



# Impacts à long terme de changements de pratiques culturales sur le lessivage du nitrate

**Beudoin N., Constantin J., Burel E., Foissy D., Aubrion G., Mary B.**

**INRA Agro-Impact (Laon-Mons), UMR Sisyphe Paris, INRA Mirecourt, Arvalis Institut du Végétal.**



# Introduction

## Double enjeu environnemental de la maîtrise du lessivage du nitrate

Aquifère et littoral; DCE 2000 => quantifier les émissions  
Atmosphère (N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>)

## Passage de pratiques isolées à des nouveaux systèmes

BPA = CI + ajustement dose, non travail...

Agriculture raisonnée, production intégrée, agriculture de conservation, agriculture biologique.

## Variabilité temporelle (climat) et inertie des systèmes

## Variabilité spatiale (/ exploitation, milieu)

=> Coupler expérimentation à long terme et modélisation



# Plan

## **1- Impacts à long terme de pratiques sur le lessivage du nitrate et le bilan d'azote en situation expérimentale**

- des cultures intermédiaires (CI)**
- du semis direct (SD)**
- de la fertilisation réduite (N-)**

## **2 – Impact de pratiques combinées en situation réelle**

# Effets à long terme de pratiques en expériment.

## Sites expérimentaux de moyenne durée

(1990-2008) Constantin et al, 2010

**Kerlavic**  
T = 12.1°C  
R = 1213 mm  
Brunisol  
Maize-wheat  
CC 1 year/2



Italian ryegrass

**Thibie**  
T = 10.8°C  
R = 605 mm  
Rendzina  
Sugarbeet-pea-wheat  
CC every year

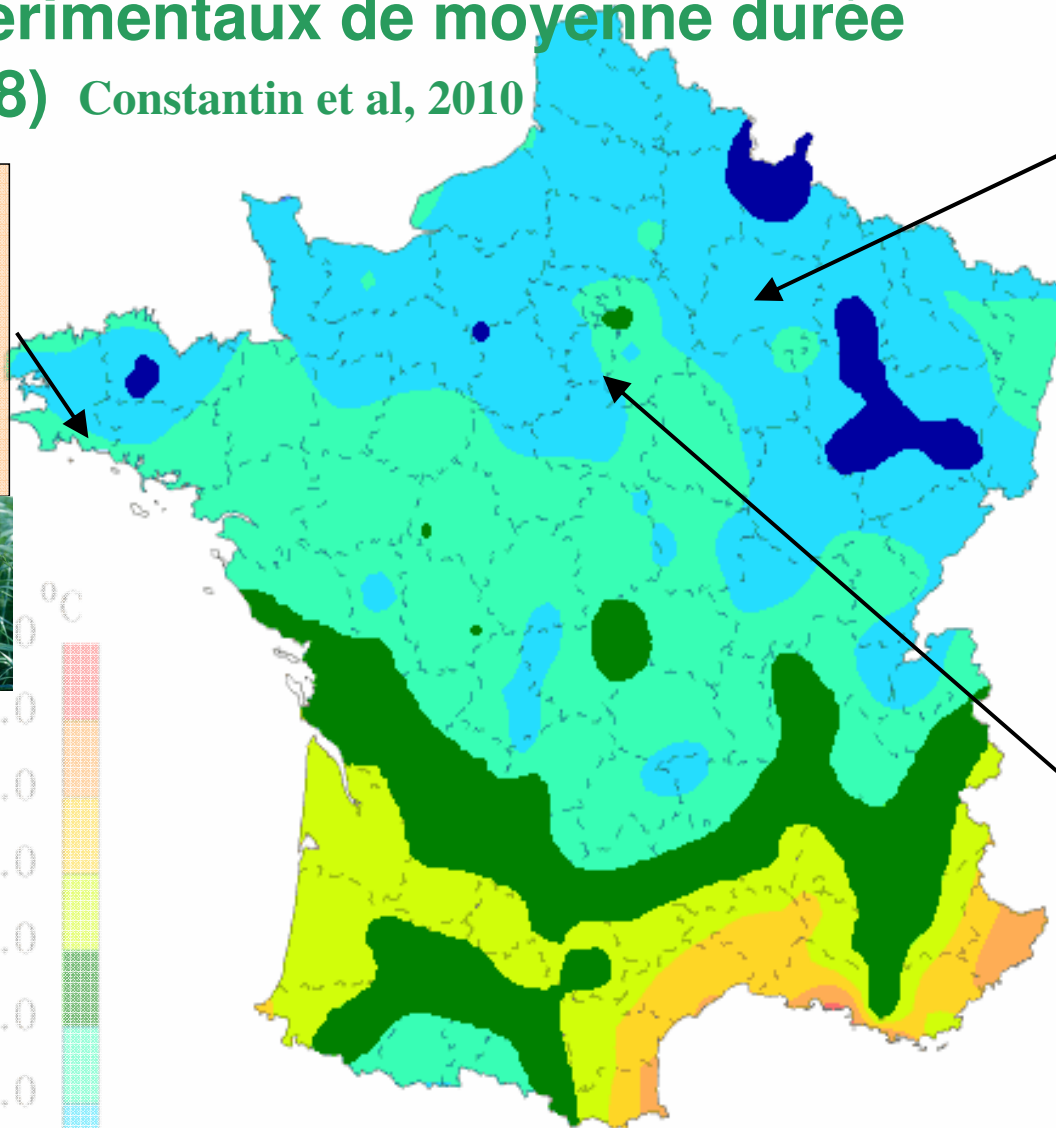


Radish

**Boigneville**  
T = 11.5°C  
R = 604 mm  
Luvisol  
Barley-pea-wheat  
CC every year



White mustard



# Mesures et estimations des termes de la balance N

(Mary et al., 2002)

$$Balance = A + F + S - E$$

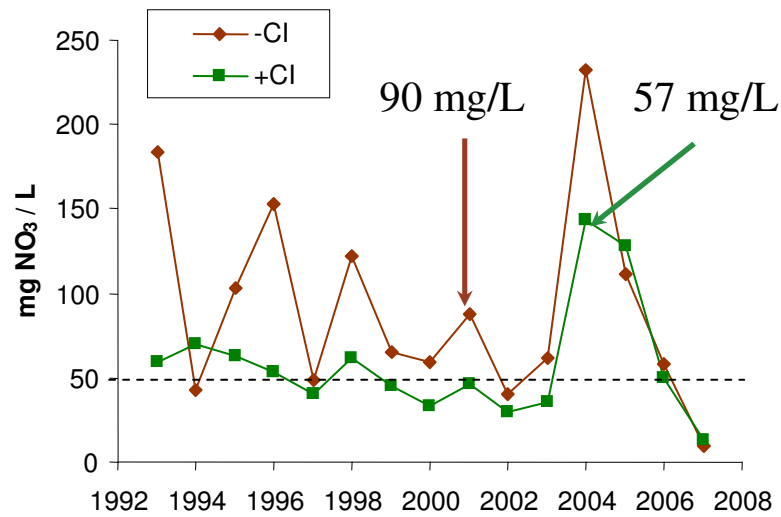
$$Ndfa = -0.23 \times N_{semis} + 87.3 \quad (\text{Voisin et al., 2002})$$

$$= N_{stocké} + G + L$$

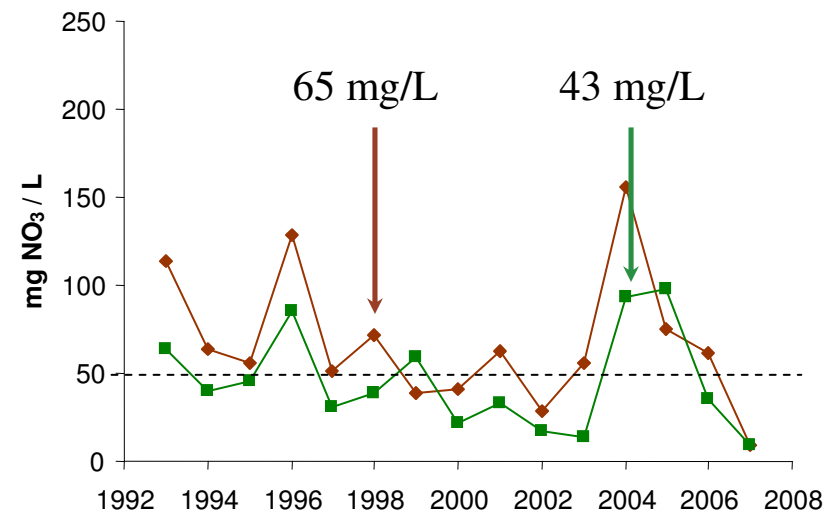
$[NO_3]_{\text{bougies poreuses}}$  et  $\text{drainage}_{\text{lysimètres}}$

# Résultats par traitement

## Évolution de $[NO_3]$ des eaux drainées

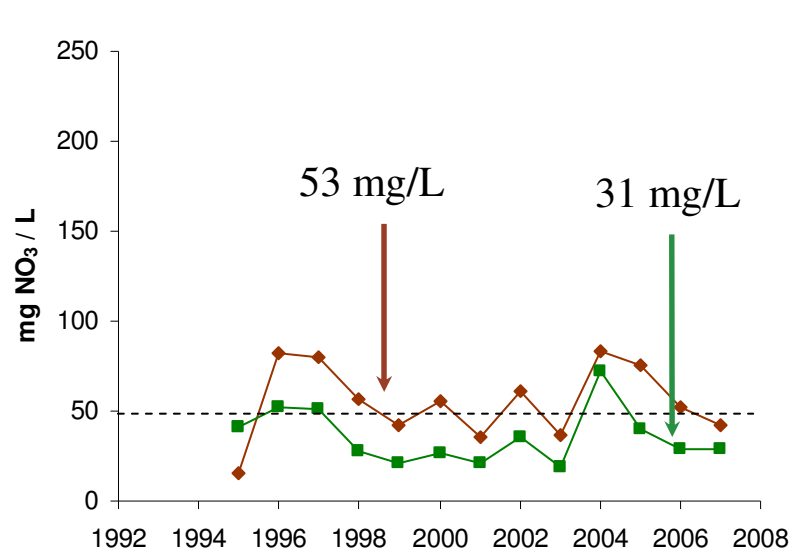


**Boigneville  
Labour**

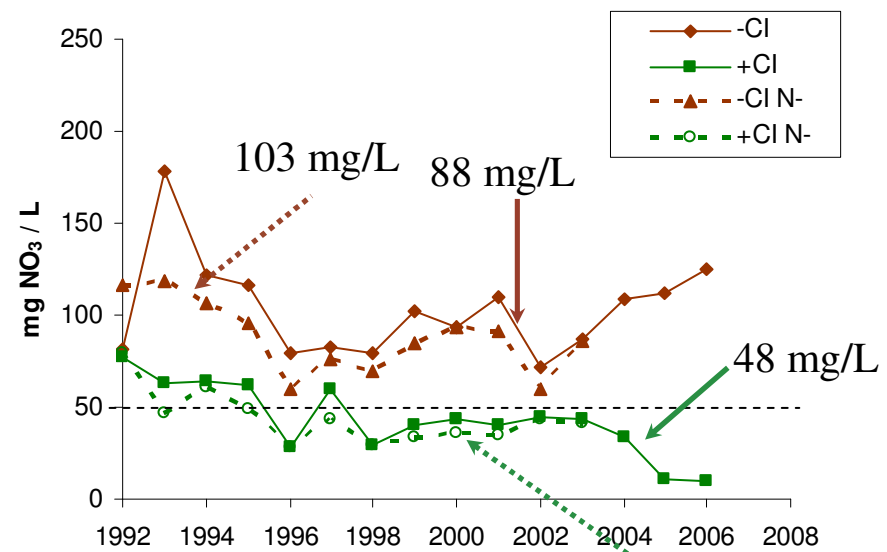


**Boigneville  
Semis Direct**

# Évolution de [NO<sub>3</sub>] des eaux drainées

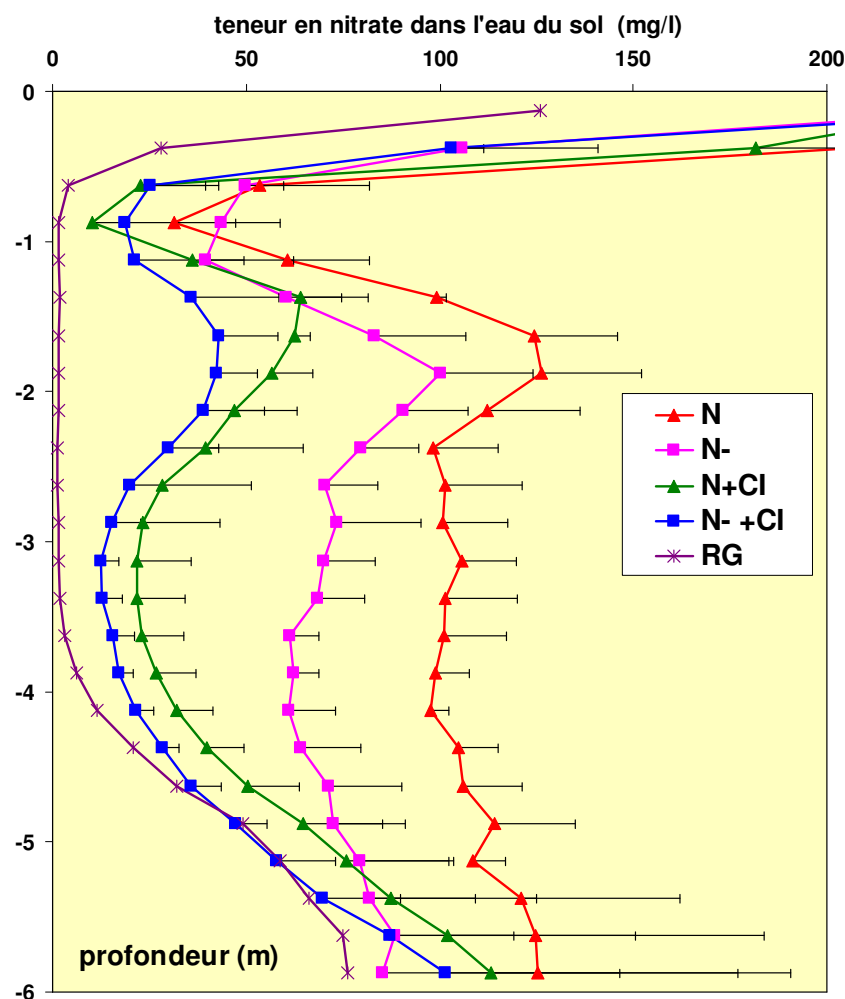


**Kerlavic**



**Thibie**

# Teneurs en nitrate mesurées entre 0 et 6 m à Thibie (2003)



- Coef. Variation = 35 %
- Effet réduction de dose N (-35%) supérieur à celui perçu avec les bougies poreuses, probablement à cause d'une absorption plus profonde
- Teneur en nitrate quasi nulle en surface (profondeur < 4 m) dans les allées (raygrass) forte efficacité de captation du nitrate par la prairie



## Simulations au pas de temps journalier

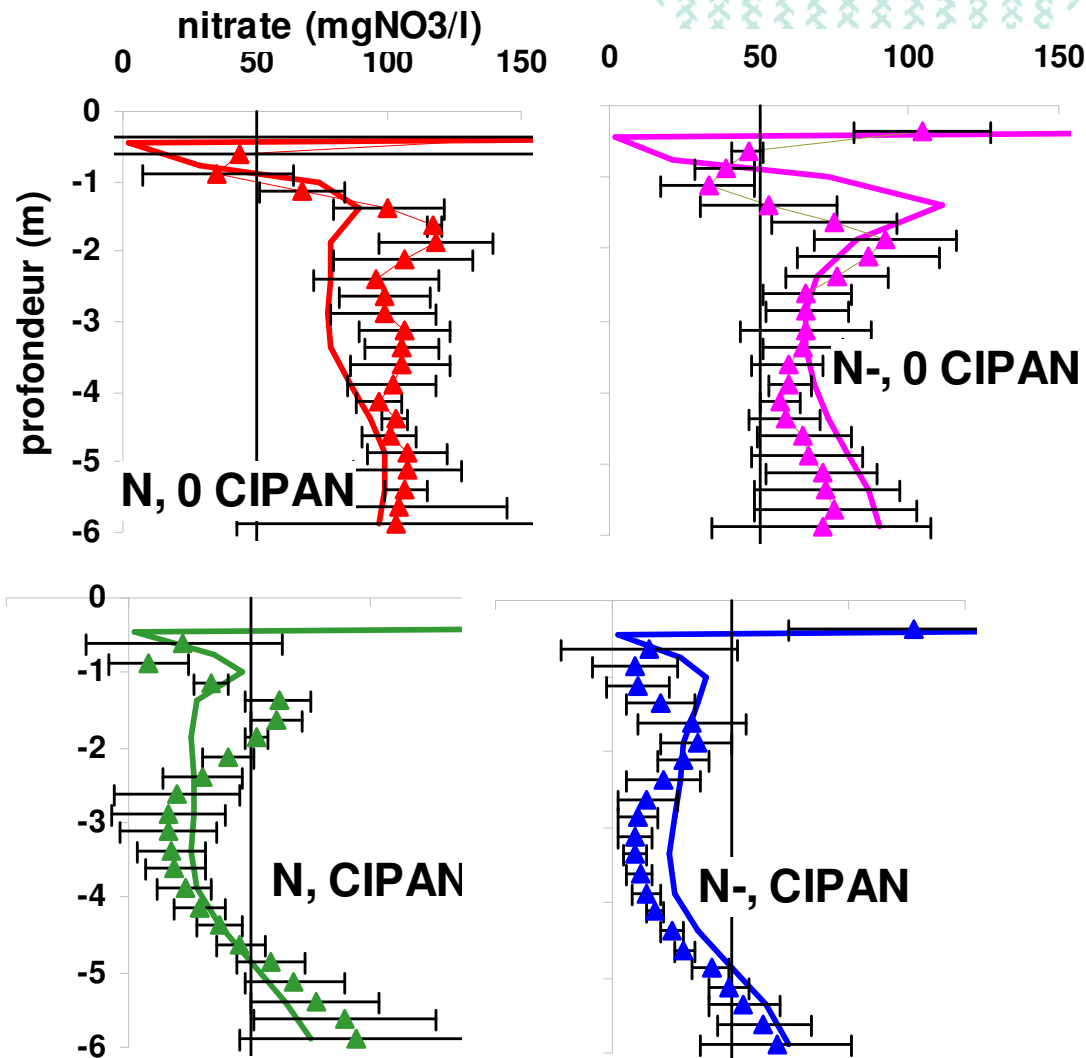


Brisson et al. (2002; 2008)

- 1) **Paramétrisation** vs. base de données indépendante
- 2) **Calibration** 1<sup>ère</sup> moitié de la base de données
- 3) **Evaluation** 2<sup>ème</sup> moitié et sondages profonds
- 4) **Simulation de scénarios** pendant 60 ans

**Les effets des CI sont calculés par différence avec le scénario sans CI**

# Test indépendant du modèle sur données de sondage

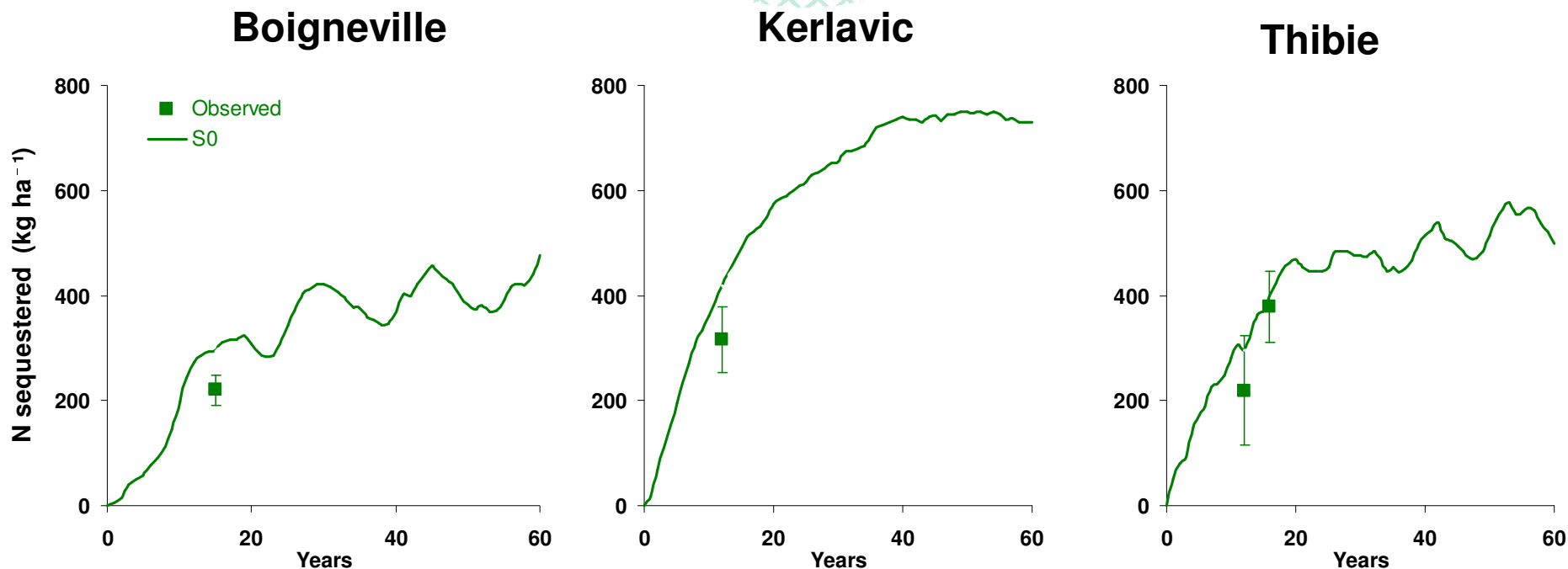


Teneurs en nitrate observées et simulées avec STICS à Thibie de 1991 à 2003 par traitement :

Les prédictions du modèle (émission et transfert du nitrate) sont correctes.

# N séquestré dans le sol par incorporation de CI

Observations à moyen terme et prédiction sur 60 ans



Les CI permettent un stockage important de N (et C), mesuré et bien simulé par un modèle à 2 pools d'humus.

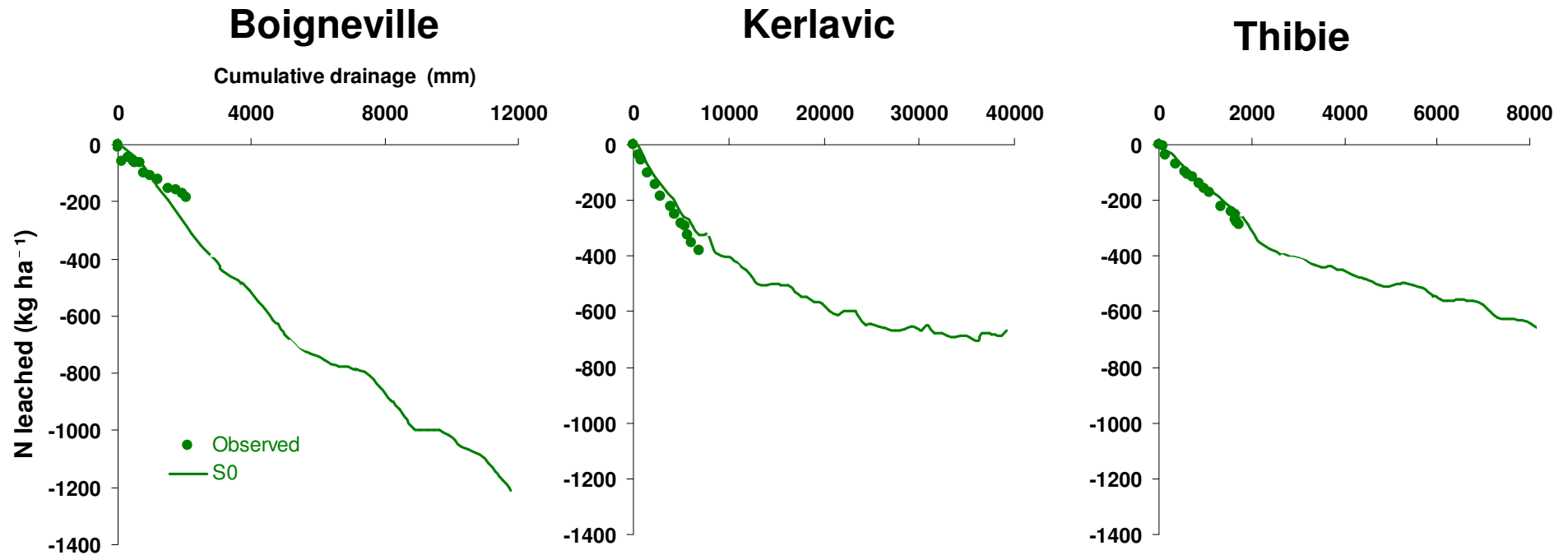
La quantité de N stocké par unité de C apportée est égale ou supérieure à celle de la paille (*Constantin et al., 2009*)

Elle génère une extra minéralisation de 30 à 50 kg N/ha/an après 30 ans.

# Différence entre traitements (CI – sol nu)

## Lessivage cumulé = f(drainage cumulé)

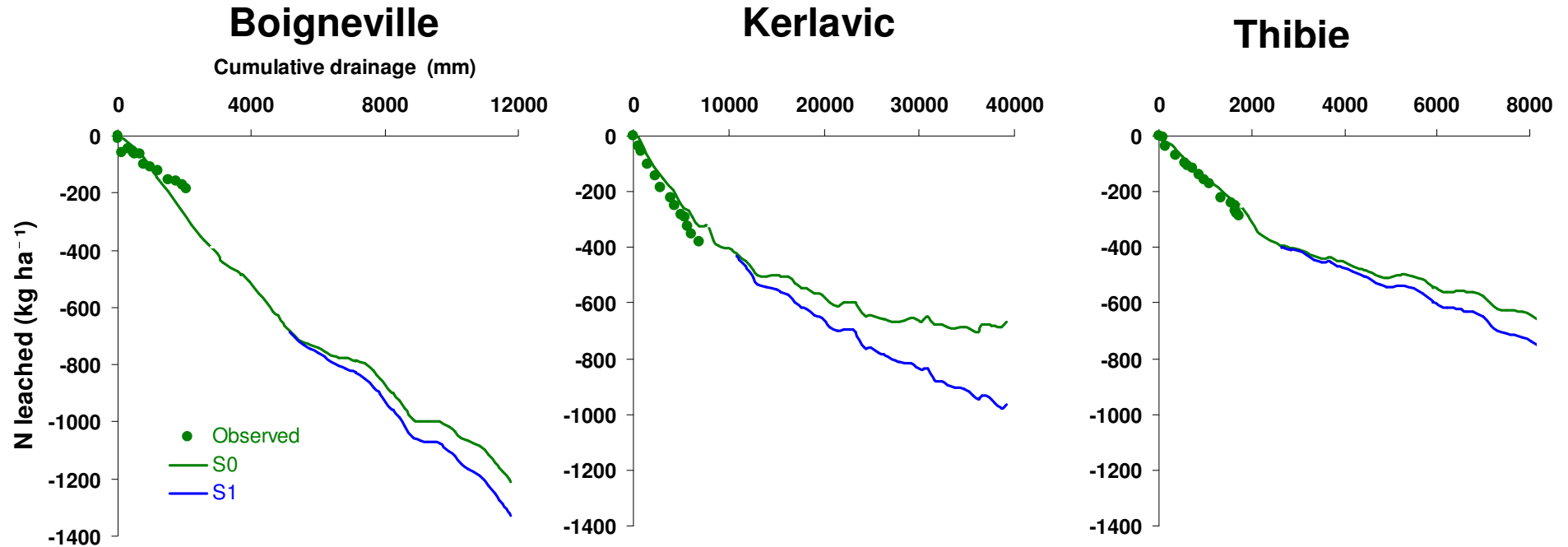
Observations et simulations



La répétition des CI sans changer le système conduit à :

- un accroissement du rendement
- un amortissement de l'efficacité d'abattement du lessivage

# Lessivage cumulé = f(drainage cumulé) Observations et simulations



La réduction de fertilisation (22 kg N ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>) permet:

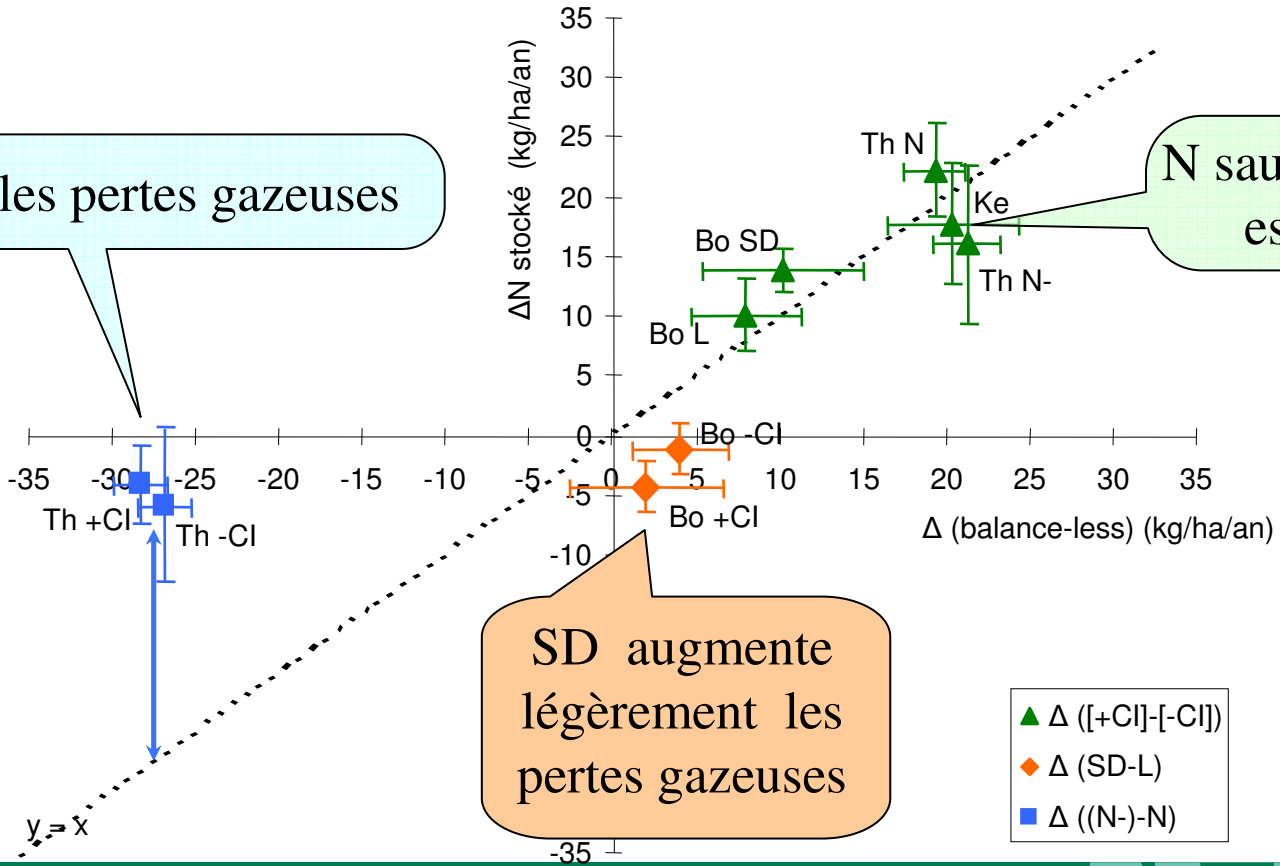
- une production égale à celle du traitement sans CI
- le maintien de l'efficacité d'abattement du lessivage

# Différence entre traitements (CI – sol nu)

## N stocké = f(balance – lessivage)

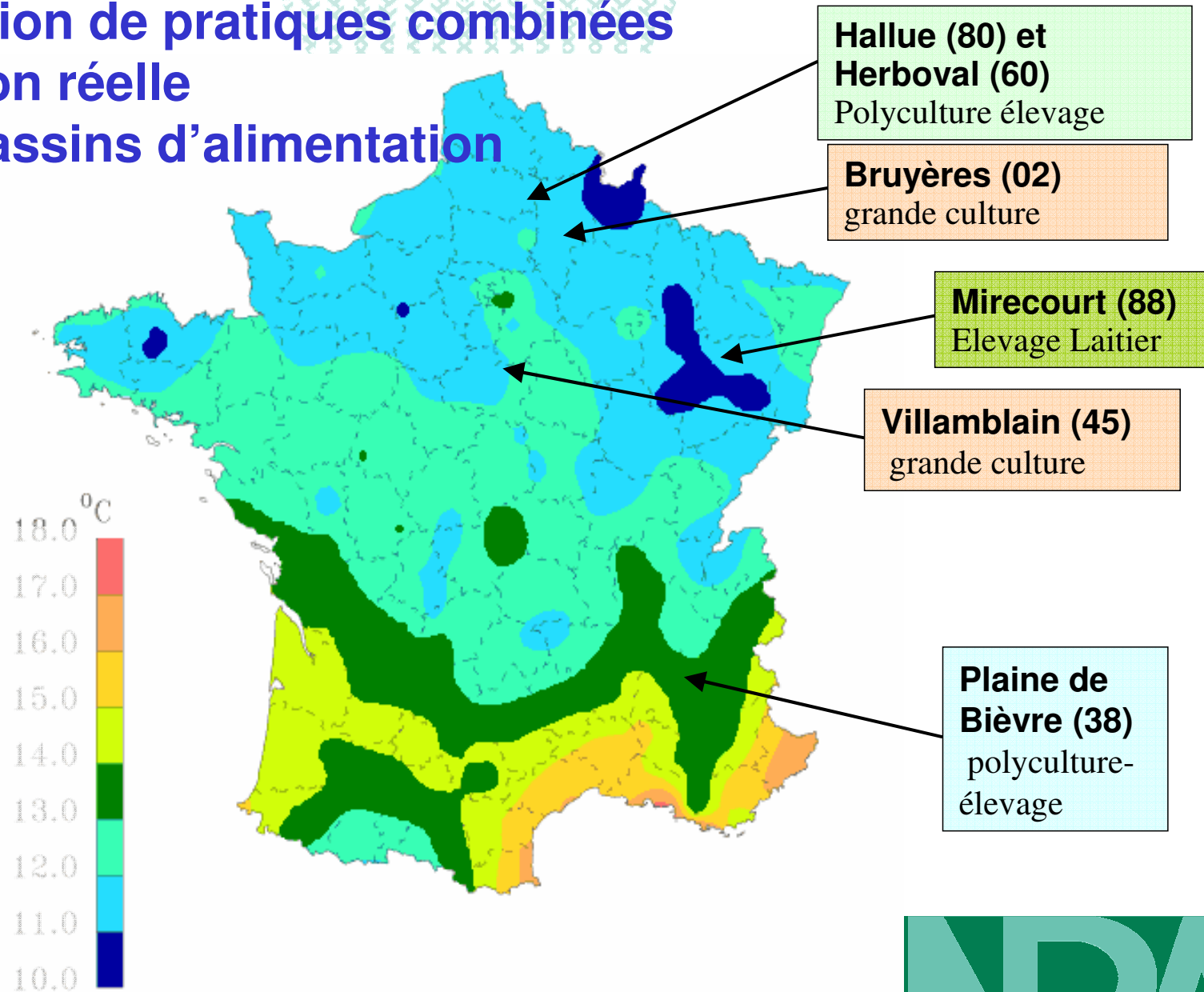
N- diminue les pertes gazeuses

N sauvé par la CI est stocké



SD augmente légèrement les pertes gazeuses

## 2) Evaluation de pratiques combinées en situation réelle sur des bassins d'alimentation



## Teneur en nitrate moyenne mesurée et/ou simulée par site et par conduite en agriculture raisonnée ou MAE

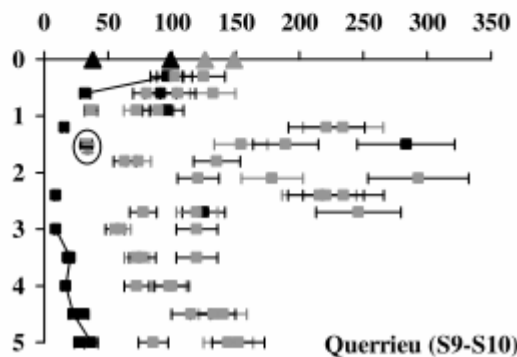
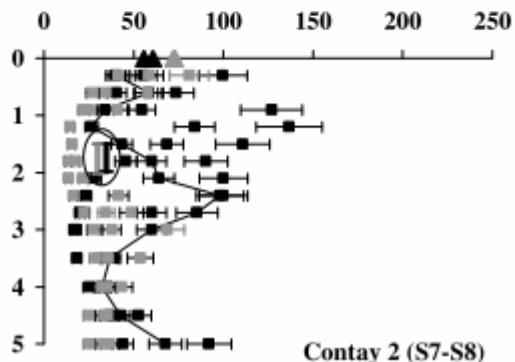
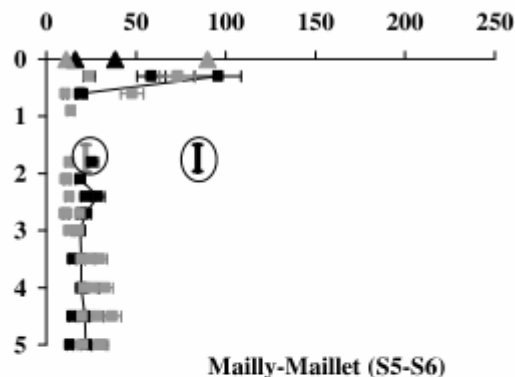
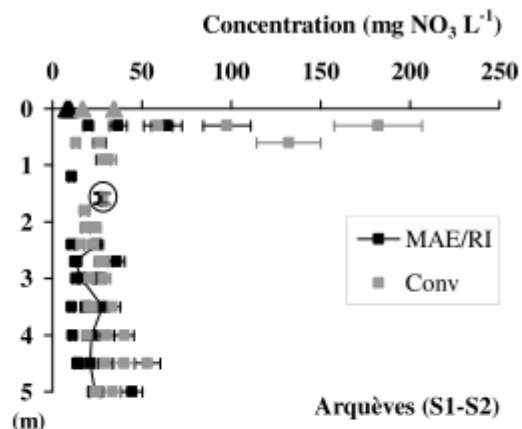
Réseau ou Bassin d'Alimentation (BA)	méthode	nb sites *nb ans nb km <sup>2</sup> * nb ans	Conventionnel mgNO <sub>3</sub> /L	N bilan + CIPAN mgNO <sub>3</sub> /L	N réduite + CIPAN mgNO <sub>3</sub> /L
Réseau Plaine de Bièvre	Mesure+LIXIM	4 sites*4 ans	<b>127</b>	<b>95</b>	
Réseau étude MAE Picardie	Mesure+LIXIM	8 sites *3 ans	<b>62</b>		<b>44</b>
Réseau Bruyères	Mesure+STICS	36 sites *6 ans	<b>91</b>	<b>56</b>	<b>53</b>
BA Villamblain	STICS*SIG	10 km <sup>2</sup> * 4 ans	<b>146</b>	<b>108</b>	

Les teneurs moyennes en système de culture conventionnel sont variables en fonction du contexte mais généralement au dessus de la norme. Le progrès permis par la combinaison Ferti raisonnée + CI est notoire mais ne permet pas toujours d'atteindre la norme de potabilité.



# Hallue, couples de parcelles (Conv, MAE) : sondage sur 0-5 m

Programme expérimental de suivi de la qualité des eaux dans trois bassins de Picardie



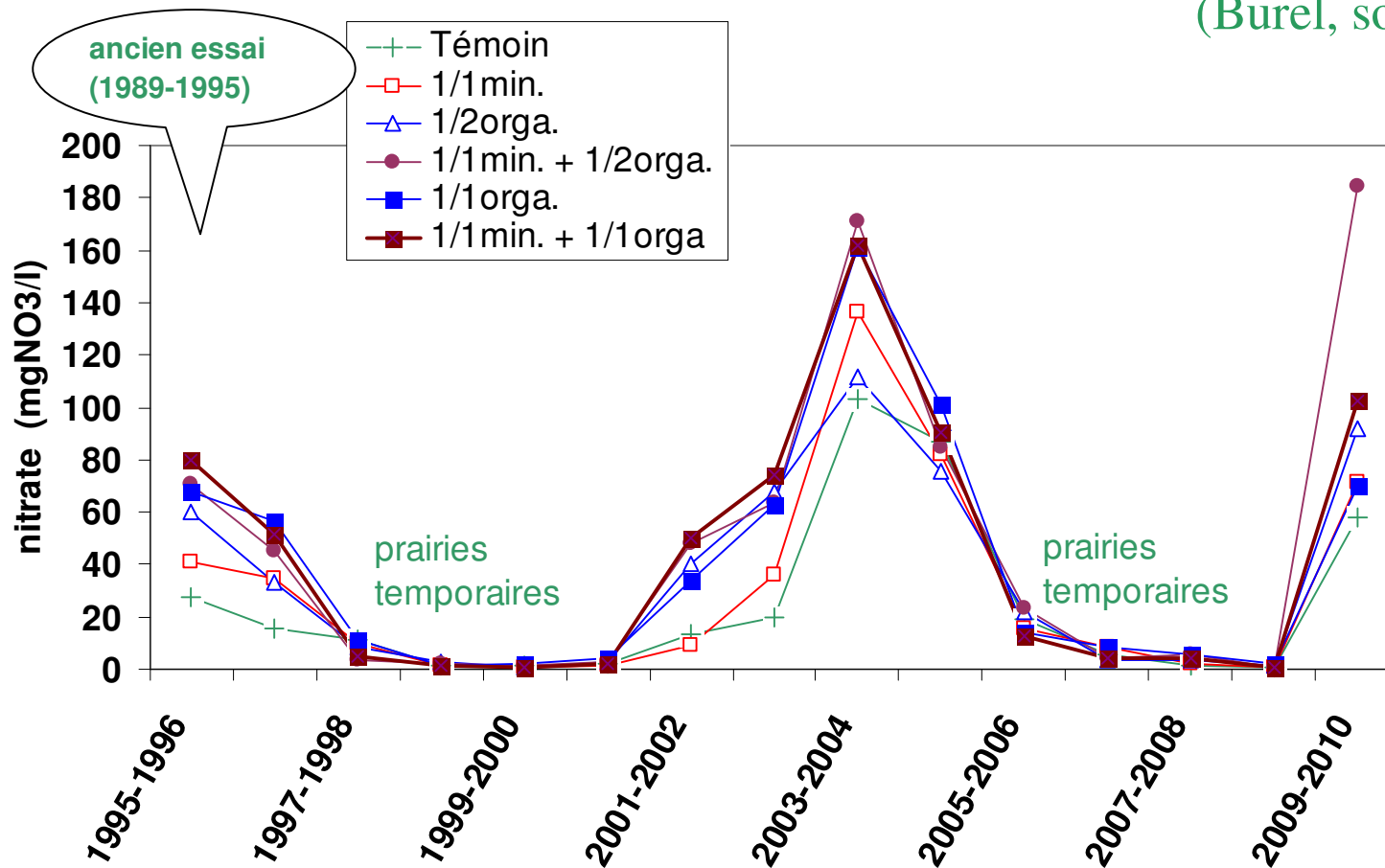
(Normand et al., 2006)

Les teneurs en situation conventionnelle sont très variables.

Le gain permis par les mesures agri-environnementales avec réduction d'intrants (MAE) est nettement moins variable.

## Arrière effet de la fertilisation sur la teneur en nitrate de bougies poreuses à Mirecourt, avec conversion en agri-bio en 2004

(Burel, sous presse)



L'arrière effet de l'essai s'exprime même après 20 ans, dès que le sol est cultivé. La mise en prairie le masque mais génère un flush de minéralisation à sa destruction; ce flush est accru en 2004 par la sécheresse.

L'impact de l'agri-bio dépend de la différence entre minéralisation et piégeage d'azote.

# Conclusion

## Lessivage de nitrate

- ✓ CI = moyen le plus efficace à long terme pour réduire le lessivage du nitrate, sans changer le système de culture, par une limitation de la durée de sol nu.
- ✓ L'effet des CI diminue avec leur fréquence dans la rotation à cause d'un effet de dilution et d'un effet adverse les années sans CI.
- ✓ Les systèmes autonomes en N combinent des pratiques qui peuvent limiter intrinsèquement le lessivage du nitrate :
  - introduction de N réactif via la culture légumineuse
  - recyclage de N issu de la parcelle (CI = engrais verts)
  - recyclage de N de l'exploitation (effluents compostés).

**La variabilité de leur impact est une voie de recherche.**



## Bilan global d'azote

- i) L'azote épargné par les CI est majoritairement organisé; sa minéralisation ultérieure implique de réduire la fertilisation;**
- ii) La réduction de fertilisation diminue les pertes par voie gazeuses; l'impact du non labour à long terme sur les émissions de GES montre une variabilité qui reste à étudier.**
- iii) L'établissement des bilans C et N par unité de produit des systèmes raisonnés et alternatifs est une voie de recherche.**