



10^{ÈMES} RENCONTRES DE LA FERTILISATION RAISONNÉE ET DE L'ANALYSE * 23 ET 24 NOVEMBRE 2011 - COMIFER - GEMAS

GESTION DE L'INTERCULTURE, DES CULTURES INTERMÉDIAIRES ET FERTILISATION AZOTÉE DE LA CULTURE SUIVANTE



Eric Justes
INRA – UMR AGIR
Toulouse-Auzeville

UMR Agir
Agrosystèmes et agricultures,
Gestion des ressources,
Innovations et
Ruralités





Introduction : positionnement des enjeux

INRA

10^{ÈMES} RENCONTRES DE LA FERTILISATION RAISONNÉE ET DE L'ANALYSE * 23 ET 24 NOVEMBRE 2011 - COMIFER - GEMAS

UMR Agir



Gestion de l'interculture

- **Interculture** : période entre deux cultures principales de vente (rente) : de quelques jours à plusieurs mois (9 mois)
- Une période clé pour gérer le système de culture :
 - Adventices
 - Résidus de récolte
 - Travail du sol pour modifier l'état physique (si en conventionnel)
 - Implantation de culture intermédiaire
 - ...
- **Une période doublement clé** dans le cadre d'un changement de paradigme : produire selon le concept d'intensification écologique (Griffon, 2006; 2007)
 - Un intérêt renouvelé pour stimuler notre réflexion sur la (re)conception des systèmes de culture : **comment conduire les cultures intermédiaires pour produire simultanément divers services écosystémiques ?**

Les services écosystémiques de l'agriculture

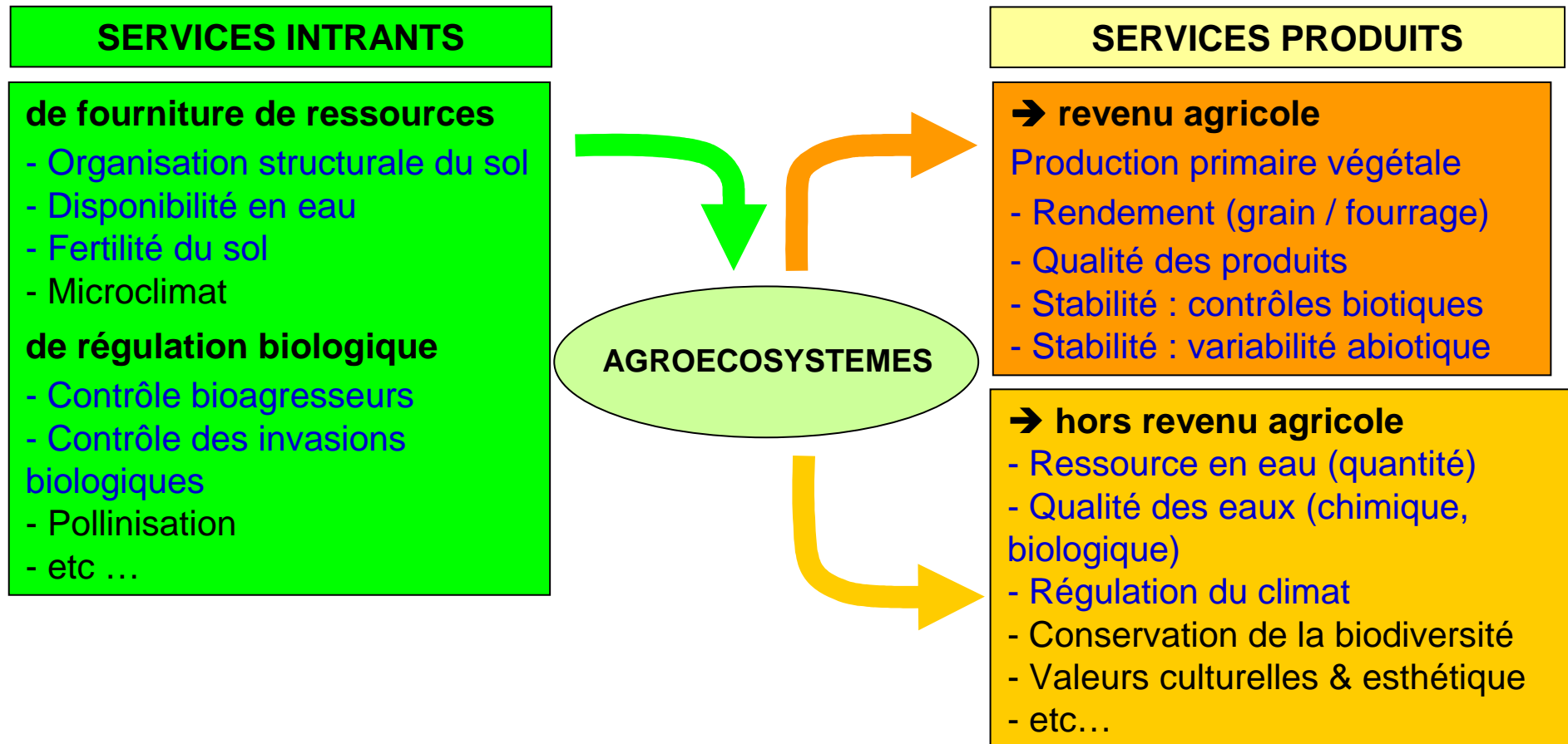


Schéma conceptuel de l'organisation des services écosystémiques

(ESCo Agriculture & Biodiversité, Le Roux et al., 2008 - Modifié d'après Zhang et al. (2007))



Les services écosystémiques rendus par les cultures intermédiaires

- **Culture de couverture** (cover crop) : culture intermédiaire dont l'objectif est de couvrir le sol pour limiter l'**érosion**
 - **Engrais vert** (green manure) : culture dont l'objectif est **d'enrichir le sol en azote** (contribution de la fixation symbiotique des légumineuses)
 - **CIPAN** (catch crop) : culture intermédiaire dont l'objectif est de réduire les **fuites de nitrate** en interculture
 - Régulation des bioagresseurs : adventices, ravageurs, maladies (biofumigation et/ou allélopathie)
 - Recyclage des éléments minéraux autres que l'azote
 - Effet améliorant des propriétés physiques du sol
 - Stockage de carbone dans les sols ...
- Une culture intermédiaire peut **remplir plusieurs fonctions écosystémiques avec + ou -** d'efficacité en fonction de l'espèce et son itinéraire technique



Gestion de l'azote en interculture :

rappel de la problématique de l'azote et intérêt des cultures intermédiaires

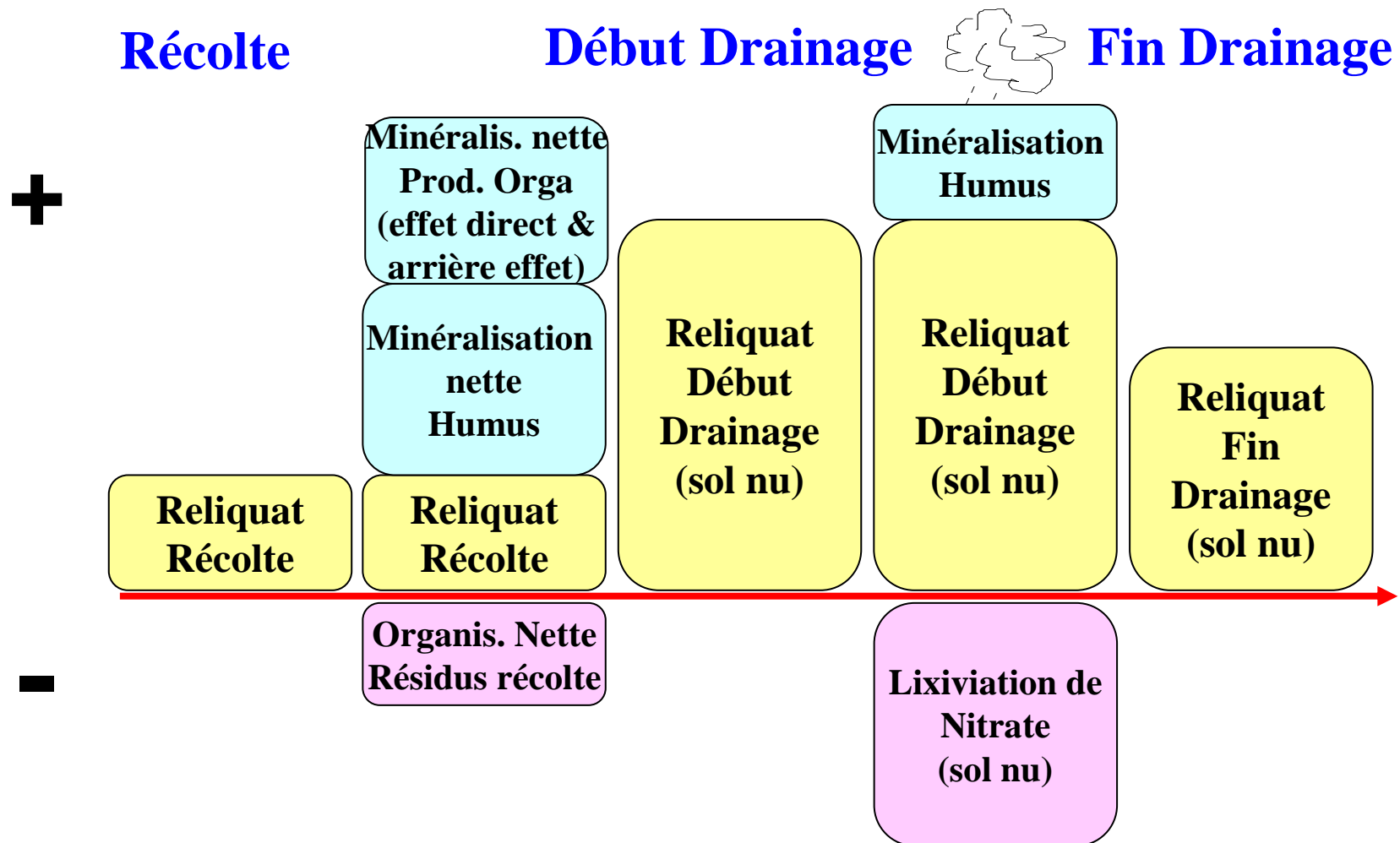


Gestion de l'azote : pourquoi les cultures intermédiaires sont-elles utiles ?

- L'ajustement de la fertilisation azotée des cultures est un **préalable nécessaire**
→ Reliquat N minéral Récolte « minimum »
- Mais un préalable qui **n'est pas suffisant** car :
 - le reliquat dépend de l'espèce, du type de sol, de l'année
 - la succession culturale détermine la durée d'interculture
 - le drainage et la lixiviation en automne et hiver dus à un excès de précipitation peuvent → pertes d'azote nitrique
- **L'objectif**, pour maîtriser les fuites de nitrate, **doit être de minimiser le Reliquat début drainage (novembre)**
- **Mais la minéralisation du sol est continue !!!**
→ La maîtrise des fuites de nitrate exige donc de **gérer l'azote en interculture (N minéral du sol)**

Gestion de l'azote en interculture

Sol déchaumé avec pailles enfouies



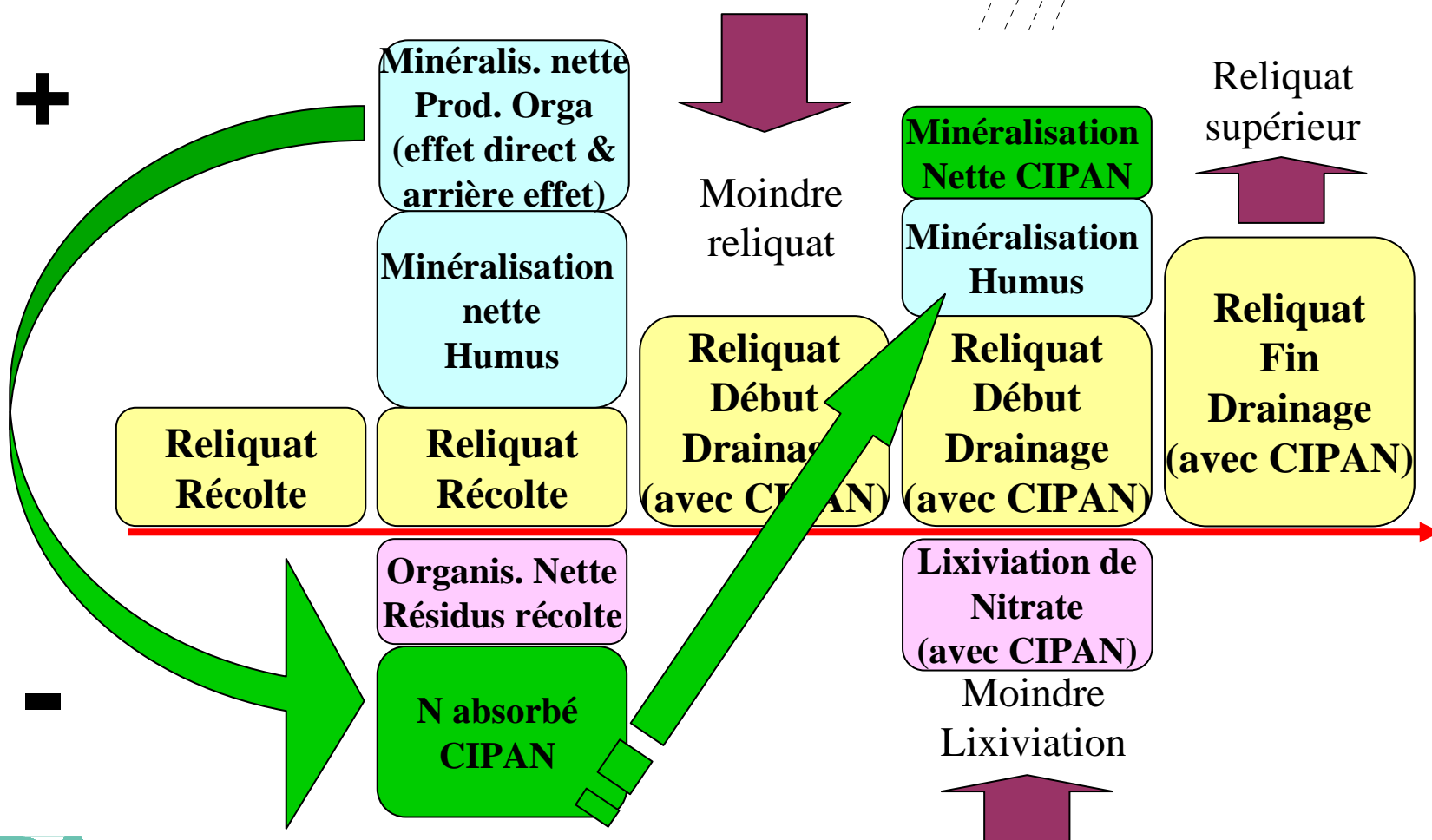
Gestion de l'azote en interculture et CIPAN

Récolte

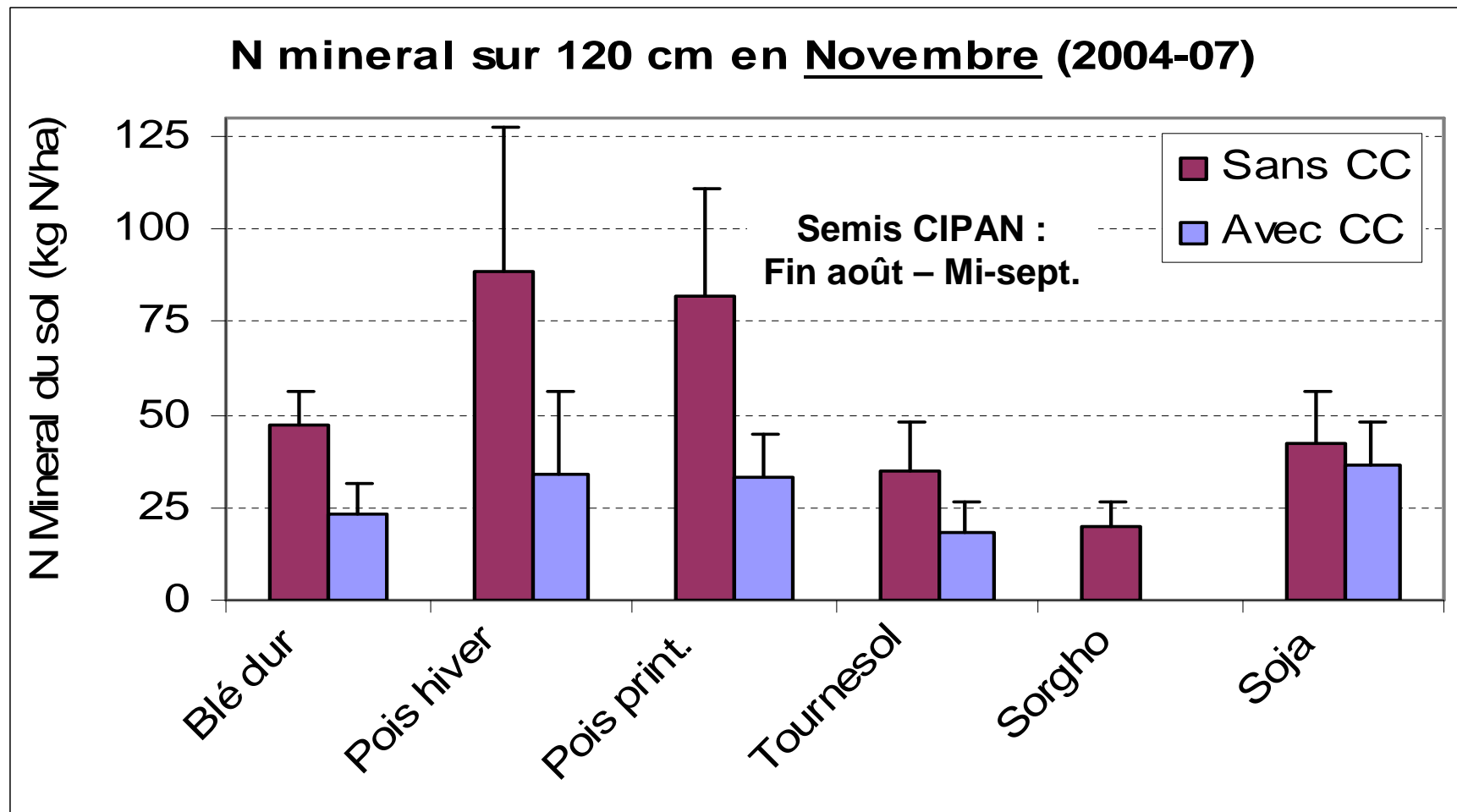
Début Drainage



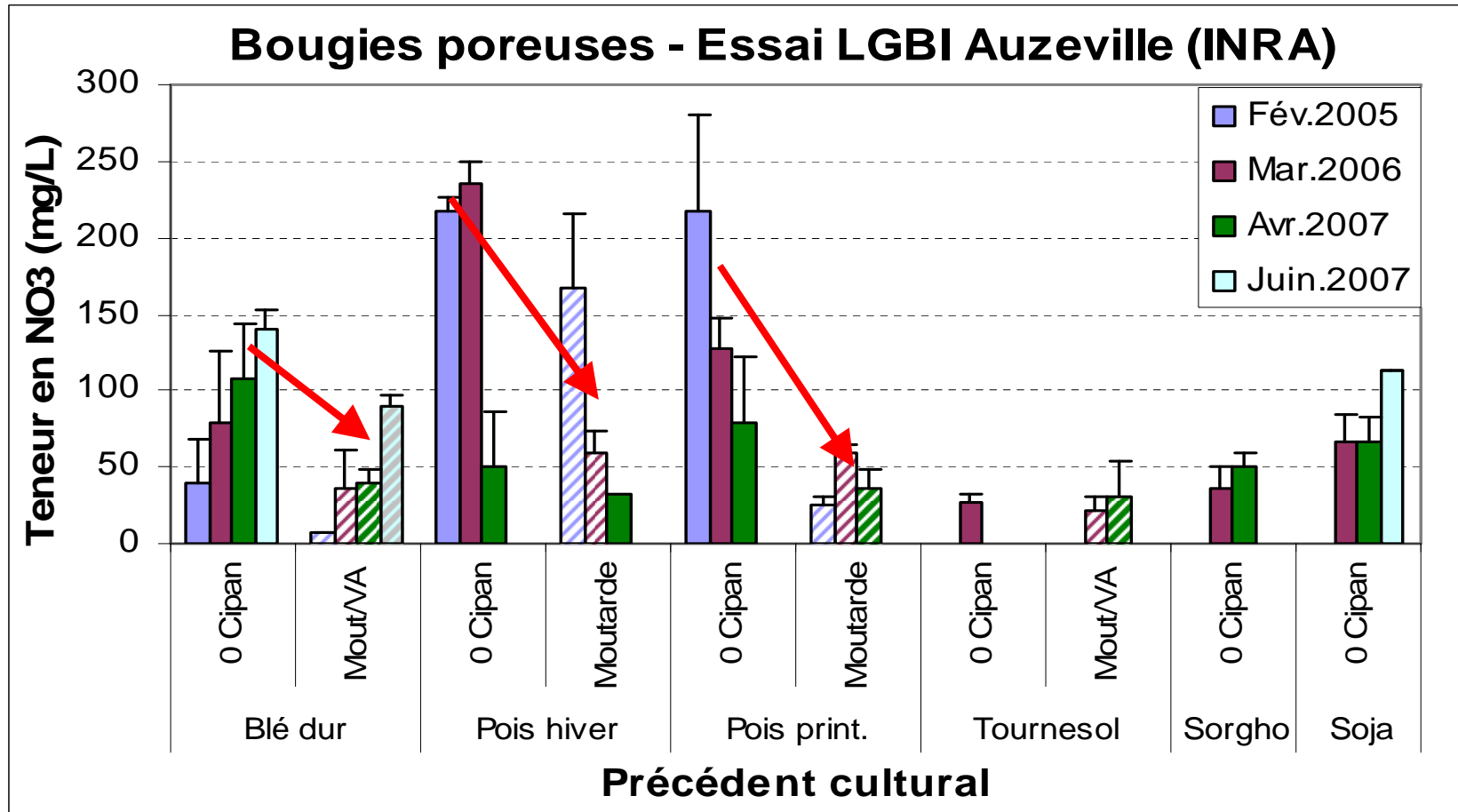
Fin Drainage



Effet des CIPAN pour réduire le reliquat « entrée hiver »



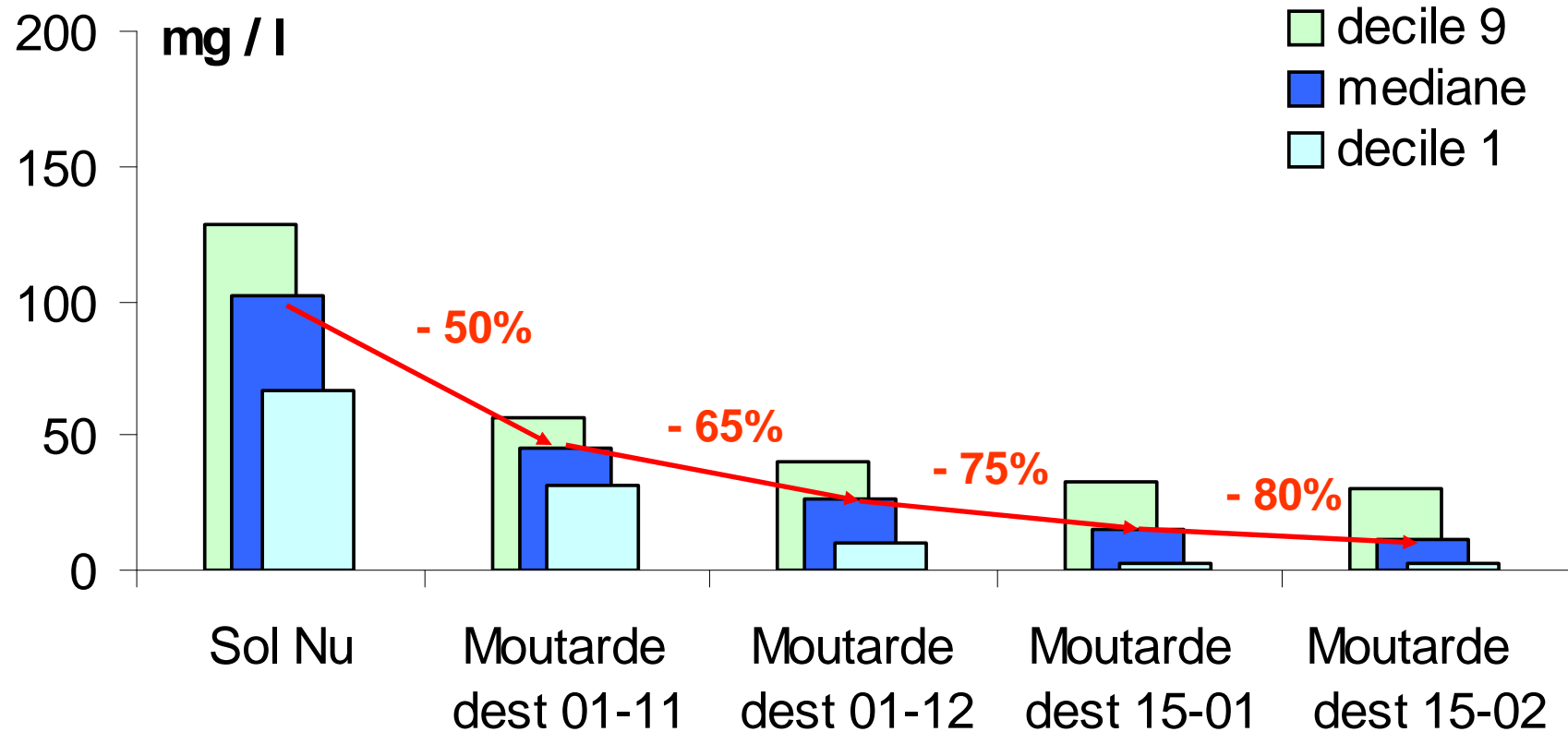
Effet des CIPAN pour réduire la concentration en nitrate de eau de drainage



Effet de la date de destruction des CIPAN sur la concentration en nitrate de eau de drainage

[NO₃] pondérée
Eau drainage (25 avr.)

*Simulations avec le modèle STICS
Région PC, sol groie moy., semis 20/08*



Minette, Boutant et Justes (2005)



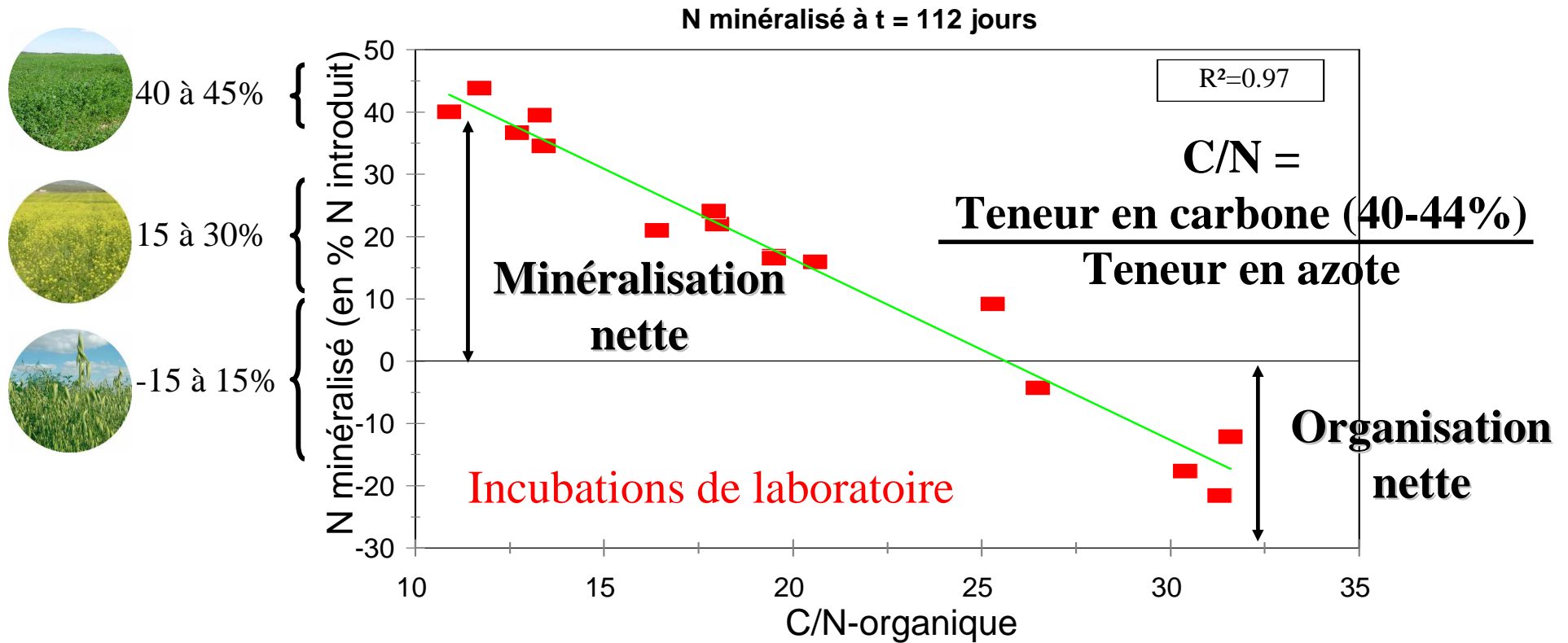
Dynamique de libération de l'azote après incorporation : principe et exemple de dynamique de libération de l'azote

INRA

10^{ÈMES} RENCONTRES DE LA FERTILISATION RAISONNÉE ET DE L'ANALYSE * 23 ET 24 NOVEMBRE 2011 - COMIFER - GEMAS

UMR Agir

Dynamique de minéralisation de l'azote



Légumineuse

Moutarde

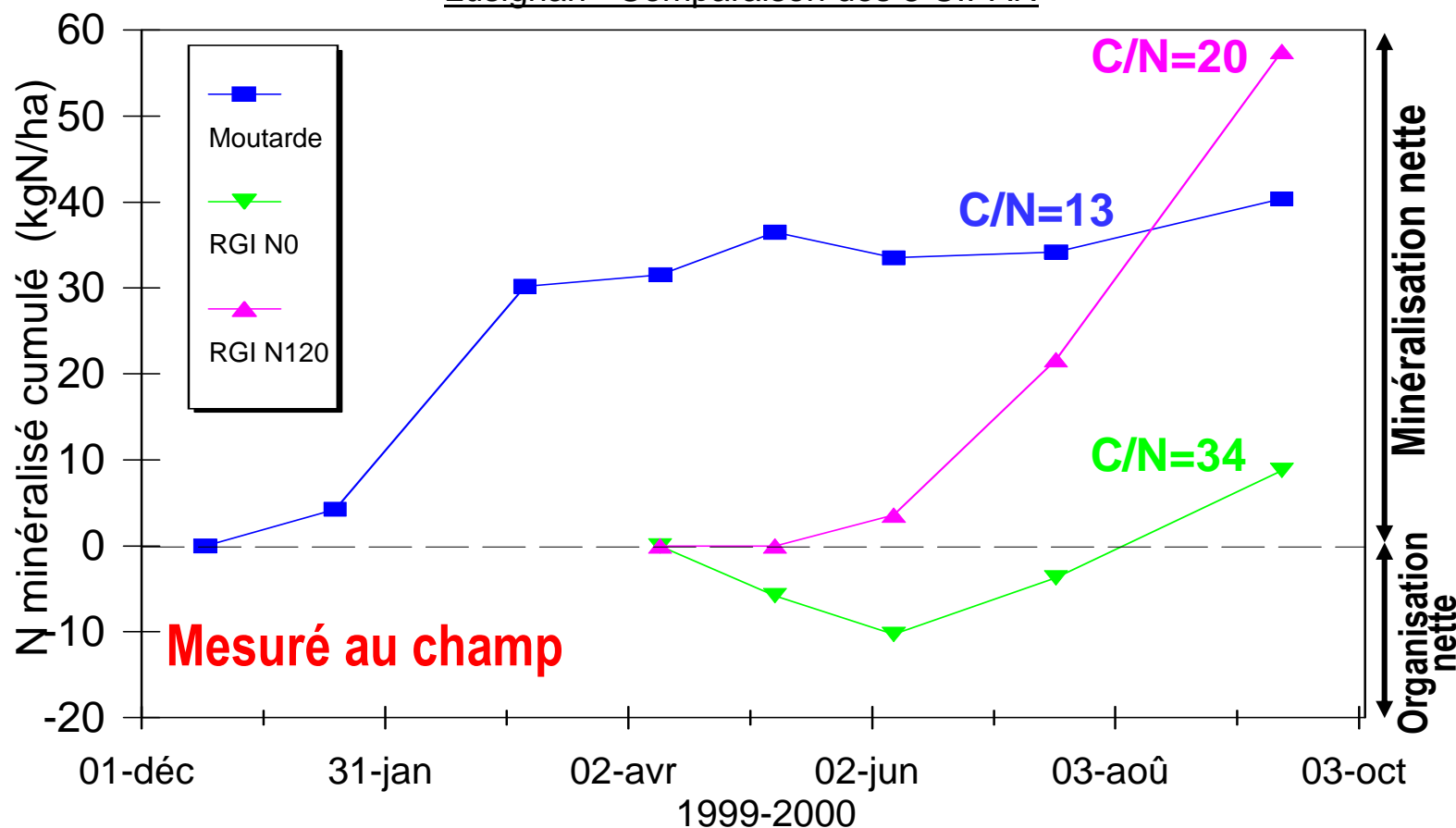
Graminée



Nicolardot et al. (2001)
Justes et al. (2009)

Dynamique de libération d'azote *in situ*

Libération nette d'azote
Lusignan - Comparaison des 3 CIPAN



→ Nécessité d'optimiser la synchronie entre libération d'azote et absorption de la culture suivante !

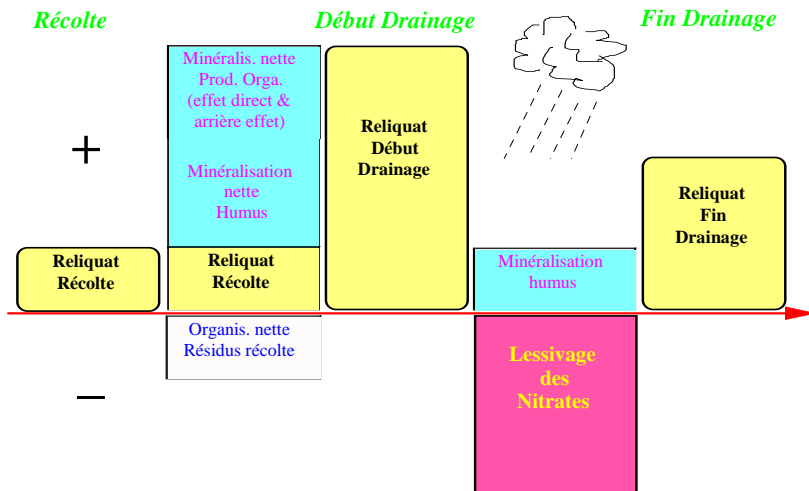
Dorsainvil et Justes (2002)



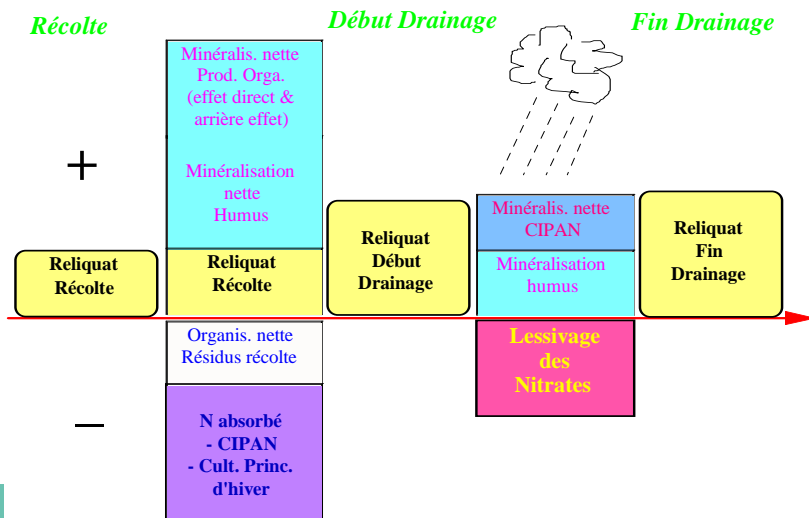
Conséquences pour la culture suivante : Effet de « pre-emptive competition » et disponibilité en azote de la culture suivante

Effet de la CIPAN pour la fertilisation azotée de la culture suivante

Evolution du stock d'azote du sol en interculture sous SOL NU



Evolution du stock d'azote du sol en interculture AVEC CIPAN



Eviter l'effet de "pre-emptive competition" (Thorup-Kristensen, 1994)
 → plus faible disponibilité en azote pour la culture suivante après CIPAN !

QUAND cela se produit-il ?

- La pluviométrie hivernale est faible ou nulle → la lixiviation est faible
- La minéralisation en N des résidus de CIPAN est faible, voire induit de l'organisation nette...

Comment y remédier ?

- Adapter l'espèce et la date de destruction en fonction du pédoclimat
- Mélange d'espèce avec légumineuse pour produire un double effet CIPAN et Engrais Vert

Donc... nécessité d'optimiser les itinéraires techniques des cultures intermédiaires

Pas simple !!! car il faut simultanément :

- maximiser l'absorption d'azote par CIPAN
- minimiser la consommation en eau des plantes
- maximiser la restitution d'azote à la culture suivante sans que l'azote minéralisé soit de nouveau soumis à la lixiviation hivernale

→ Utilisation d'un modèle sol-plante adapté aux CIPAN (Ex: STICS)

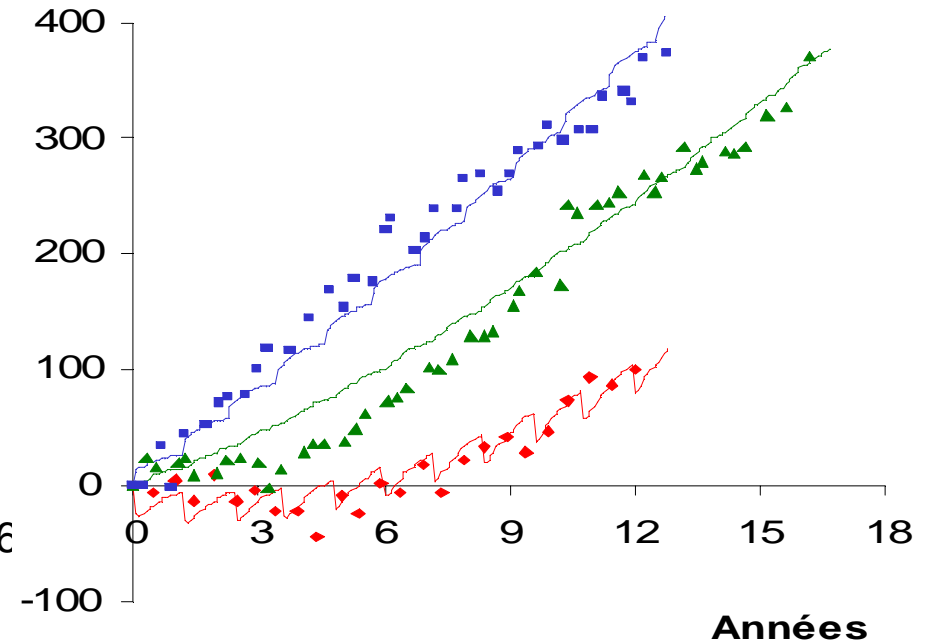
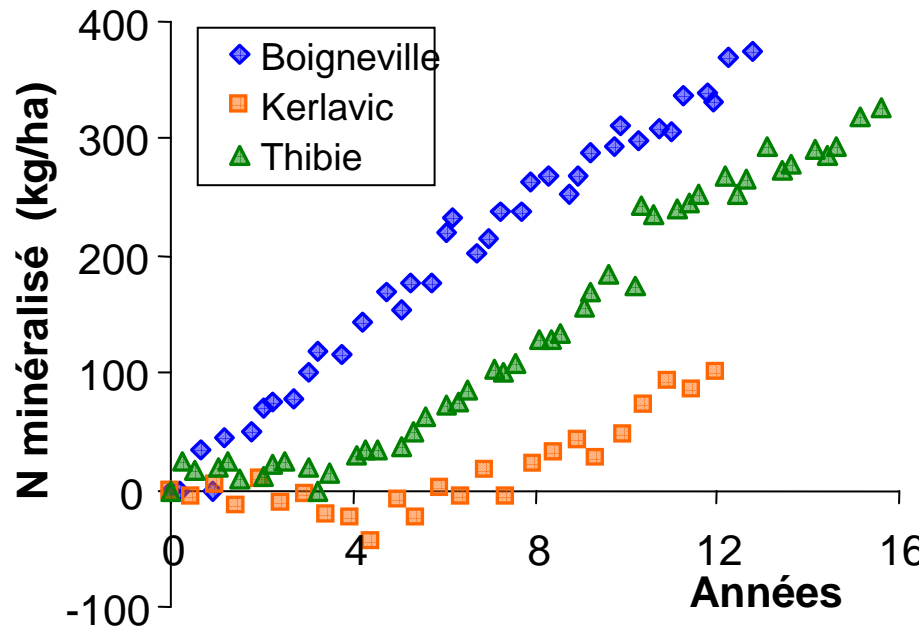
Brisson N., Mary B., et al. (1998; 2002; 2003; 2009)





Effet des cultures intermédiaires à moyen et long terme : Impacts sur le stockage de carbone et d'azote organique dans les sols

Minéralisation supplémentaire due aux CIPAN : effet cumulatif à moyen et long terme



Calculée par défaut de bilan d'azote

Simulée avec le modèle STICS

Collaboration INRA Laon et ARVALIS (EDE) - Constantin et al. (2010; 2011)

→ L'introduction « systématique » des CIPAN dans les agrosystèmes est efficace pour maintenir les stocks de C et N organique dans le sol, en plus d'accroître la minéralisation annuelle du sol en N



Conclusion et perspectives

INRA

10^{ÈMES} RENCONTRES DE LA FERTILISATION RAISONNÉE ET DE L'ANALYSE * 23 ET 24 NOVEMBRE 2011 - COMIFER - GEMAS

UMR Agir



En résumé, quelques points clés

- **Les CIPAN sont généralement efficaces pour réduire les fuites de nitrate MAIS Il est nécessaire d'adapter leur gestion en fonction du pédoclimat et du système de culture français**
 - Le modèle STICS a été validé dans une large gamme de conditions (Brisson et al., 1998, 2008) et est utilisable pour comparer des modes de gestion de l'interculture sous différents pédoclimats et successions de cultures : étude-expertise INRA en cours (*commanditée par les Ministères de l'Agriculture et de l'Ecologie*)
 - Analyse des effets sur les bilans Eau, Azote et Carbone
 - Analyse de l'effet sur la production de la culture suivante
- **La fertilisation azotée de la culture suivante doit être ajustée : l'outil AZOFERT® est paramétré pour les cultures intermédiaires**
- La phase semis-levée est cruciale et mérite une attention particulière :
 - Un modèle spécifique existe (SIMPLE ; Durr et al., 2002) et a été validé pour les CIPAN (Dorsainvil et al., 2005)
Il reste à acquérir des données sur les aspects BIOTIQUES (dégâts limitant la levée ou post levée)
 - Des travaux de mécanisme seraient sûrement très utiles pour optimiser les techniques de semis et accroître la réussite des semis



Des questions ...

- Quels sont les effets des cultures intermédiaires sur les émissions et le bilan de gaz à serre (CO_2 , CH_4 , N_2O) ?
- Où l'implantation des CIPAN pose-elle des problèmes ? Quels sols ? Quelles régions ? Quelles successions de cultures ? Quelles sont les solutions techniques possibles ?
- Quels sont les effets (positifs et négatifs) des cultures intermédiaires sur la biocénose du champ cultivé ? Comment valoriser l'effet potentiel (allélopathie, biofumigation) pour une régulation efficace des bioagresseurs : adventices, ravageurs, maladies ?
→ Le défi est d'optimiser les itinéraires techniques des cultures intermédiaires en fonction des **services écosystémiques recherchés** pour une large gamme de pédoclimats et du système de culture français ...



Perspectives

- Un changement de paradigme est possible ! ou ...
De l'usage « contraint » des CIPAN à des couverts rendant des services éco-systémiques pour améliorer la durabilité des systèmes de culture et si possible réduire les intrants :
→ *une application du concept d'intensification écologique*
- Les recherches sur la conception de systèmes de culture économes en intrants, productifs et efficaces auraient sans doute intérêt à s'appuyer sur des utilisations optimisées de couverts de cultures intermédiaires
- Le mélange d'espèces est indéniablement une des solutions pour accroître divers services écosystémiques : des travaux sur l'assemblage des espèces sont nécessaires
→ Peut-on mobiliser les concepts de l'écologie (traits fonctionnels) pour gagner en généricité ?



Cette présentation s'est nourrie des discussions et collaborations au long des années, en particulier avec :

B. Mary, N. Beaudouin, JM. Machet (INRA Laon)

B. Nicolardot (ENASAD Dijon)

P. Thiébeau et S. Recous (INRA Reims)

V. Parnaudeau (INRA Rennes), C. Durr (INRA Angers)

*JM. Nolot, D. Raffaillac, G. Véricel, L. Bedoussac
(INRA Toulouse)*

F. Laurent, G. Aubrion, JP. Cohan, et coll. (Arvalis-IdV)

S. Minette (CRA PC)

R. Métral (SupAgro Montpellier)

F. Dorsainvil (Thèse Arvalis et CA Marne)

J. Constantin (Thèse Arvalis et Région Picardie)

INRA



*Je dédie cet exposé à la mémoire de deux
collègues exceptionnels
qui nous ont quittés trop jeunes !*

à toi

*FRUCK Dorsainvil (janv. 2010, Haïti)
NADINE Cohen-Brisson (oct. 2011, France)*



INRA

10^{ÈMES} RENCONTRES DE LA FERTILISATION RAISONNÉE ET DE L'ANALYSE * 23 ET 24 NOVEMBRE 2011 - COMIFER - GEMAS

UMR Agir

Exemples de quantités d'azote libérées à 6 mois (effet pour la culture suivante)

**Taux
minéralisation**

Légumineuse
C/N = 10/12
40 à 50%

Moutarde
C/N = 15/20
15 à 30%

Graminée
C/N = 20/30
-15 à 15%

N plante
entière
50 kg N/ha



20 à 25 kg N/ha



7 à 15 kg N/ha



-7 à 7 kg N/ha

100 kg N/ha



40 à 50 kg N/ha



15 à 30 kg N/ha



-15 à 15 kg N/ha

**→ Effet de la quantité d'azote acquise par la CIPAN ... mais
aussi de la dynamique de libération : en tenir compte !**