

13^{èmes} Rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse

comifer

Gemas
Groupement d'Etudes Technologiques pour l'Analyse de Sol

Avec la participation de 



8 et 9
Nov 2017
La Cité des Congrès
Nantes

Raisonner la fertilisation azotée du blé d'hiver sans objectif de rendement et sans reliquat sortie hiver

Clémence Ravier, Marie-Hélène Jeuffroy, Jean-Pierre Cohan,
Philippe Gate, Jean-Marc Meynard

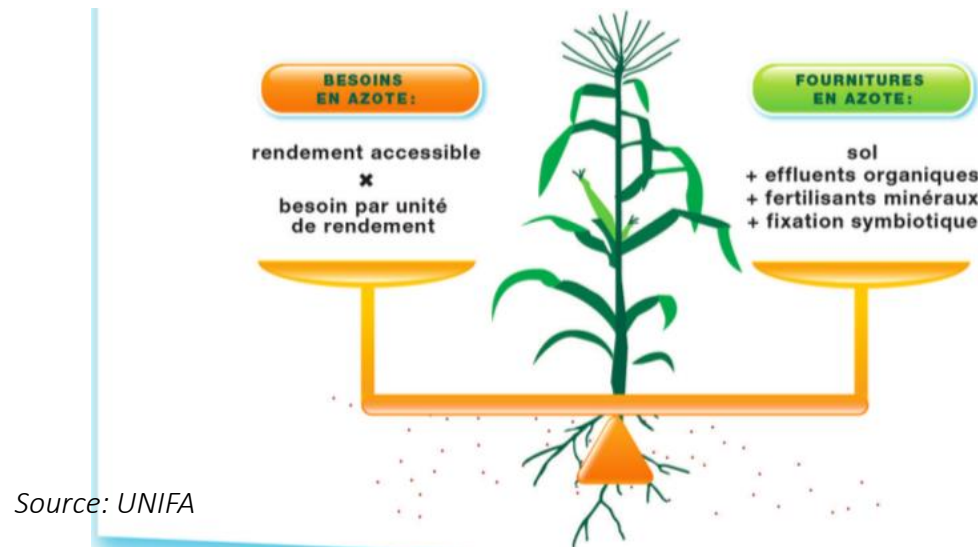


ARVALIS
Institut du végétal



Un modèle de raisonnement unique depuis plus de 40 ans

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



- ❖ Une amélioration continue par un affinement de l'estimation des différents postes (logique additive, cohérente avec la segmentation des recherches)
- ❖ Une procédure de raisonnement consensuelle, largement diffusée, régulièrement mise à jour par le COMIFER
- ❖ Une méthode scientifiquement rigoureuse

Une méthode de fertilisation rigoureuse, mais qui n'a pas résolu les problèmes de nuisances environnementales

- Pertes d'N vers les aquifères (nitrate) et l'air (N_2O , NH_3 , ...), en partie dues à des excès d'azote apporté par rapport à l'absorption

Sur le blé d'hiver,

- l'objectif d'éviter toute carence azotée crée des risques de surfertilisation, alors que l'on sait que certaines carences temporaires ne sont pas préjudiciables au rendement (*Jeuffroy & Bouchard, 1999*)
 - les dates d'apports d'engrais sont calées sur des stades de développement du blé, alors que l'efficacité d'utilisation de l'engrais est faible pour les apports précoces (coefficient d'utilisation de l'engrais N lié à la vitesse de croissance du blé au moment de l'apport - *Limaux et al., 1999*)
- ➔ **Nous faisons l'hypothèse que ces problèmes sont liés à une discordance entre les principes théoriques du raisonnement actuel de la fertilisation, et sa mise en œuvre par les agriculteurs et conseillers;**
- ➔ **Nous avons conçu une nouvelle méthode pour raisonner la fertilisation, en nous appuyant sur l'expérience de ses utilisateurs potentiels.**

Une démarche en trois étapes, impliquant les utilisateurs potentiels

1= Diagnostic des usages des outils et méthode existants



2= Conception participative d'un prototype de méthode de fertilisation



3= Test d'usage du prototype par des utilisateurs potentiels

Nutr Cycl Agroecosyst
DOI 10.1007/s10705-017-9891-5



ORIGINAL ARTICLE

Combining user involvement with innovative design to develop a radical new method for managing N fertilization

Clémence Ravier · Marie-Hélène Jeuffroy · Philippe Gate · Jean-Pierre Cohan · Jean-Marc Meynard

Ateliers de conception avec utilisateurs



Nouveau concept de méthode de fertilisation, trous de connaissances qui doivent être comblés; mise au point du prototype

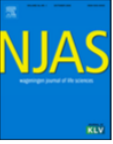
Test du prototype dans 2 groupes agriculteurs + conseiller



Analyse de la prise en main et des usages imprévus

Cerf et al., 2012

1= Le diagnostic des usages des outils et méthodes existants



Research paper

Mismatch between a science-based decision tool and its use: The case of the balance-sheet method for nitrogen fertilization in France

Clémence Ravier^{a,c,*}, Marie-Hélène Jeuffroy^a, Jean-Marc Meynard^b

Analyse des rapports des 20 GREN (Groupes Régionaux d'Expertise Nitrate) et enquêtes agriculteurs et conseillers

Controverses sur la manière d'estimer l'objectif de rendement

Doutes autour de la mesure du Reliquat sortie hiver

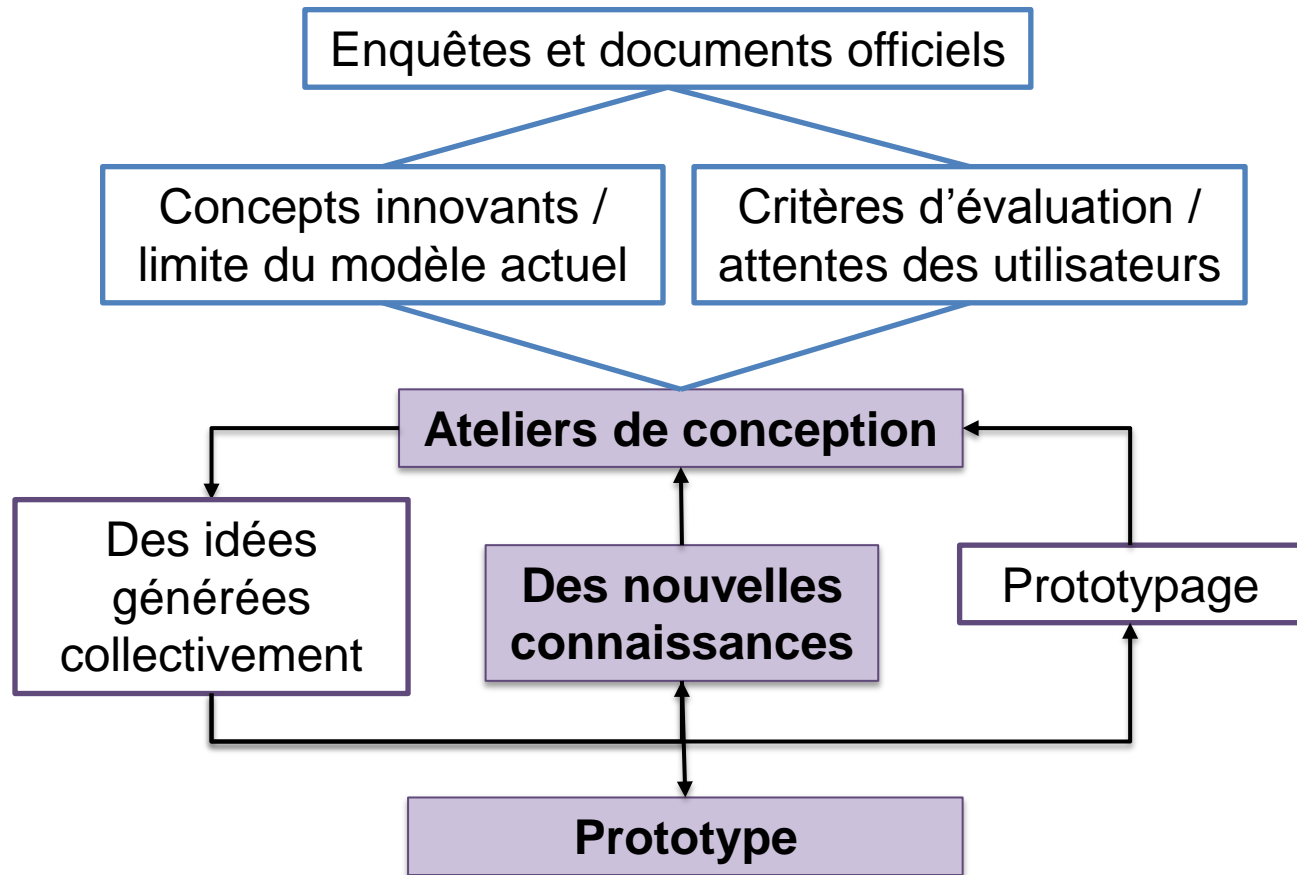
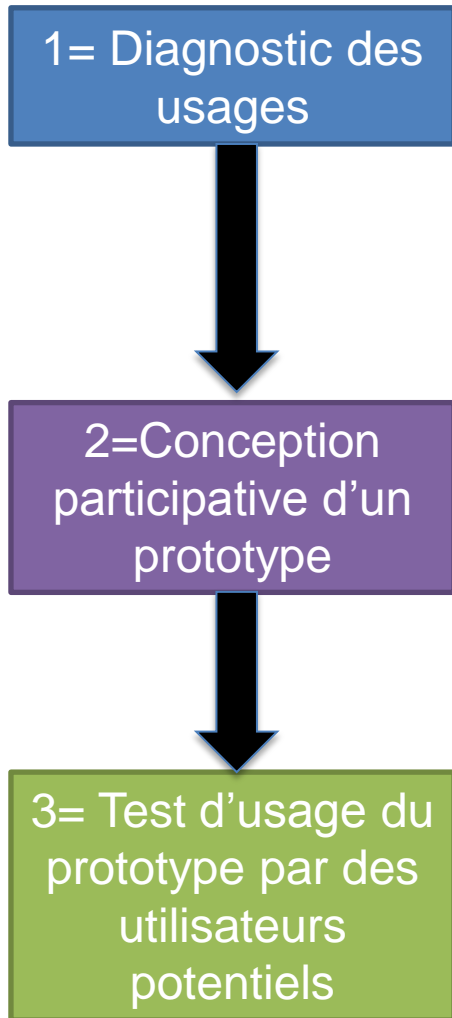
« On conseille, lorsque les valeurs de RSH sont aberrantes, supérieures à 70 kg N/ha, de ne pas les prendre en compte » - Conseiller-

« Je fais des analyses, mais mes mesures sont souvent supérieures à la moyenne régionale... Je me demande si la mesure est fiable » - Agriculteur-

Pouvoirs publics: éviter les excès d'engrais
« Rendement objectif = moyenne des rendements des 5 dernières années, en enlevant les 2 extrêmes, dans des conditions analogues » (réglementation)

Arguments contre (développés dans les GREN) :
Risque de ne pas extérioriser le potentiel des bonnes années et le progrès génétique, risque de stagnation des rendements...

Agriculteurs: « mon objectif, c'est le rendement que je sais pouvoir atteindre »



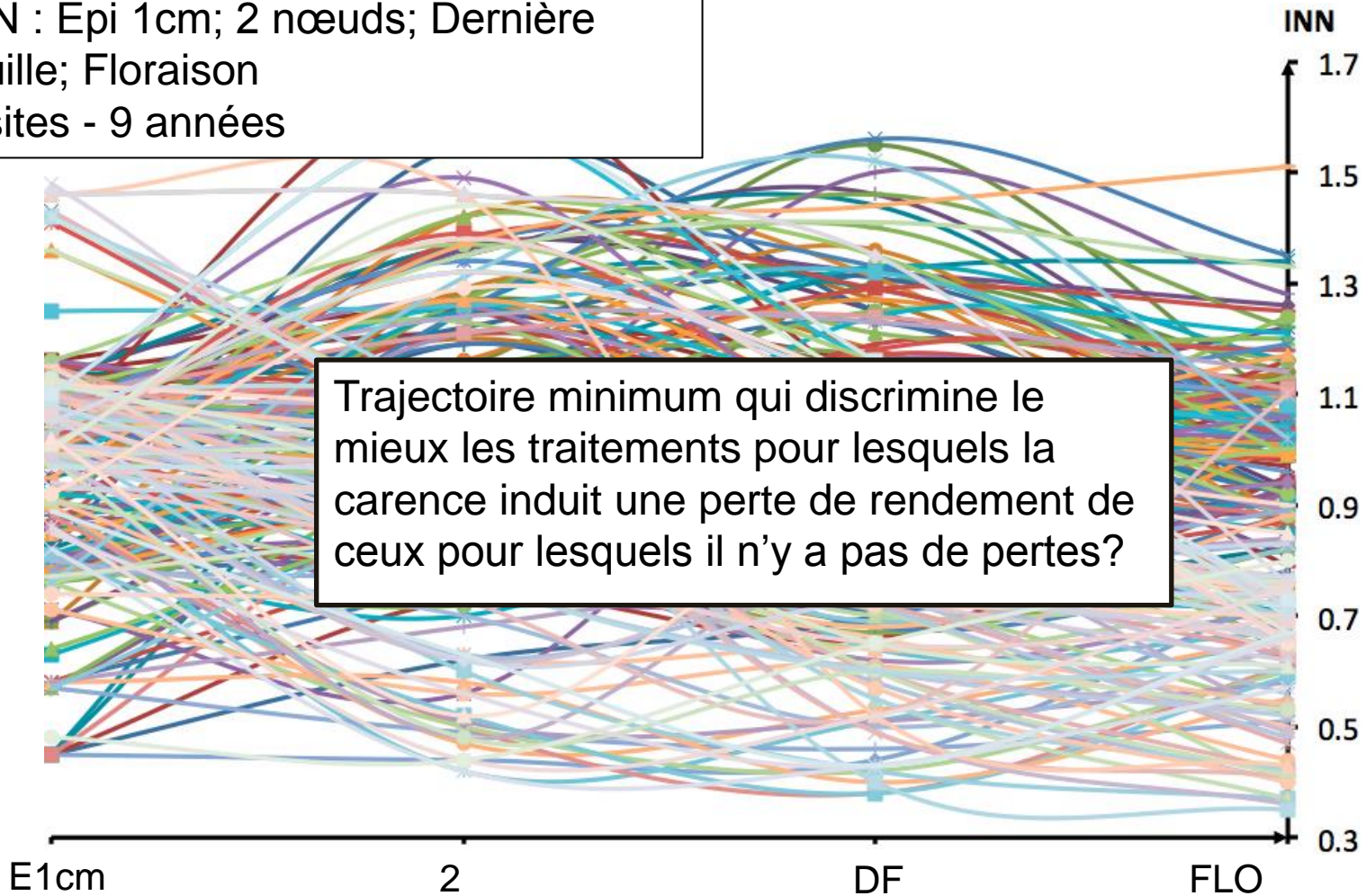
2 ateliers de conception

- **13 participants** : chercheurs INRA avec différents champs d'expertise, spécialistes de la fertilisation Arvalis et ingénieurs régionaux Arvalis
- **Un processus de conception innovante, basé sur la théorie C-K (*Le Masson et al., 2006*)** : Créer une dynamique d'exploration pour obliger les participants à penser « **out of the box** », pour concevoir un objet en rupture par rapport à l'existant.
- **Sans objectif de rendement**: comment estimer les besoins? En temps réel avec un indicateur plante (corrélé à l'INN), ce qui permet de piloter des carences
- **Quelles carences sont acceptables, car non préjudiciables au rendement et à la qualité du grain?** Production de connaissances spécifiques « trajectoire d'INN avec carence tolérable »
- **A quelle date apporter l'engrais?** quand le sol est humide ou qu'il va pleuvoir;
Quelle dose? celle qui permettra à la culture d'éviter des carences préjudiciables d'ici la prochaine date d'apport (logiciel Azodyn)

2=Conception participative d'un prototype

Trajectoire d'INN avec carences tolérables

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



Trajectoire d'INN avec carences tolérables

1. Séparer les traitements en 2 groupes: avec perte de rendement (comparé au meilleur rendement de l'essai) / sans perte de rendement
2. Chercher la trajectoire INN seuil qui discrimine le mieux les deux groupes
3. Vérifier que les traitements qui ne sont pas passés sous la trajectoire INN seuil ne subissent pas une diminution de leur teneur en protéine et de l'efficience de l'engrais

		Trajectoire INN traitement / Trajectoire INN théorique	
Pertes rdt		Au-dessus	Au moins un INN en-dessous
Non	INN traitement > INN théorique & Pas de pertes de rendement	SENSIBILITE	INN traitement < INN théorique & Pas de pertes de rendement
Oui	INN traitement > INN théorique & Pertes de rendement		INN traitement < INN théorique & Pertes de rendement SPECIFICITE

2=Conception participative d'un prototype

Trajectoire d'INN avec carences tolérables



European Journal of Agronomy 89 (2017) 16–24

Contents lists available at ScienceDirect

European Journal of Agronomy

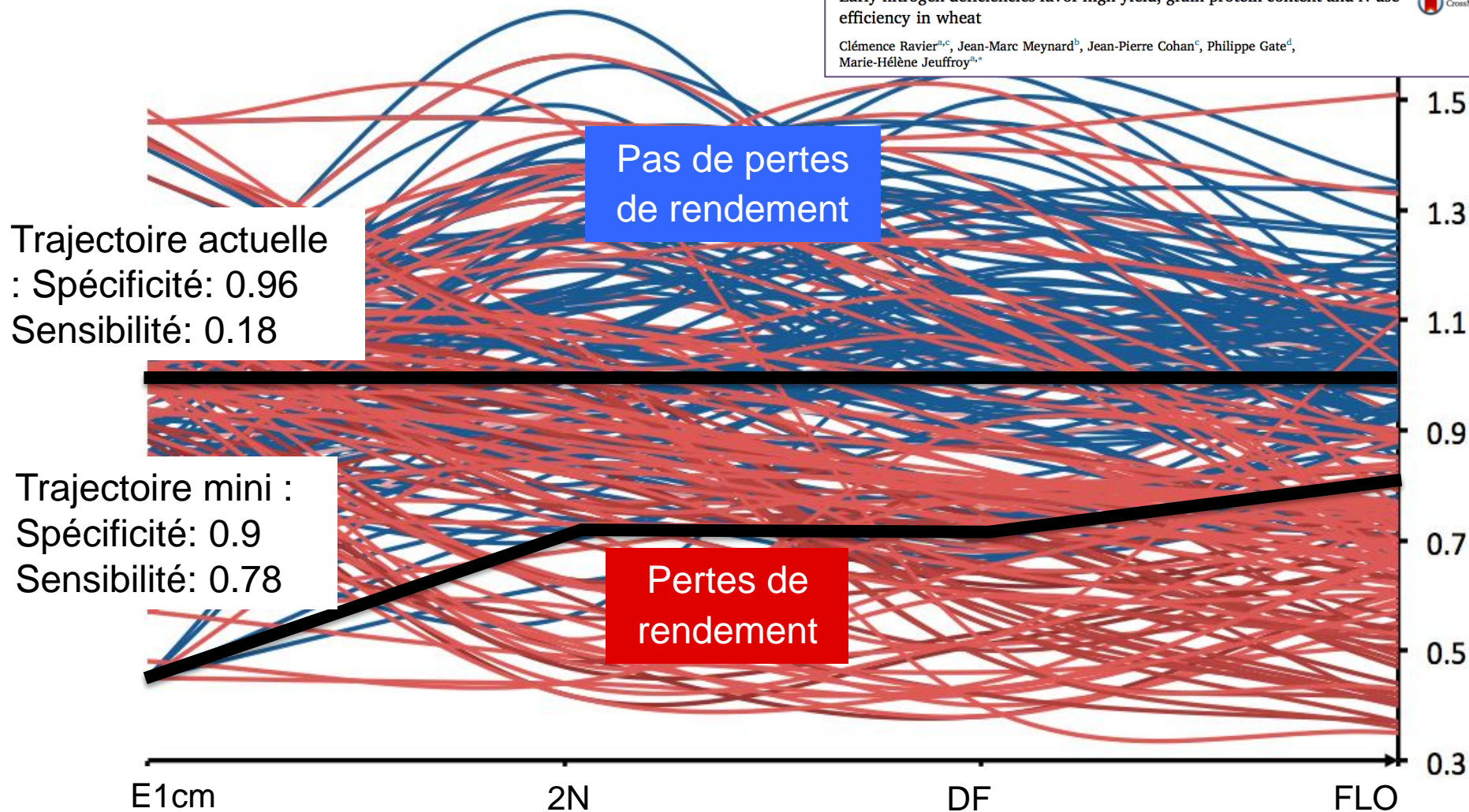
journal homepage: www.elsevier.com/locate/eja



Early nitrogen deficiencies favor high yield, grain protein content and N use efficiency in wheat

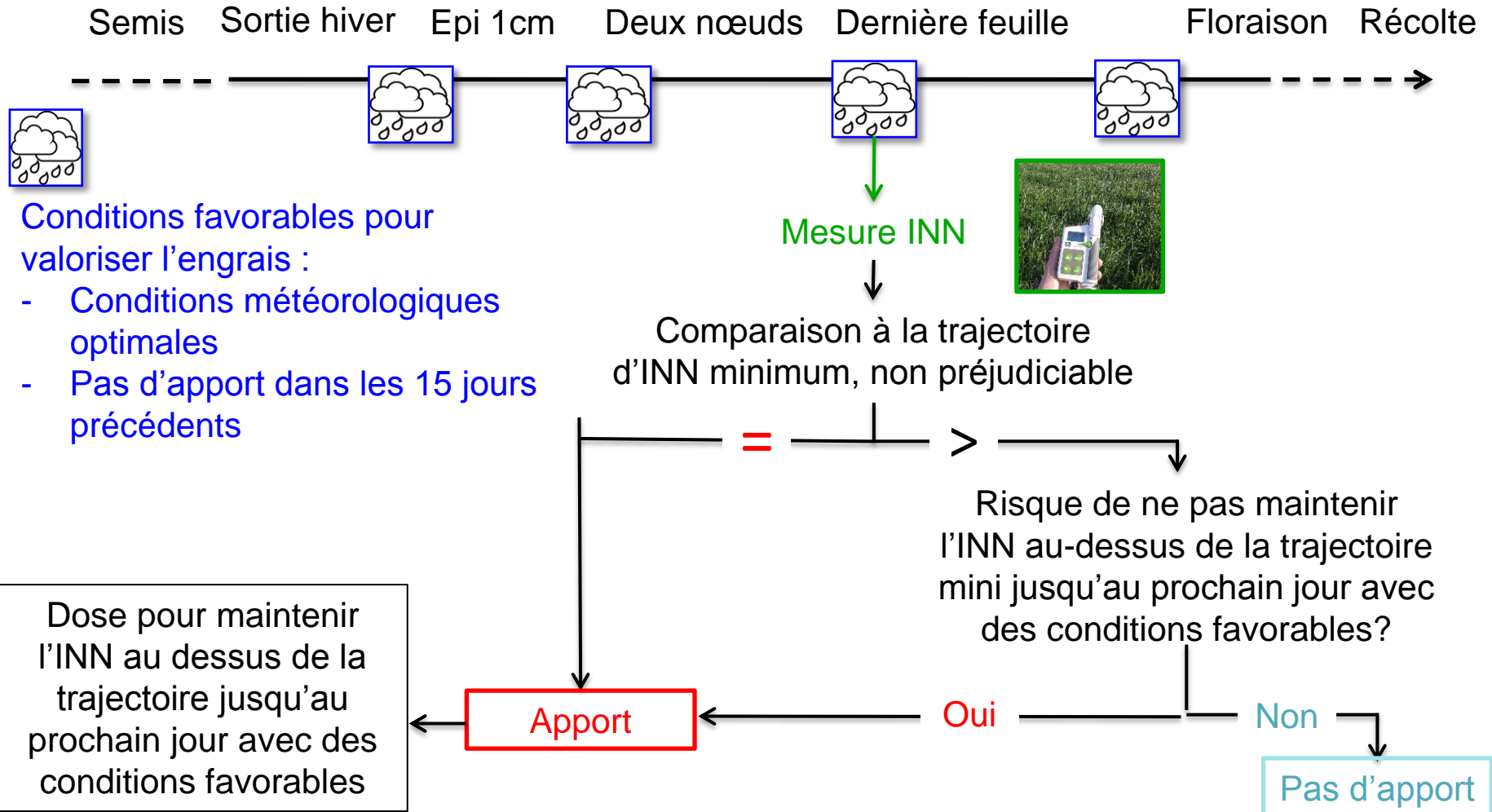


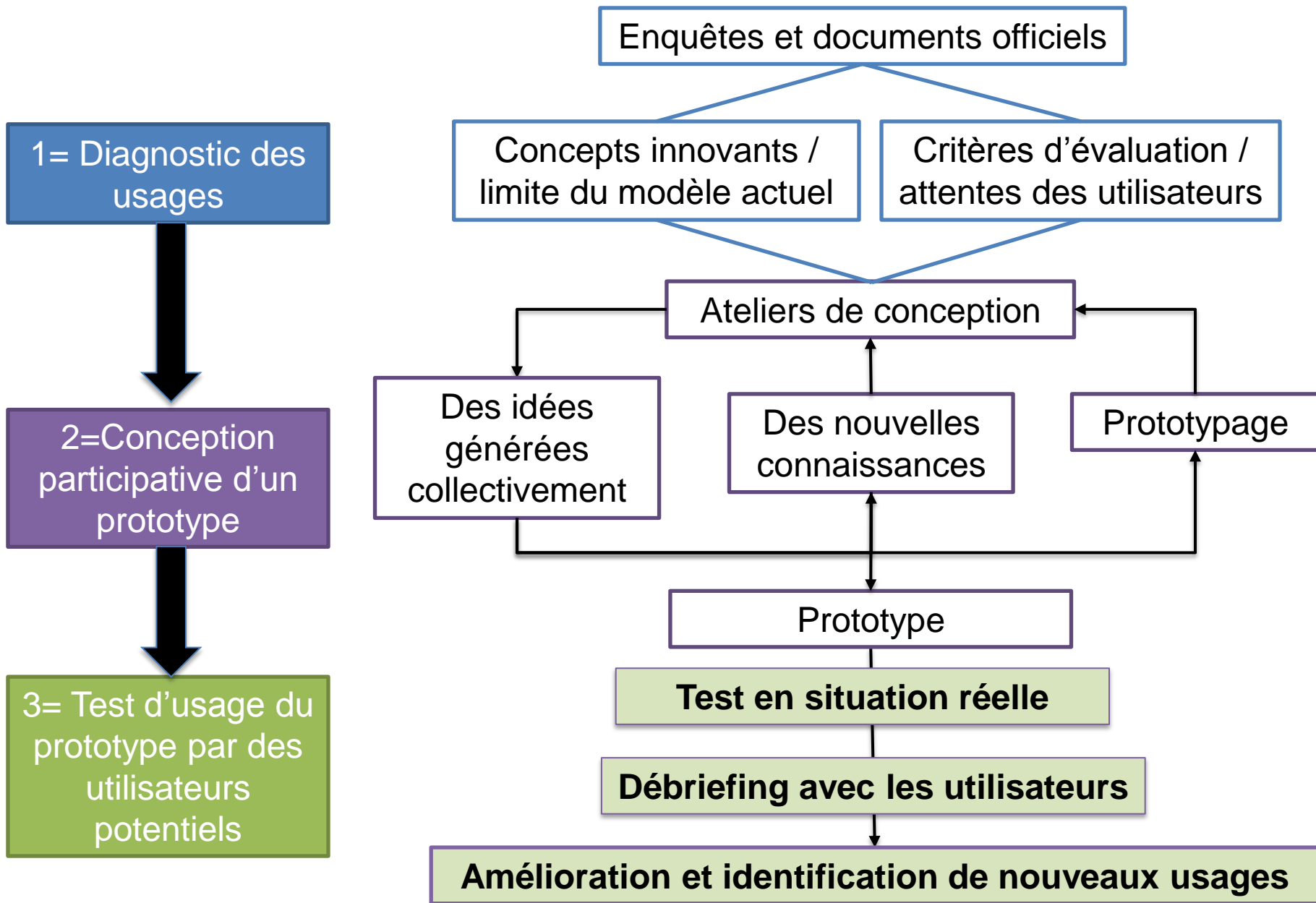
Clémence Ravier^{a,c}, Jean-Marc Meynard^b, Jean-Pierre Cohan^c, Philippe Gate^d, Marie-Hélène Jeuffroy^{a,*}



Prototype

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





Dispositif

- 2 groupes d'agriculteurs – Normandie et Nouvelle Aquitaine
- Mettre en œuvre la procédure de suivi et de fertilisation sur une bande test
- Noter les observations faites



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

Résultats du test d'usage du prototype

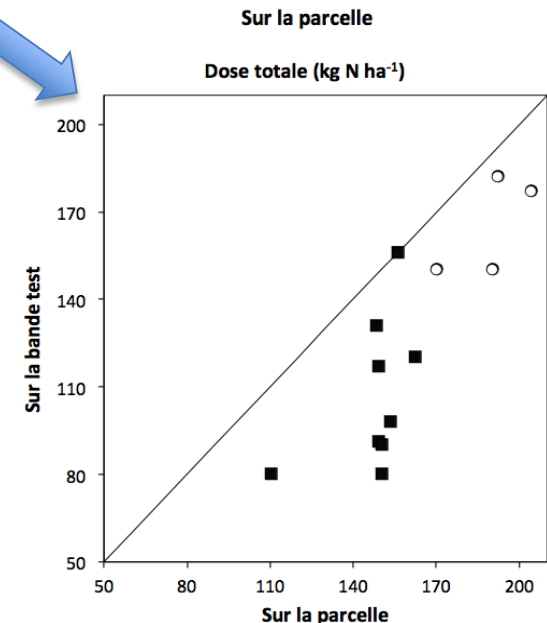
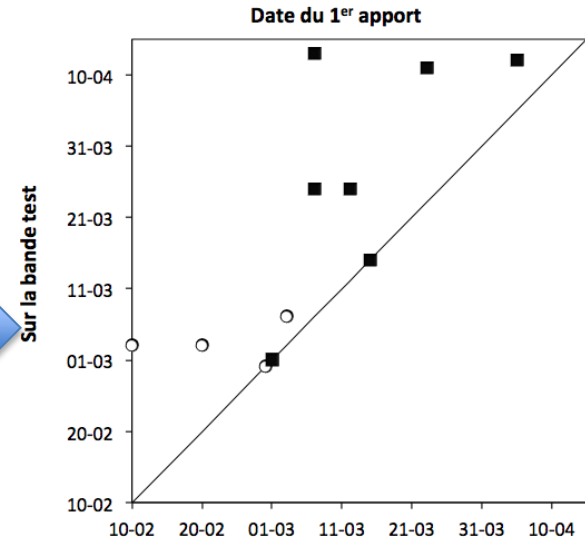
Une prise en main rapide,

Une règle simple de choix de la date d'intervention; un retard des premiers apports de 2 semaines en moyenne (0 à 37 jours)

Une dose d'engrais diminuée, sans préjudice visible (contrôle de l'INN à floraison)

Des usages imprévus :

- Si on décide de ne pas apporter d'engrais, le suivi permet de vérifier que la fourniture du sol permet de maintenir l'INN
- Le suivi permet de savoir si l'apport que l'on vient de faire est bien utilisé par la culture
- Le suivi donne confiance en la méthode, mais il permet aussi de voir les erreurs qu'on a faites, et d'infléchir la stratégie pour l'année suivante: le suivi d'INN, un outil d'apprentissage



Conclusion: Vers un nouveau paradigme de la fertilisation azotée

- **Pas de dose a priori**
- **Le suivi d'un indicateur plante, base 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

Conclusion: Vers un nouveau paradigme de la fertilisation azotée

- Pas de dose a priori
- Le suivi d'un indicateur plante, base de la décision
- Carences acceptées, et même recommandées

- Réduction des doses apportées
- Source d'apprentissage et d'autonomisation
- Compatible avec les technologies numériques (capteurs embarqués, drones...)
- Mais nécessité de faire évoluer la réglementation !

- Suites:
 - Evaluation expérimentale: mesurer les conséquences sur les rendements, teneurs en protéines, CAU
 - Adaptation de la méthode à une diversité de situations
 - Proposition de règles pour des compromis au niveau de l'exploitation
 - Estimation des conséquences à l'échelle nationale (réduction GES, production, et qualité de la récolte nationale)

Merci pour votre attention

