, des références mises à jour par le COMIFER et des références locales proposées par les organismes de R&D

Origine de la demande

Des éléments de raisonnement et des pratiques d'application qui font consensus :

- ❖ Calcul prévisionnel de la dose totale dès la sortie hiver (**dose X**)
- ❖ Règles de fractionnement calées sur stades ou dates
- ❖ Ajustement de la dose du dernier apport, avec outil de pilotage



**Pour
maintenir
une nutrition
azotée non
limitante
tout au long
du cycle !**

MAIS toujours des problèmes environnementaux !

La gestion de l'azote dans les SdC est au centre d'enjeux majeurs :

... **environnementaux** : nitrates

Beaudoin et al. 2005

... **climatiques** : GES (N₂O)

EU Commission 2013

... **énergétiques** : engrais minéraux

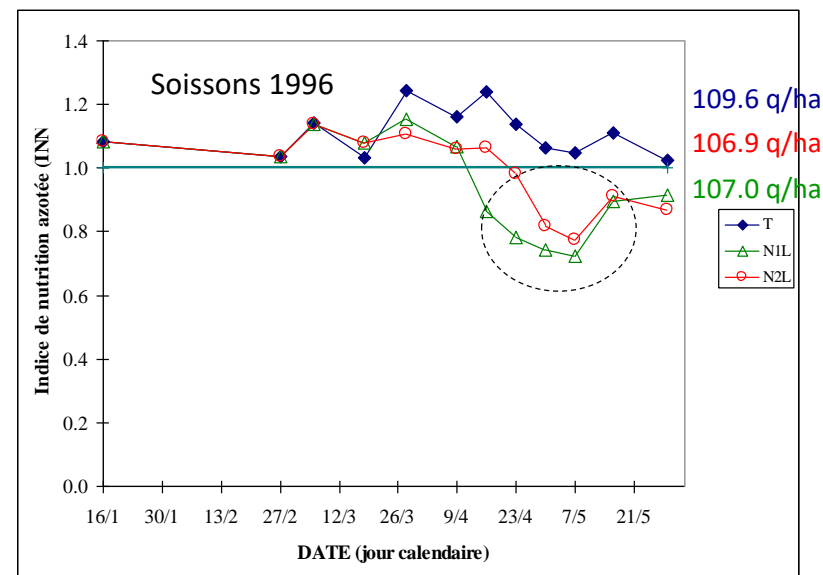
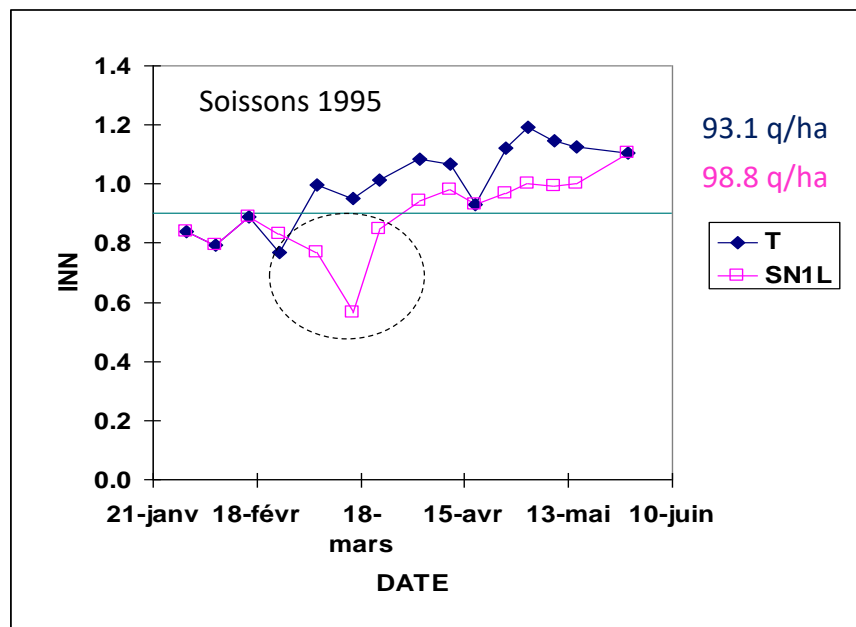
Tilman et al. 2002

... des enjeux parfois antagonistes avec les **enjeux économiques**

The collage features several pieces of content from Arvalis, an agricultural research institute. At the top left is an article titled "Azote sur blé : quelle conduite tenir face à l'envolée actuelle des prix ?" dated November 1, 2021. To its right is another article, "Azote sur blé : quand rendements et marges divergent", dated November 16, 2021, which includes a small chart and mentions 9.7k views and 1 comment. Below these is an article titled "En cas de défaut d'approvisionnement, quelle stratégie de fertilisation adopter?" dated November 29, 2021. At the bottom right is a magazine page titled "Dix leviers pour limiter la hausse du poste engrais" (November 2021), which includes a small bar chart and discusses operational charges for the next campaign.

Des connaissances qui permettraient d'améliorer l'efficacité d'utilisation des engrais ne sont pas valorisées:

- ❖ Existence de périodes de carence en azote **non préjudiciables** au rendement (*Jeuffroy et Bouchard, 1999*)



INN ≥ 1 : Teneur en azote suffisante pour maintenir le niveau de croissance le plus élevé

INN < 1 : Plante carencée en azote (impact sur la croissance)

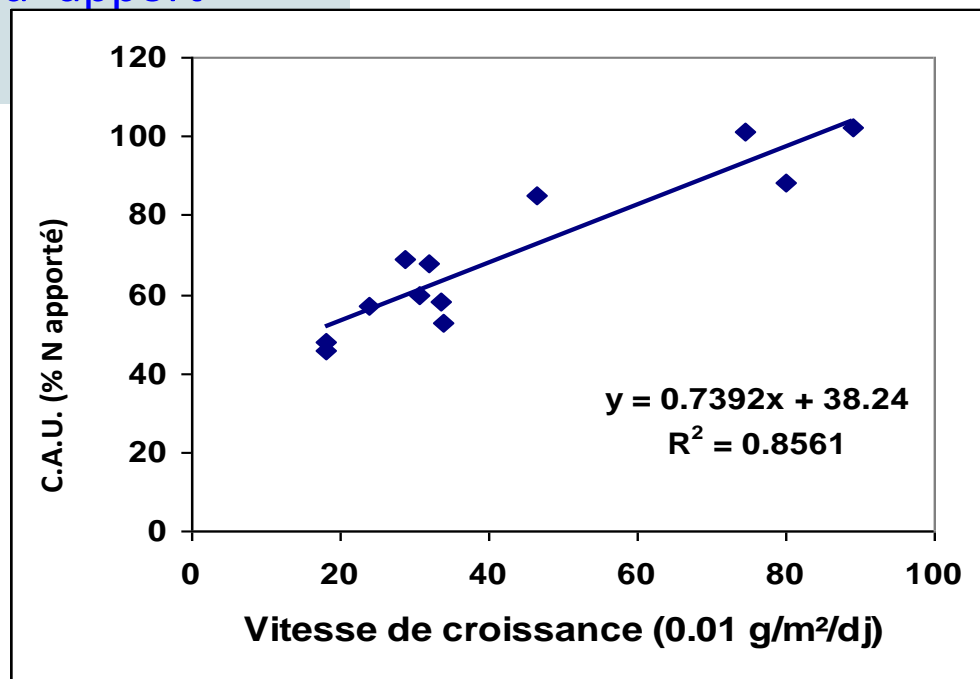
Des connaissances qui permettraient d'améliorer l'efficacité d'utilisation des engrais ne sont pas valorisées:

- ❖ Efficacité d'utilisation de l'engrais: plus liée à la vitesse de croissance au moment de l'apport (*Limaux et al., 1999*) qu'à des stades/dates

VARIATIONS DU CAU :

- 57% à 95% entre variétés
- 56% à 74% entre types de sol
- 46% à 102% entre lieux et dates d'apport

(*Limaux, 1999*)



Des connaissances qui permettraient d'améliorer l'efficacité d'utilisation des engrais ne sont pas valorisées:

- ❖ Une grande majorité de l'N non utilisé par la culture est perdu vers l'environnement: pertes gazeuses (NH_3 , N_2O) + pertes nitriques (lixiviation vers eaux)

$$(1-\text{CAU}).X = \cancel{I_X} + \cancel{L_X} + G_X + \cancel{\Delta R_f}$$

(Meynard et al., 1997)

FACTEURS DE VARIATION DE LA VOLATILISATION

Vitesse
Du vent

Température
aérienne

forme
physique
de l'engrais

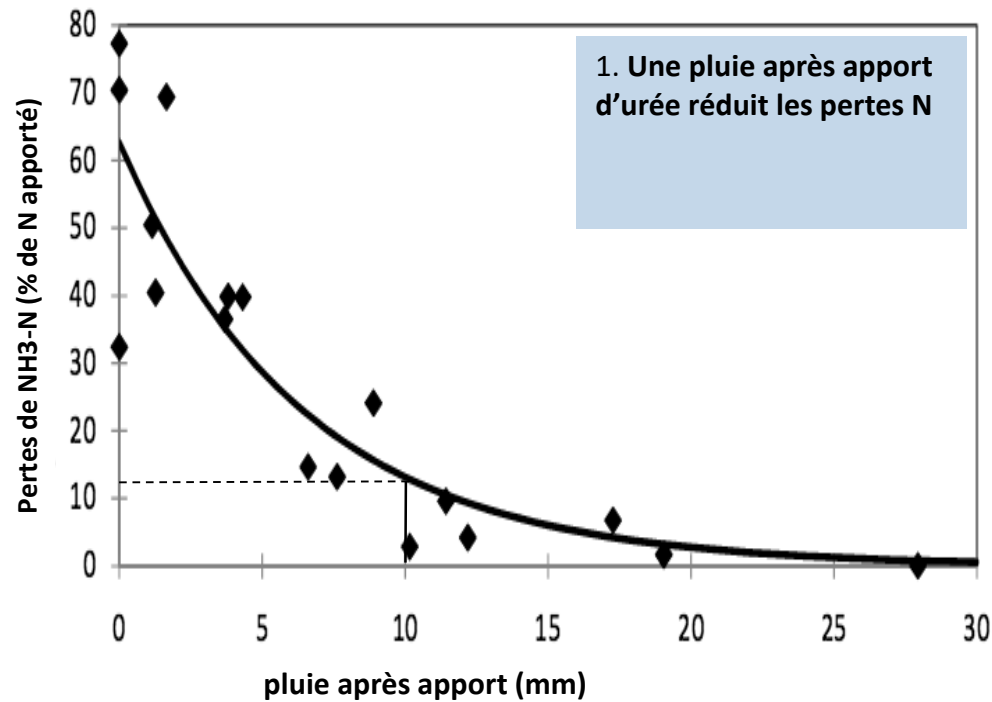
forme
chimique
de l'engrais

pH
sol

état hydrique
du sol

Des connaissances qui permettraient d'améliorer l'efficacité d'utilisation des engrais ne sont pas valorisées:

- ❖ Les conditions climatiques après apport: déterminantes de l'utilisation de l'azote



Holcomb J, 2011

Hypothèse:

Le modèle scientifique sous-jacent à la méthode est précis et rigoureux, mais le problème serait plutôt dans l'usage : hypothèse d'un décalage conceptuel entre le modèle scientifique et sa mise en œuvre dans les pratiques.

Objectif :

Reconcevoir une méthode de raisonnement de la fertilisation azotée qui :

- ❖ Réponde aux enjeux, parfois antagonistes, autour de l'azote
- ❖ Valorise les connaissances délaissées par « le bilan »
- ❖ Soit pertinente pour les utilisateurs
- ➔ Explorer hors des sentiers battus, par la **conception innovante** !
- ➔ intégrer les **usages** dans la **démarche de conception** !

→ Démarche pour la conception d'outil d'aide à la décision **intégrant les usages** (Cerf et al., 2012)

1= Diagnostic des usages

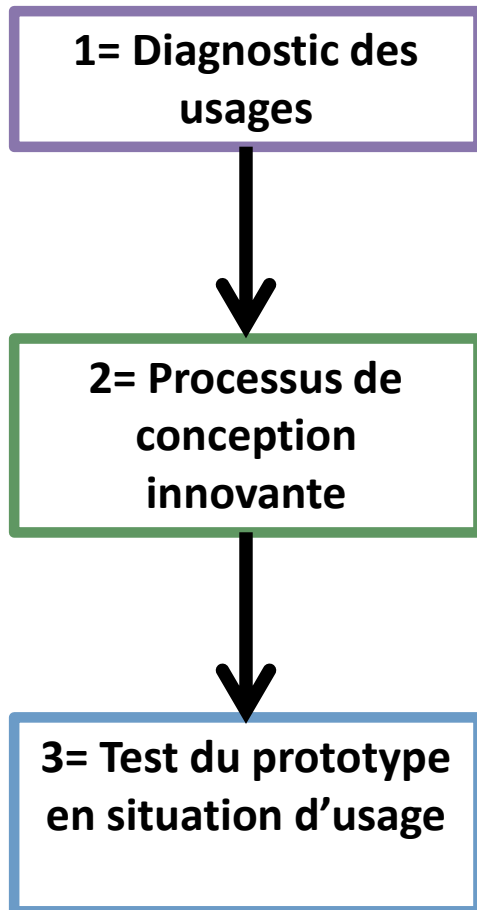
- Analyse des pratiques des différents utilisateurs potentiels :
- Mettre en avant les difficultés rencontrées avec méthode et outils existants
 - Spécifier les attentes pour de nouveaux outils

2= Conception

3= Test du prototype en situation d'usage

- Vérifier l'adéquation aux attentes

→ Démarche pour la **conception** d'outil d'aide à la décision intégrant les usages (*Cerf et al., 2012*)



Analyse des pratiques des différents utilisateurs potentiels :

- Mettre en avant les difficultés rencontrées avec méthode et outils existants
- Spécifier les attentes pour de nouveaux outils
- Théorie C-K (*Le Masson et al., 2006*) :
- L'objet à concevoir se définit au cours du processus
- Créer une dynamique d'exploration conviant les participants à sortir des cadres de raisonnement habituels
- Expansion conjointe des concepts et des connaissances
- Vérifier l'adéquation aux attentes

Enquêtes de conseillers et agriculteurs et analyse des 20 rapports GREN

1= Le diagnostic des usages des méthodes et outils existants

Concepts innovants /
limite du modèle actuel

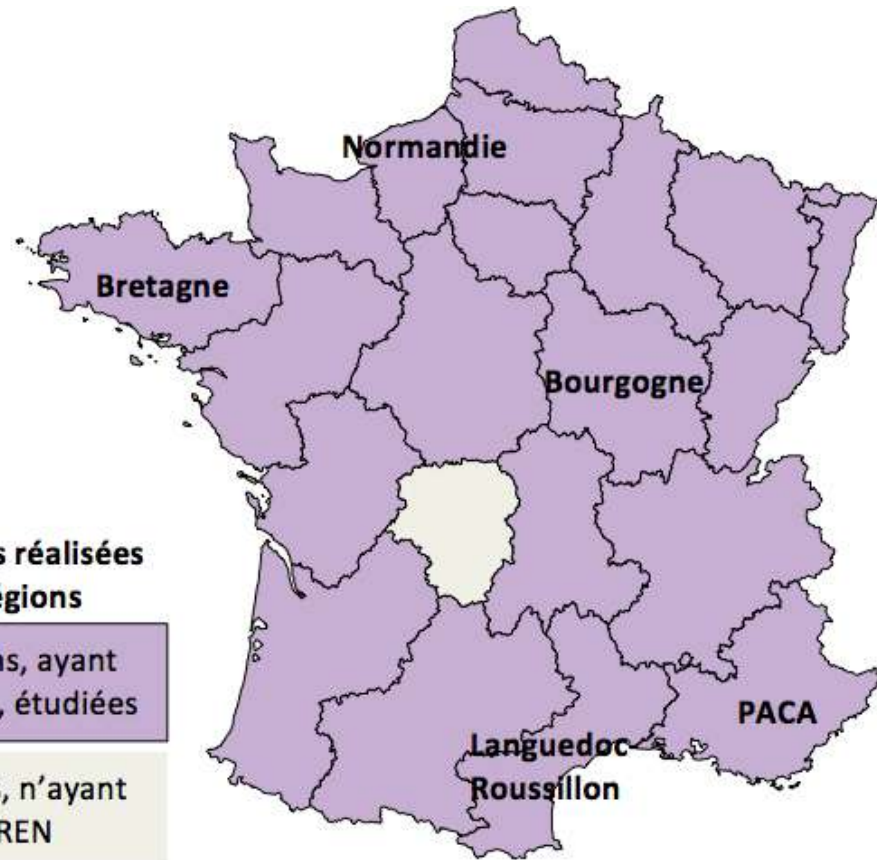
Critères d'évaluation /
attentes des utilisateurs

GREN: groupe régional d'expertise Nitrate : paramétrage officiel du bilan

Enquêtes réalisées dans 5 régions

20 régions, ayant un GREN, étudiées

2 régions, n'ayant pas de GREN



❖ Difficultés de mise en œuvre de la méthode du bilan:

- Pas de consensus sur la manière de fixer l'objectif de rendement

Pouvoirs publics:

Eviter les cas de sur-fertilisation

« L'objectif de rendement sera calculé comme la moyenne des rendements réalisés sur l'exploitation pour la culture [...] concernée et, si possible, pour des conditions comparables de sol au cours des cinq dernières années en excluant les valeurs maximale minimale »

(Arrêté préfectoral)

Organismes professionnels agricoles:

Logique de potentiel

- Risque de ne pas atteindre les potentialités les années favorables
- Risque de stagnation des rendements
- Non prise en compte du progrès génétique
- N non suffisant pour teneur en protéine
- Non disponibilité de l'historique sur 5 ans

Agriculteurs: Rendement qu'ils estiment pouvoir réaliser:

*« Je mets 100 quintaux là où je sais que **je peux les faire** »*

*« Mon rendement est autour de 70-80 quintaux, 90 pour certaines parcelles [...], je mets souvent 90 quintaux, parce que **je les ai déjà faits** »*

❖ Difficultés de mise en œuvre de la méthode du bilan:

- Pas de consensus sur la manière de fixer l'objectif de rendement
- L'analyse de sol: source d'incertitudes

Paradoxe: la mesure du RSH a des bases scientifiques et analytiques solides, mais son usage peut être source de doutes et d'erreurs

« On conseille, lorsque les valeurs de RSH sont aberrantes, supérieures à 70, de ne pas le prendre en compte » (Conseiller)

« Je fais un reliquat pour abonder la moyenne mais je prends la moyenne, est-ce que j'ai tort ? » (Agriculteur)

« Je fais des analyses de sol mais souvent mes valeurs sont supérieures à la moyenne régionale, je me demande si la mesure est fiable » (Agriculteur)

« Il y a tellement de conditions à réunir pour que la mesure soit fiable ... Et c'est encore plus compliqué de savoir à quelle parcelle on a le droit d'extrapoler. C'est une méthode obsolète » (Conseiller)

❖ **Difficultés de mise en œuvre de la méthode du bilan:**

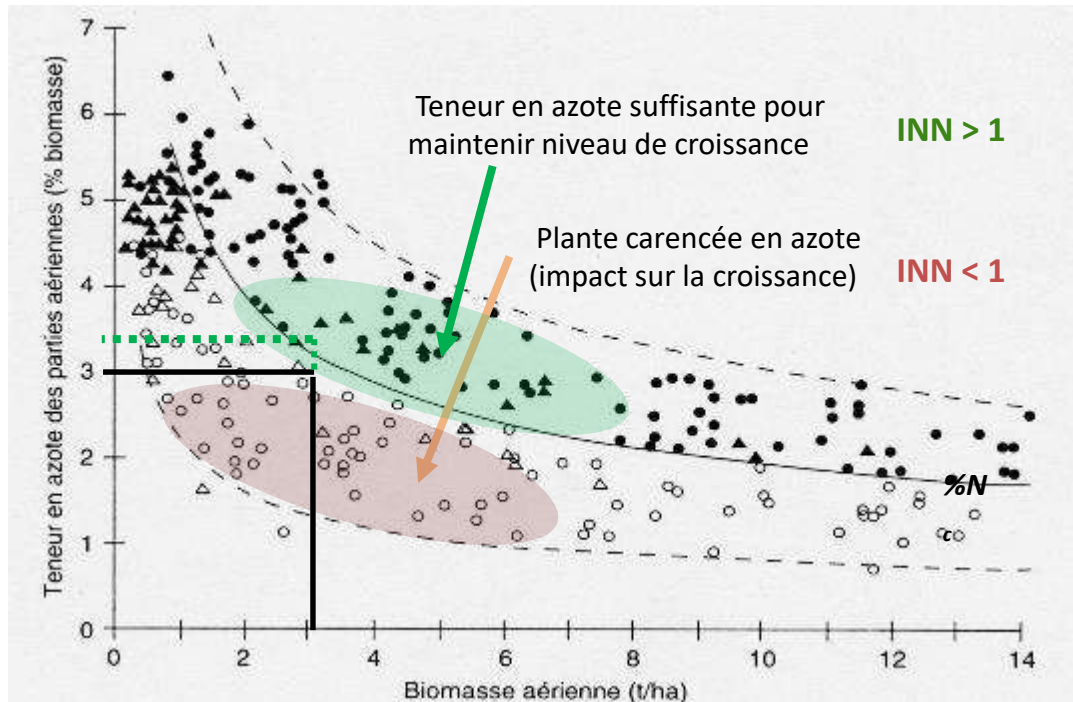
- Pas de consensus sur la manière de fixer l'objectif de rendement
- L'analyse de sol: source d'incertitudes
- Pratiques actuelles ne permettant pas de maximiser l'efficacité d'utilisation des engrais (apports anticipés à cause de la crainte de sécheresse)

Conséquences pour la conception :

1= peut-on raisonner la fertilisation N sans objectif de rendement (et, si possible, sans reliquat de sortie d'hiver) ?

2= comment prendre en compte le risque de sécheresse pour maximiser l'efficacité d'utilisation de l'engrais ?

Pour ajuster en temps réel les apports d'engrais : se baser sur l'Indice de Nutrition Azotée (INN)



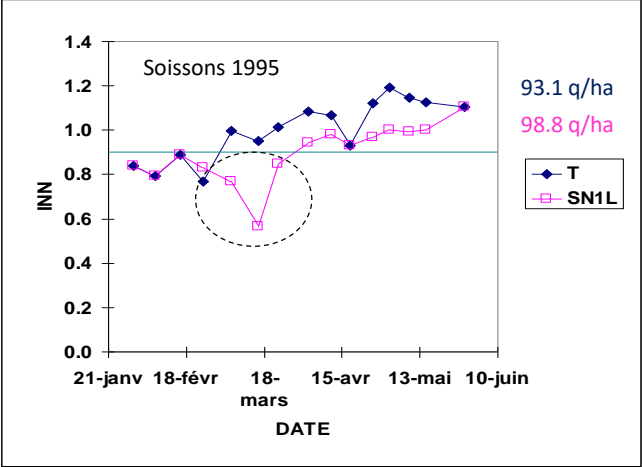
$$INN = \frac{\%N_{obs}}{\%N_{crit}}$$

Teneur en N critique ($\%N_c$) :
Quantité minimum d'azote
nécessaire au blé pour
produire le maximum de
biomasse

Justes et al. 1994

L'intensité de la carence est d'autant plus forte que l'INN est faible

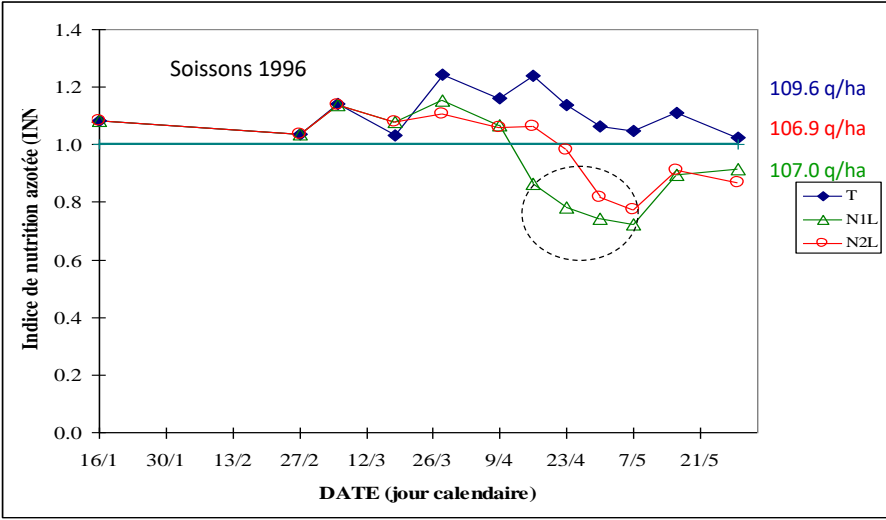
Des connaissances non valorisées dans la méthode du bilan: Effets des carences azotées sur le rendement (basé sur mesures d'INN)



Jeuffroy & Bouchard,
1999

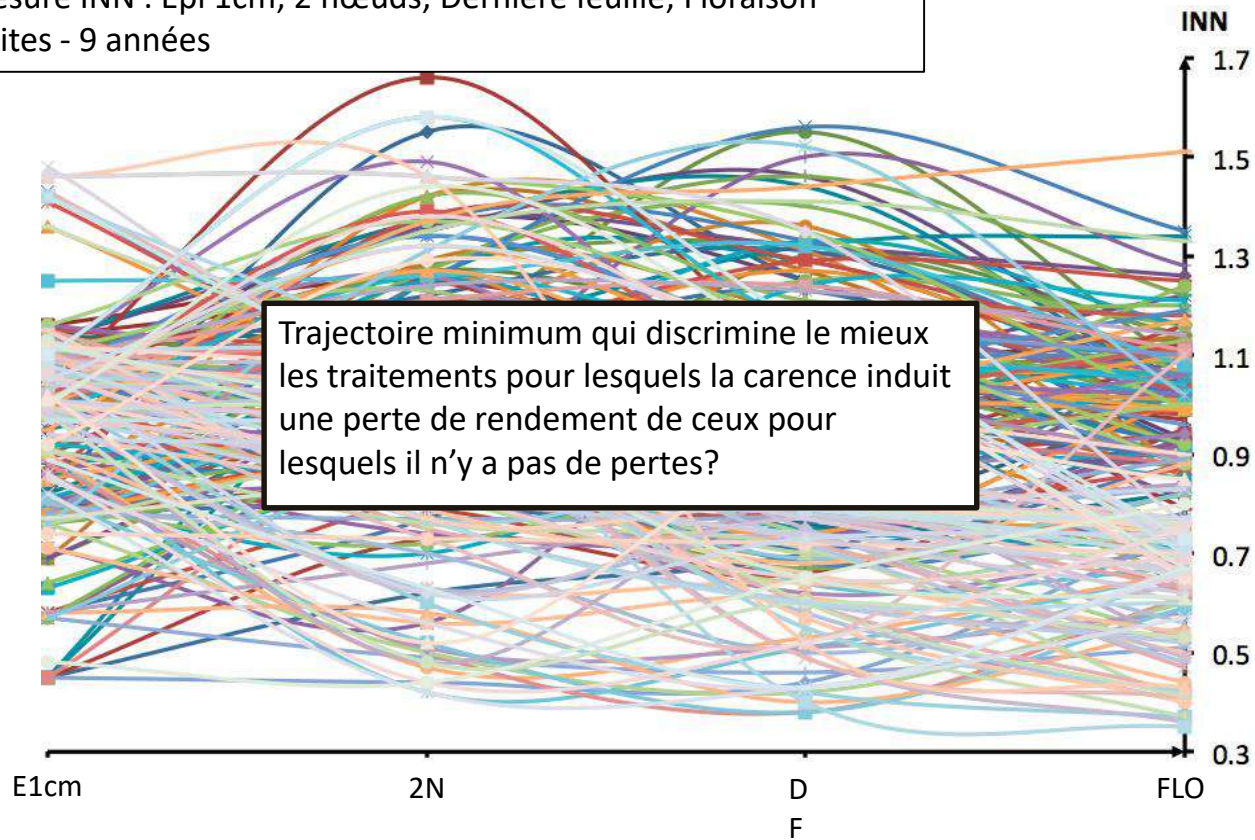
Toutes les carences ne sont pas préjudiciables pour le rendement (ni pour la teneur en protéine).

→ Lesquelles peut-on tolérer ?



Trajectoire d'INN avec carences tolérables

- 209 Traitements
- Issus d'essais Azote INRA et Arvalis
- Mesure INN : Epi 1cm; 2 nœuds; Dernière feuille; Floraison
- 6 sites - 9 années



Peut-on déterminer une trajectoire d'INN seuil ?

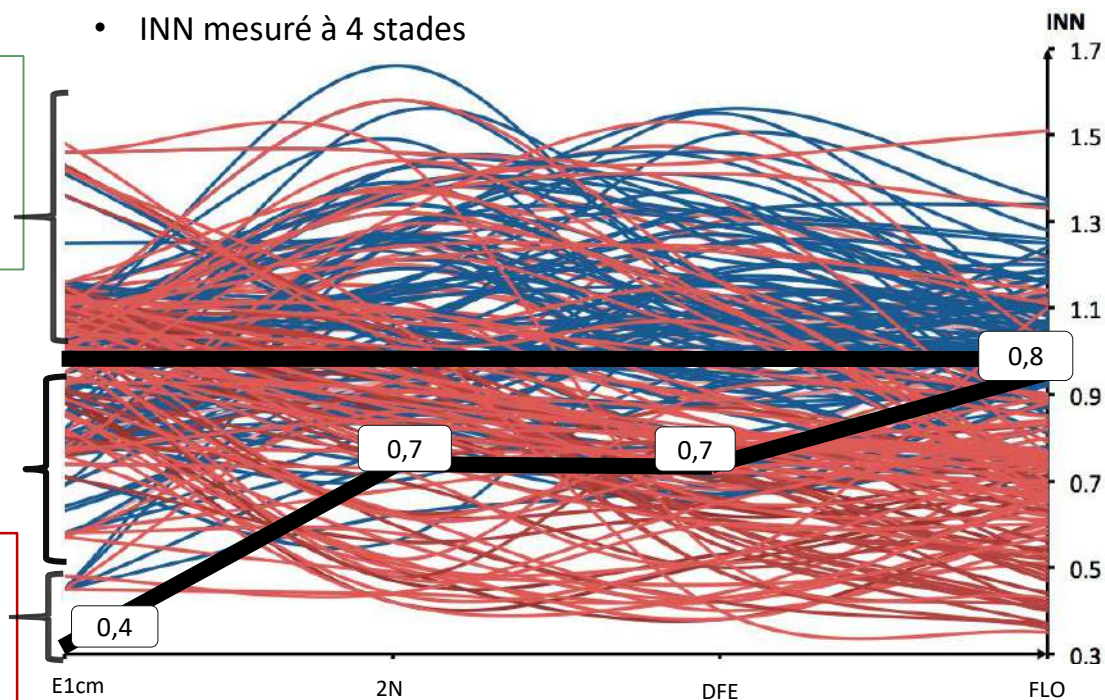
Essais INRA et ARVALIS :

- 209 traitements sur 6 sites et 9 années
- 1 modalité bien fertilisée → rendement max de l'essai
- INN mesuré à 4 stades

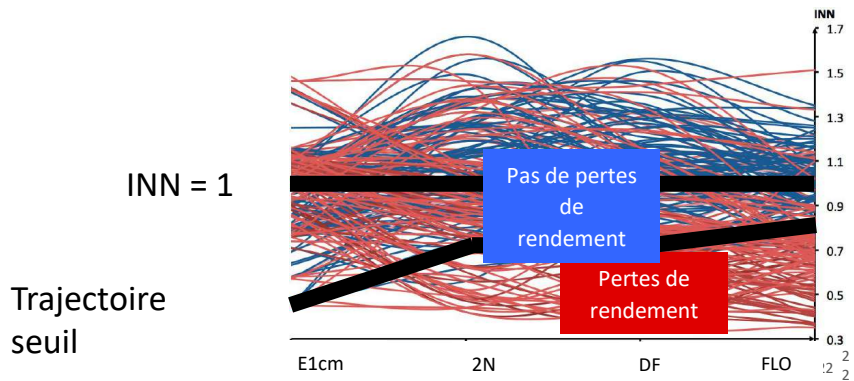
Au dessus de la trajectoire seuil → pas de pertes de rendement, ni de teneur en protéines.

Entre les deux trajectoires : amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'N

Si on passe une fois en-dessous : → perte de rendement

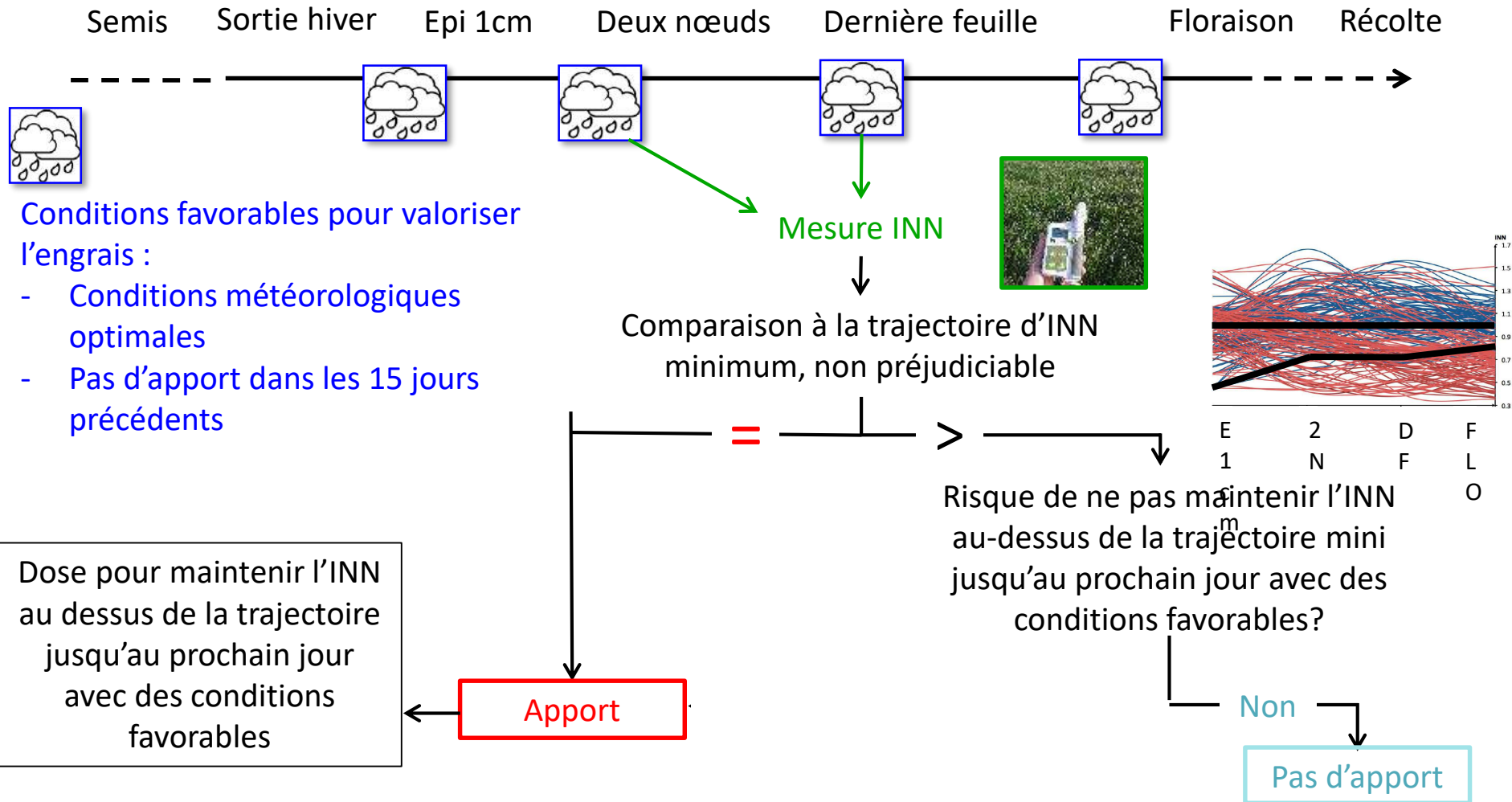


- **Mise au point d'une méthode de fertilisation azotée où on accepte des carences azotées: INN compris entre 1 et la trajectoire seuil**
- **Des carences acceptées, et même recommandées**
 - Tant que l'on reste au dessus de la trajectoire seuil, pas d'effet sur le rendement et le taux de protéines des grains
 - Accepter des carences de début de cycle permet de retarder les apports, et donc d'augmenter leur efficacité (limiter les pertes)
 - Un blé qui n'est pas fertilisé s'alimente aux dépens du reliquat: la carence s'installe quand le reliquat est consommé: pas besoin de le mesurer !
 - Une carence au début de la montaison réduit le risque de maladies (oïdium, septoriose) et de verse



Processus de conception: Prototypé de la nouvelle méthode

Une méthode de fertilisation pour décider la date et les doses d'apport en se basant sur un suivi de la nutrition azotée, tolérant des carences



- **Pas de dose a priori**
- **Indicateur plante au service de la décision**
- **Carences acceptées, et même recommandées**
 - Tant que l'on reste au dessus de la trajectoire seuil, pas d'effet sur le rendement et le taux de protéines des grains
 - Accepter des carences de début de cycle permet de retarder les apports, et donc d'augmenter leur CAU
 - Un blé qui n'est pas fertilisé s'alimente aux dépens du reliquat: la carence s'installe quand le reliquat est consommé: pas besoin de le mesurer !
 - Une carence au début de la montaison réduit le risque de maladies (oïdium, septoriose) et de verse → possibilité de réduire usage des pesticides
- **Réduction des doses apportées**
- **Source d'apprentissage et d'autonomisation**
- **Compatible avec les technologies émergentes (capteurs)**
- **Mais nécessité de faire évoluer la réglementation !**

→ Une méthode basée sur le pilotage integral

Comparatif des méthodes

Méthode du bilan

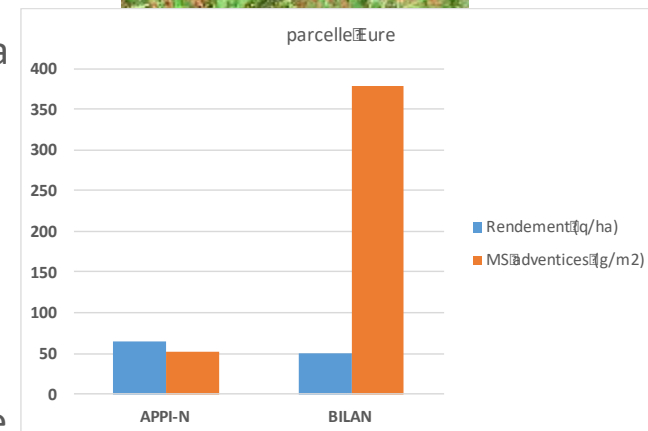
- La dose totale et le fractionnement sont déterminés avant la période de fertilisation
- A partir d'un bilan des entrées/sorties d'azote estimées dans le système sol-plante
- Et d'un objectif de rendement
- Apport à des stades prédéterminés (et en anticipant les périodes de sec)
- Placer la culture dans des conditions de nutrition N non limitante tout au long du cycle

Méthode APPI-N

- Les dates d'apports et les doses tiennent compte en temps réel des besoins de la culture et du climat
- A partir d'un indicateur du niveau de nutrition azotée de la plante : l'INN
- Et de trajectoires d'INN seuil permettant rendement et teneur en protéine optimaux
- Apports aux « jours favorables » pour optimiser la valorisation de l'engrais
- Tolérer certaines carences non préjudiciables pour le rendement ou la teneur en protéines et favoriser les apports tardifs

De la suppression des carences (Bilan) au pilotage des carences (APPI-N)

- Le fractionnement associé au Bilan vise à **éviter toute carence**; les outils de pilotage actuels sont calés pour **maintenir l'INN à 1 tout au long du cycle cultural**
- APPI-N: Une **économie d'azote en début de cycle** (carences tolérables → premier apport retardé, voire supprimé, sans perte de rendement) → **contribution décisive à l'augmentation du CAU**
- Une culture **moins sensible** aux maladies (septoriose, oïdium), à la verse et au stress hydrique (économie d'eau)
- La carence précoce = un moyen de **réduire le développement de mauvaises herbes** (*ici ray-grass*) !
- 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: **permet de dépasser l'opposition classique entre production et respect de l'environnement**



Dispositif d'évaluation de la méthode APPI-N

Paut et al. 2024

113 essais

*essais en micro-parcelles en alpha-blocs randomisés menés entre 2018 et 2021 dans la région **Centre Val de Loire** conduits par les partenaires du projet Solinazo*

*essais en bande agriculteur menés entre 2019 et 2022 dans la région **Grand Est** dans le projet PARTAGE*



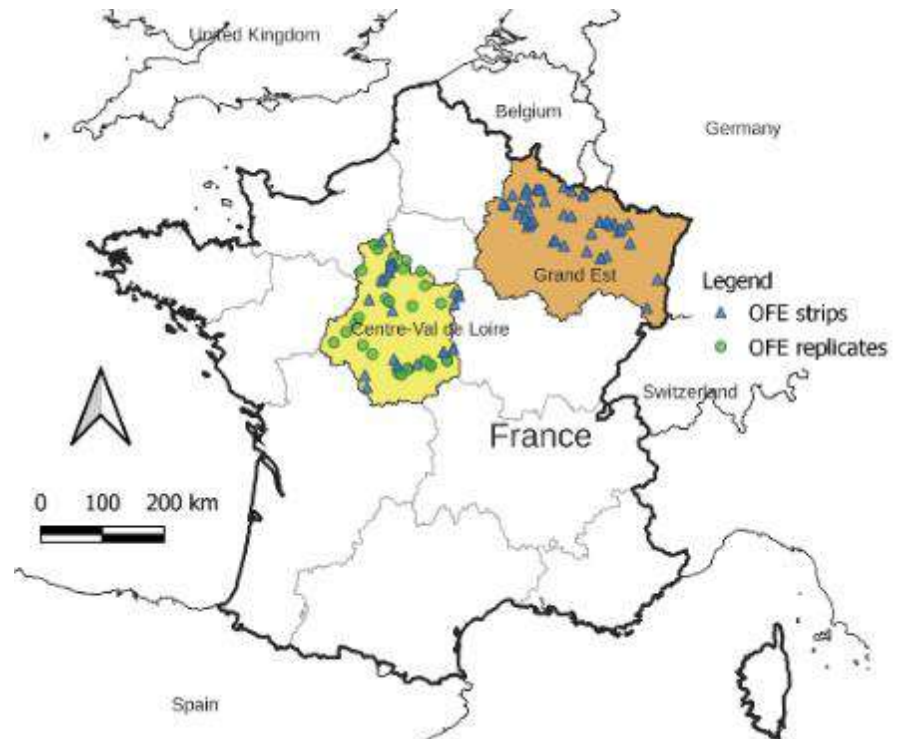
Nutr Cycl Agroecosyst
<https://doi.org/10.1007/s10705-023-10332-7>

ORIGINAL ARTICLE



On-farm assessment of an innovative dynamic fertilization method to improve nitrogen recovery in winter wheat

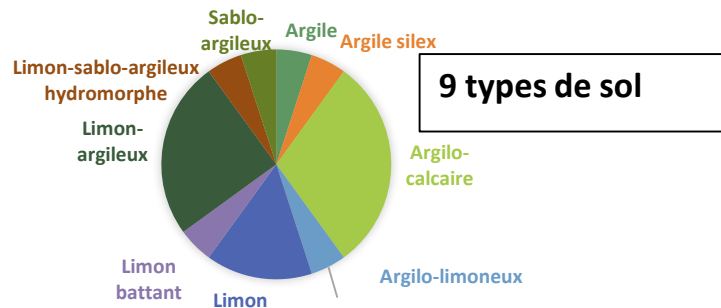
Raphaël Paut · Pierre Lebreton · Jean-Marc Meynard · Jean-Baptiste Gratecap · Annie Le Gall · Maeva Weens · Honorine Gabriel · Vincent Moulin · Christophe Bersonnet · Bernard Verbeque · Michel Bonnefoy · Ricardo Bidegain · Joël Lorgeoux · Marie-Hélène Jeuffroy



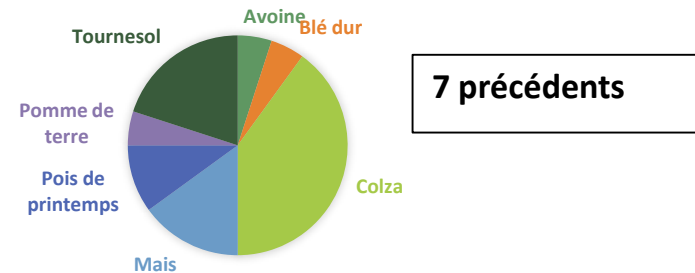
Dispositif d'évaluation de la méthode APPI-N

Paut et al. 2024

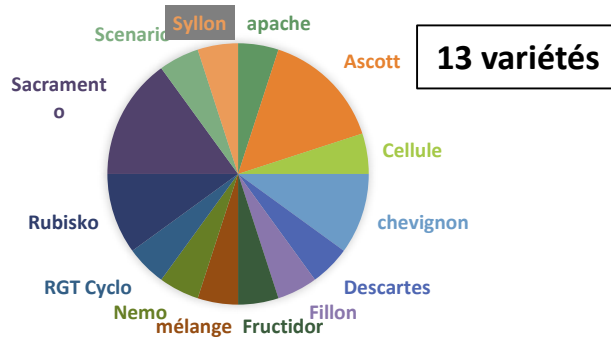
Diversité de types de sol



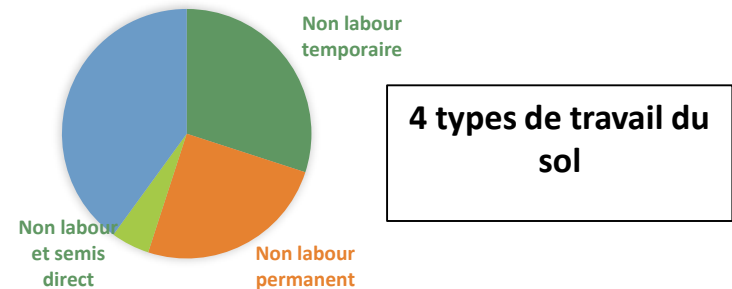
Diversité de précédents



Diversité de variétés




Diversité de travail du sol





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 =39)	Résultats en bandes agriculteur (n=74)
Stratégie de fertilisation 	Date du 1 ^{er} apport	20 jours plus tard (entre 0 et 50 jours d'écart)	15 à 20 jours plus tard
	Nombre total d'apports	Bilan : 95% : 3 apports 5% : 2 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	Réduite de 18.3 kg N/ha (***)	Réduite de 25.8 kg N/ha (***)

Synthèse globale des résultats de l'évaluation

Type de résultats	Paramètre d'évaluation	Résultats en micro-parcelles (n =39)	Résultats en bandes agriculteur (n=74)
Stratégie de fertilisation 	Date du 1 ^{er} apport	20 jours plus tard (entre 0 et 50 jours d'écart)	15 à 20 jours plus tard
	Nombre total d'apports	Bilan : 95% : 3 apports 5% : 2 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	Réduite de 18.3 kg N/ha (***)	Réduite de 25.8 kg N/ha (***)
Performance économique 	Rendement à 15%	Equivalent : Ecart de -0.9 q/ha (NS)	Equivalent : Ecart de -0.6 q/ha (NS)
	Taux de protéine	Equivalent : Ecart de +0.1 point (NS)	Equivalent : Ecart de -0.1 point (NS)
	Marge partielle	Equivalent : Ecart de +22.7 €/ha (NS)	Ecart de - 35.3€/ha (NS)

Synthèse globale des résultats de l'évaluation


Type de résultats	Paramètre d'évaluation	Résultats en micro-parcelles (n =39)	Résultats en bandes agriculteur (n=74)
Stratégie de fertilisation 	Date du 1 ^{er} apport	20 jours plus tard (entre 0 et 50 jours d'écart)	15 à 20 jours plus tard
	Nombre total d'apports	Bilan : 95% : 3 apports 5% : 2 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	Réduite de 18.3 kg N/ha (***)	Réduite de 25.8 kg N/ha (***)
Performance économique 	Rendement à 15%	Equivalent : Ecart de -0.9 q/ha (NS)	Equivalent : Ecart de -0.6 q/ha (NS)
	Taux de protéine	Equivalent : Ecart de +0.1 point (NS)	Equivalent : Ecart de -0.1 point (NS)
	Marge partielle	Equivalent : Ecart de +22.7 €/ha (NS)	Ecart de - 35.3€/ha (NS)
Performance environnementale 	Pertes	Réduites de 9 kg N/ha (*) (n=19)	Réduites de 36 kg N/ha (*) (n=27)
	Emission de GES par hectare	Réduites de 627 kg CO ₂ eq/ha (*) (-26%) (n=19)	Réduites de 1895 kg CO ₂ eq/ha (*) (-39%) (n=27)
	Émission de GES par quintal de produit récolté	Réduites de 8,6 kg CO ₂ eq/q (*) (-28%) (n=19)	Réduites de 25,3 kg CO ₂ eq/q (*) (-40%) (n=27)

Synthèse globale des résultats de l'évaluation

Type de résultats	Paramètre d'évaluation	Résultats en micro-parcelles (n =39)	Résultats en bandes agriculteur (n=74)
Stratégie de fertilisation	Date du 1 ^{er} apport	20 jours plus tard (entre 0 et 50 jours d'écart)	15 à 20 jours plus tard
	Nombre total d'apports	Bilan : 95% : 3 apports 5% : 2 apports	Bilan : 18% 2 apports 75% 3 apports

Un maintien des résultats tant quantitatif que qualitatif donc des performances économiques
Et

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

Performance environnementale 	Pertes	Réduites de 9 kg N/ha (*) (n=19)	Réduites de 36 kg N/ha (*) (n=27)
	Emission de GES par hectare	Réduites de 627 kg CO2eq/ha (S) (-26%) (n=19)	Réduites de 1895 kg CO2eq/ha (-39%) (n=7)
	Émission de GES par quintal de produit récolté	Réduites de 8,6 kg CO2eq/q (S) (-28%) (n=19)	Réduites 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 de l'étalon surfertilisé précocement**

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

De nouvelles perspectives pour le raisonnement de la fertilisation en France

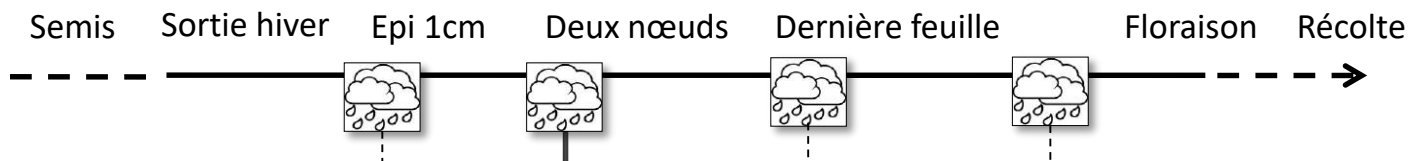
- ❖ Déploiement de la méthode APPI-N
 - Développement d'une application APPI-N (aide à la mise en œuvre d'APPI-N et enregistrement des données)
 - Nouveaux outils pour estimer l'INN : Greenseeker, N-sensor[®], photos, Satellites
 - Nouvelles échelles : Passage à l'échelle d'une exploitation
 - « Utilisable 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 au colza (en cours) et **pour des associations de culture et en couvert permanent**

De nouvelles perspectives pour le raisonnement de la fertilisation en France

- ❖ Evolution de la réglementation pour accepter les techniques de pilotage intégral
- ❖ Méthode à fort potentiel pour l'obtention du Label bas carbone ( 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 en GC
- ❖ De nouveaux enjeux économiques autour de la réduction de l'utilisation des engrais minéraux, liés à l'augmentation importante du prix de ceux-ci

Mise en œuvre de la méthode et retours d'expérience (partie 2)

Rappel : Protocole de mise en œuvre d'APPI-N



1. Décision date de contrôle



Jour favorable :

- 15 jours depuis dernier apport
- Conditions météorologiques optimales

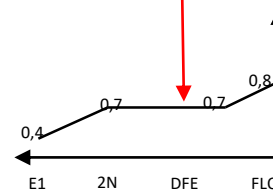
2. Estimation INN



Source : YARA

INN	1 ^{er} - 15 mars	15 - 31 mars	1 ^{er} -15 avril	...
0.4	40			
0.5	40	60		
0.6	0	60		
0.7	0	60	100	
0.8	0	40	80	
0.9	0	40	60	
1	0	40	40	
>1	0	0	0	

3. Décision date et dose d'apport



Protocole de mise en œuvre d'APPI-N

2

Comment conduire le test de la méthode APPI-N ?

1^{ère} étape : à partir du 15 Février jusqu'à la floraison, identification des jours favorables



Jour favorable =

Pas d'apport depuis 15 jours

ET

Cumul de pluie prévu dans les 3 jours suivants
> 10 mm OU surface du sol très humide

Non

Alors ce n'est pas un jour favorable !

Oui

Alors passer à l'étape 2!

Protocole de mise en œuvre d'APPI-N

2

Comment conduire le test de la méthode APPI-N ?

1^{ère} étape : à partir du 15 Février jusqu'à la floraison, identification des jours favorables



Jour favorable =

Pas d'apport depuis 15 jours

ET

Cumul de pluie prévu dans les 3 jours suivants > 10 mm OU surface du sol très humide

Non

Alors ce n'est pas un jour favorable !

2^{ème} étape : estimer l'INN avec le N-Tester®

1. Réaliser des mesures avec le N-Tester® sur la bande APPI-N ET sur l'étalon surfertilisé



A chaque mesure : choisir une tige au hasard, repérer la dernière feuille totalement développée, et pincer cette feuille au milieu de sa longueur.

→ répéter 30 fois la mesure sur 30 tiges différentes sur la bande APPI-N puis noter la moyenne

→ idem sur l'étalon surfertilisé puis noter la moyenne

2. Calculer le ratio HN-tester

3. Faire correspondre le ratio N-Tester® avec l'INN

$$\text{Ratio N-Tester}^{\circ} = \frac{\text{Valeur mesurée sur la bande APPI-N}}{\text{Valeur mesurée sur l'étalon}}$$

A chaque mesure N-Tester sur la bande APPI-N, vous pouvez réaliser des mesures sur l'autre bande fertilisée, pour suivre les différences de nutrition entre les stratégies de fertilisation

Ratio HNT	INN
0,66 à 0,73	0,4 à 0,5
0,74 à 0,81	0,5 à 0,6
0,82 à 0,86	0,6 à 0,7
0,87 à 0,91	0,7 à 0,8
0,92 à 0,93	0,8 à 0,9
0,94 à 0,96	0,9 à 1,0
0,96 à 0,97	1,0 à 1,1
0,97 à 0,98	1,1 à 1,2

Protocole de mise en œuvre d'APPI-N

2

Comment conduire le test de la méthode APPI-N ?

1^{ère} étape : à partir du 15 Février jusqu'à la floraison, identification des jours favorables



Jour favorable =

Pas d'apport depuis 15 jours

ET

Cumul de pluie prévu dans les 3 jours suivants > 10 mm OU surface du sol très humide

Non

Alors ce n'est pas un jour favorable !

2^{ème} étape : estimer l'INN avec le N-Tester®

1. Réaliser des mesures avec le N-Tester® sur la bande APPI-N ET sur l'étalon surfertilisé



A chaque mesure : choisir une tige au hasard, repérer la dernière feuille totalement développée, et pincer cette feuille au milieu de sa longueur.

→ répéter 30 fois la mesure sur 30 tiges différentes sur la bande APPI-

2. Calculer le ratio HN-tester

$$\text{Ratio N-Tester}^{\circledR} = \frac{\text{Valeur mesurée sur la bande APPI-N}}{\text{Valeur mesurée sur l'étalon surfertilisé}}$$

A chaque mesure N-Tester sur la bande APPI-N sur l'autre bande fertilisée, pour suivre les stratégies de ferti-

3^{ème} étape : décider des apports sur APPI-N

En fonction de la date à laquelle vous vous situez et de l'INN estimé à la 2^{ème} étape

→ Décider de la dose à apporter avec l'abaque correspondant à votre région (les abaques régionalisés sont sur la page suivante)

INN	1 ^{er} - 15 mars	15 - 31 mars	1 ^{er} - 15 avril	...
> 0.4	40			
0.4 - 0.5	40	60		
0.5 - 0.6	40	60		
0.6 - 0.7	40	60	100	
0.7 - 0.8	0	40	80	
0.8 - 0.9	0	40	60	
0.9 - 1.0	0	40	40	
> 1	0	0	0	

⚠ Si le 1^{er} apport n'a pas encore été fait ET si vous vous situez à moins de 15 jours du stade épi 1cm habituel ET si aucune pluie n'est annoncée dans les 15 prochains jours :

→ déclencher un apport de 50 UN/ha pour profiter des conditions d'humidité encore satisfaisantes

Retour d'usage des tests d'APPI-N

Point d'attention à observer lors de la mise en œuvre d'APPI-N :

- ❖ Importance d'un suivi régulier de la **sortie de l'hiver à la floraison**
 - Ne pas louper les créneaux de conditions favorables
 - Risques de période sans pluie entre la mi mars et la mi avril, mais peu en mai
- ❖ Mettre en place **l'étalon** dès la 1^{ère} semaine de février
 - limiter le risque de surestimation de l'INN
- ❖ Ne pas déclencher les apports si le sol est sec
 - risque de non valorisation des apports
- ❖ Importance de la présentation d'APPI-N aux utilisateurs :

Principe d'APPI-N radicalement différent des méthodes habituelles. On ne calcule pas de dose a priori, on surveille la culture pour avoir si elle a besoin d'un complément de fertilisation. Elle repose sur de nouveaux repères, et engendre de nouveaux savoir-faire :

- pour la mise en œuvre d'APPI-N, il faut très bien avoir compris ces nouveautés
- période d'apprentissage indispensable

Retour d'usage des tests d'APPI-N

Point sur la **Règle épi 1 cm.**

En 2021, création d'une nouvelle règle pour faire face aux grandes périodes de sécheresses de mars-avril:

RAPPEL

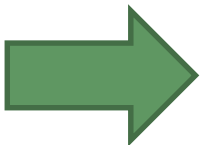
Nouvelle règle:

**Si 1er apport pas encore fait
et si on se situe à moins de 15 jours du stade E1cm
Et si une période de 15 j de sec est annoncée
→ Apporter 50 UN pour profiter des conditions
d'humidité encore satisfaisantes**

Il faut que les **mesures d'INN** aient déjà débuté

ET

Être à **moins de 15 jours** du stade Epi 1 cm
→ pas avant la 1^{ère} semaine de mars



Appli

<https://oad.agronomie.inrae.fr/appin/>