

# Valeur fertilisante azotée des produits résiduaux organiques (PRO) : mieux prendre en compte la dynamique de la fourniture d'azote

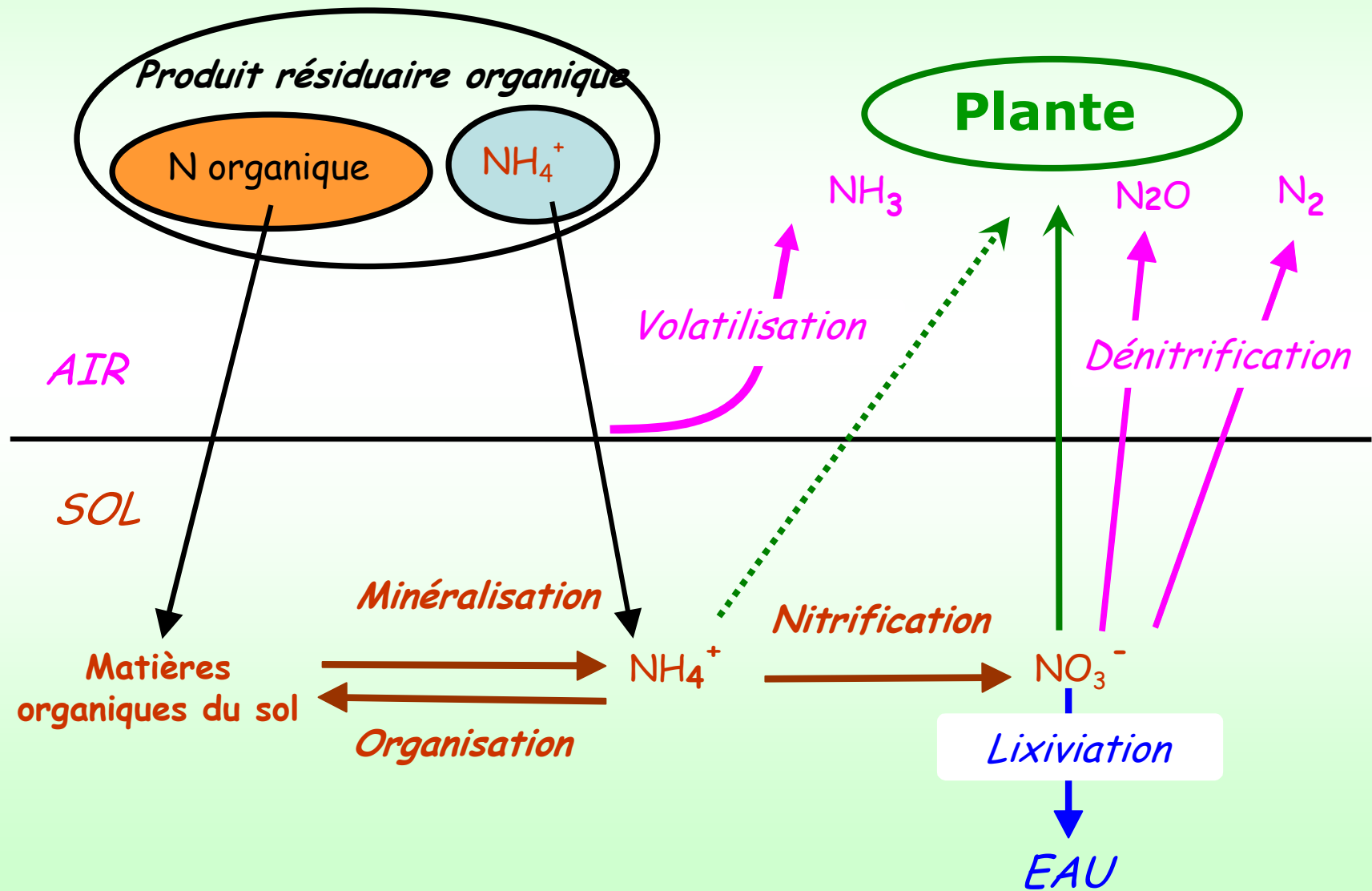
BOUTHIER Alain <sup>1</sup>, TROCHARD Robert <sup>2</sup>, PARNAUDEAU Virginie <sup>3</sup>,  
NICOLARDOT Bernard <sup>4</sup>, MORVAN Thierry <sup>5</sup>

<sup>1,2</sup> ARVALIS-Institut du Végétal, <sup>3,5</sup> INRA Agrocampus Rennes Quimper, <sup>4</sup> ENESAD

Journée Technique Grandes Cultures Biologiques ITAB-Arvalis, 23 mars 2009

(d'après l'intervention au colloque Académie d'Agriculture-COMIFER du 17 mars 2009)

# □ Devenir de l'azote des PRO dans le sol



## □ Devenir de l'azote des PRO dans le sol

# Minéralisation de l'azote organique des PRO

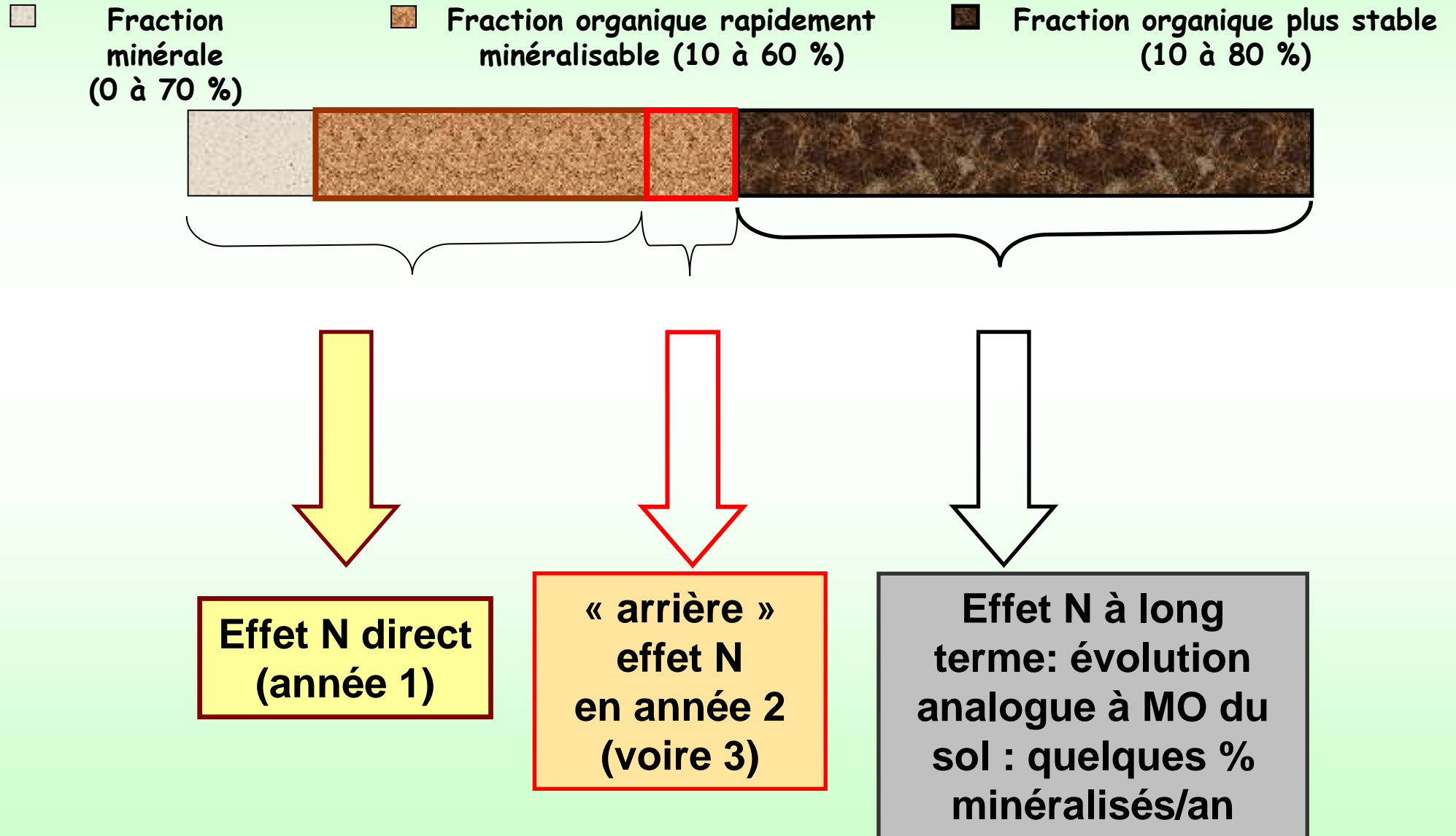
### □ Phase de minéralisation plus rapide :

- ➡ liée à une fraction organique rapidement minéralisable
- ➡ de quelques semaines à plus d'un an
- ➡ concerne la culture réceptrice et éventuellement la suivante

### □ Phase de minéralisation plus lente :

- ➡ liée à une fraction organique plus stable
- ➡ vitesse de minéralisation proche de celle de la MO du sol

# Formes d'azote dans les PRO et disponibilité dans le temps pour les cultures



## □ Devenir de l'azote des PRO dans le sol

# Maîtriser les sources de pertes

Processus	Niveau de perte	Facteurs favorisant	Moyens de réduction
Volatilisation $\text{NH}_4^+$	0 à 70 % de $\text{NH}_4^+$ dans les 8 jours suivant l'apport	Climat (température, vent), sol (humidité, pH, ), composition du PRO (%MS, % N)	Techniques d'application et d'enfouissement
Lessivage de $\text{NO}_3^-$	0 à > 50 % du $\text{NO}_3^-$ nitrifié à partir du N organique et N- $\text{NH}_4^+$	Pluie drainante après apport de PRO, absence de couverture du sol	Ajustement période d'apport/périodes de drainage
Dénitrification de $\text{NO}_3^-$	Quelques % du $\text{NO}_3^-$ nitrifié à partir du N organique et N- $\text{NH}_4^+$	Excès d'eau, carbone décomposable, apport d'engrais minéral	

□ La valeur fertilisante azotée des PRO,  
« traditionnellement » évaluée par des essais au champ:  
calcul de coefficients d'équivalence azote ammonitrate

■ Limites des coefficients d'équivalence azote :

- Références peu nombreuses, provenant surtout de l'ouest de la France
- Pas de références pour certains types de PRO
- Valeurs moyennes cachent une variabilité importante
- Références difficilement utilisables si apport de PRO avant « ouverture » du bilan d'azote
- Les effets des différentes formes d'azote, minérales et organiques ne sont pas distingués

## □ Travaux récents sur la minéralisation à court terme de l'azote des PRO

Essais expérimentaux *in situ*: suivis sols nus

→ *Mesure et/ou calcul des flux d'azote (minéralisation, lixiviation)*



Analyses chimiques et biochimiques

→ *Norme expérimentale XP U44-162*



Incubation de sol en conditions contrôlées

→ *Norme expérimentale XP U44-163*

# Outils analytiques de caractérisation des PRO

- ▶ **1: Analyse agronomique (~50 €) :**  
% MS, MO totales, N total Dumas, N-NH<sub>4</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,  
K<sub>2</sub>O, MgO, Na<sub>2</sub>O, pH eau
- ▶ **2: Fractionnement biochimique (~ 150 €) :**
  - Extractions séquentielles: Cellulose, Hémicellulose, Lignines, Solubles
  - utilisé pour calcul de la valeur amendante organique (ISB, CBM remplacés par ISMO)
- ▶ **3: Test d'incubation C et N (~ 700 €) :**  
3 mois à 28 °C et à HCC dans un sol standard

Analyses obligatoires pour normes NFU44051 et 44095

(amendements organiques)



□ Travaux récents sur la minéralisation à court terme de l'azote des PRO

Étude des cinétiques de minéralisation au champ de l'azote organique des PRO (2006-2008)

(ARVALIS-INRA)

Synthèse des résultats de 68 suivis de minéralisation de PRO au champ, sous sol nu

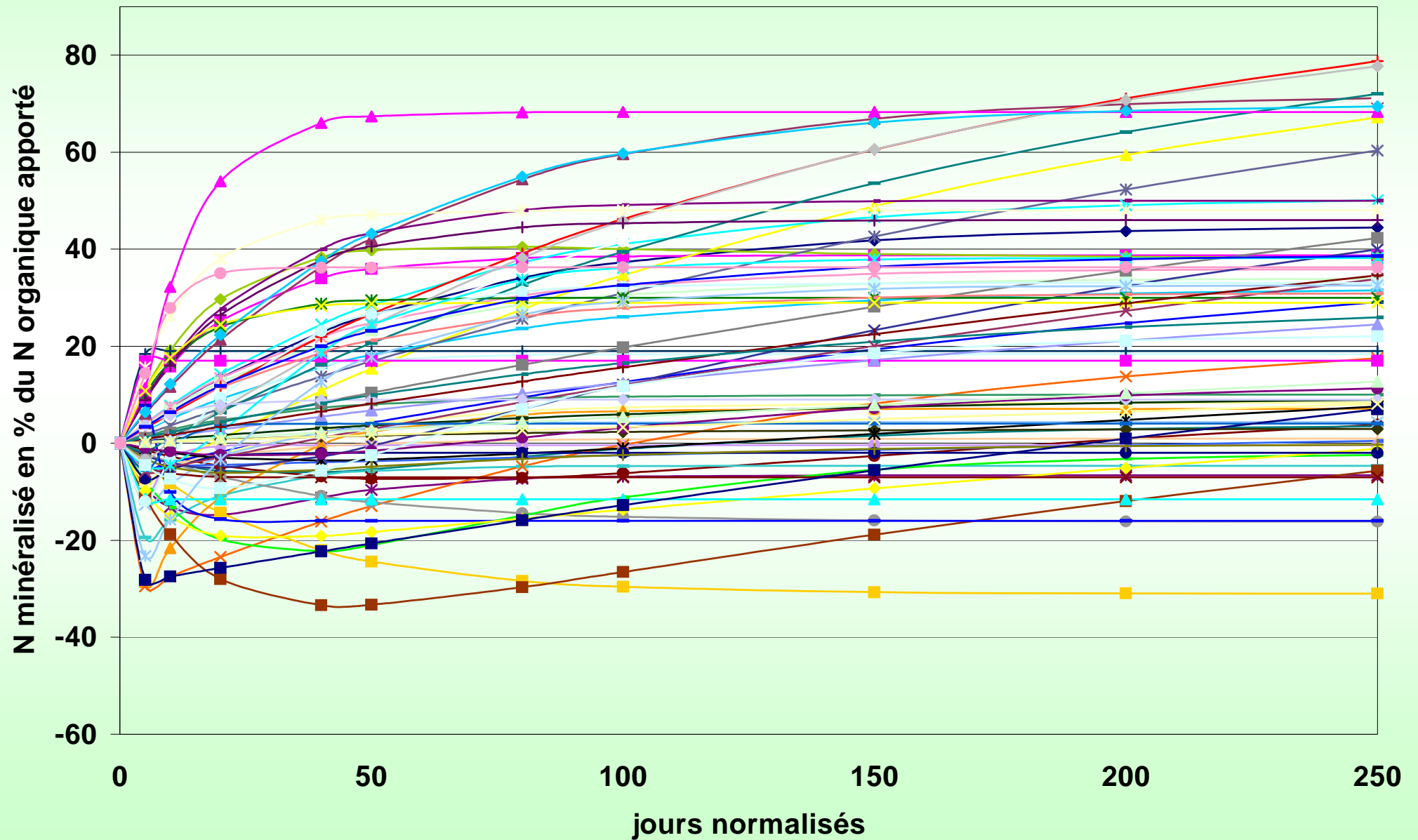
- Typologie de cinétiques de minéralisation au champ de produits organiques
- Lien avec critères de composition (% N, C/N, fractions biochimiques)
- Comparaison entre suivi au champ et incubation laboratoire (44 suivis)

## Origine des différents PRO étudiés

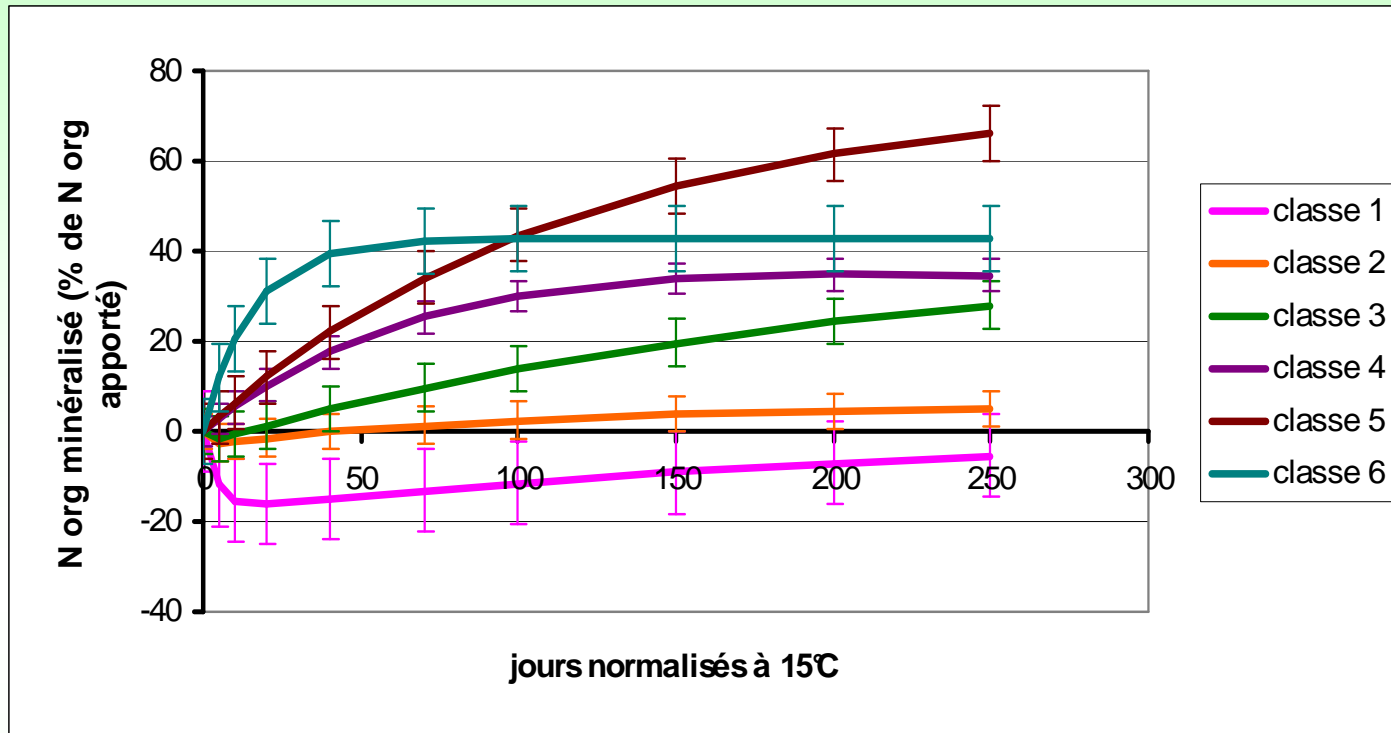
Types de PRO	Nombre de cinétiques
Boues de STEP diverses	8
Fumiers de bovins	8
Composts de déchets verts	7
Composts de fumiers de bovins	7
Fientes séchées de volailles	6
Composts de déchets verts + boues	5
Effluents de sucrerie	5
Vinasses concentrées	5
Composts divers	4
Fumiers de volailles	4
Composts de fumier de dindes + Déchets Verts	2
Effluents de distillerie	2
Effluents de féculerie	2
Boue liquide de distillerie	1
Eau de déshydratation de luzerne	1
Fumier composté de fumier de porcs	1
<b>Total</b>	<b>68</b>

# Variabilité importante des cinétiques de minéralisation au champ

(68 cinétiques, ajustées par équation double exponentielle)



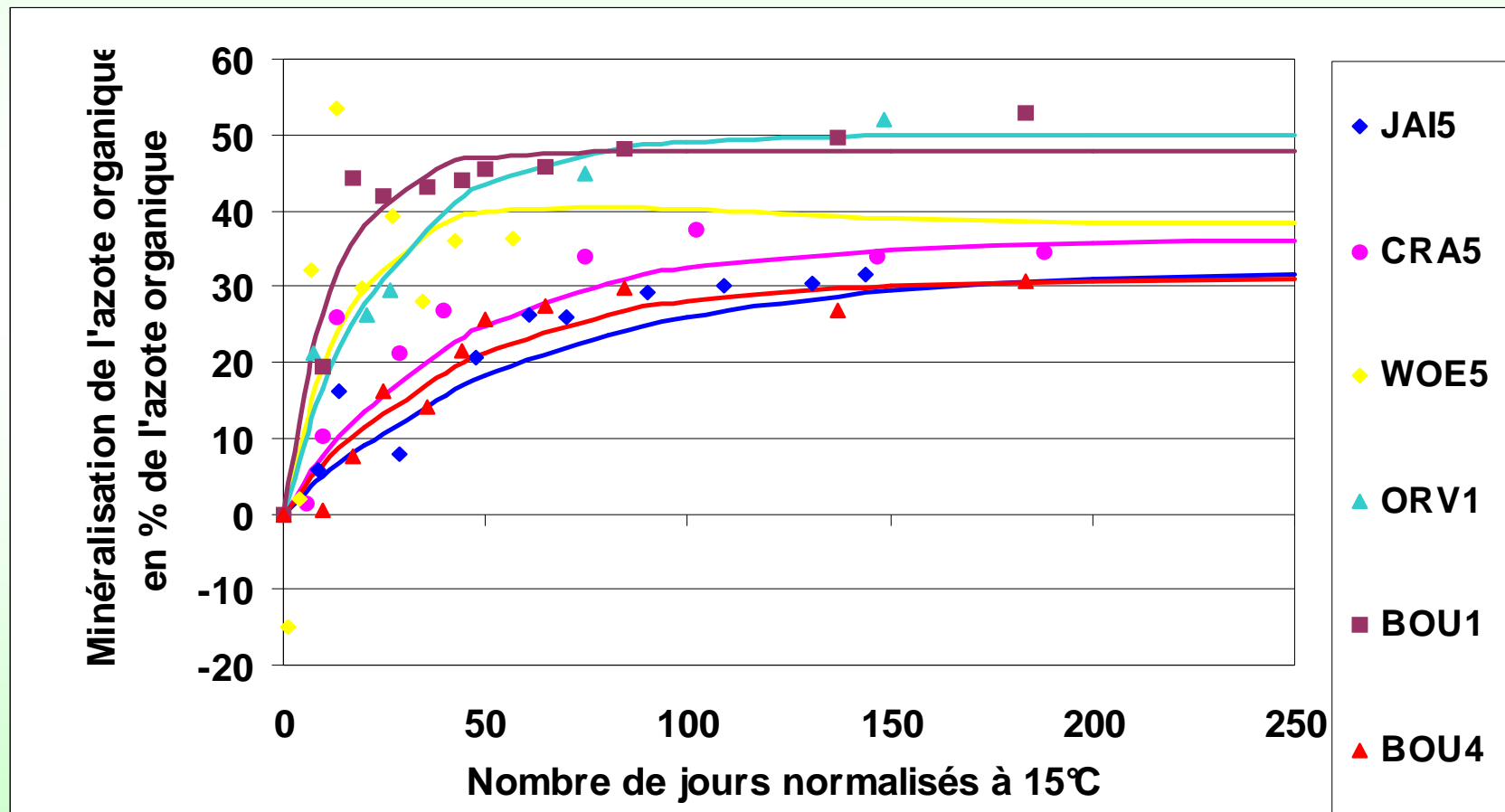
# Élaboration d'une typologie en 6 classes sur la base des cinétiques mesurées au champ



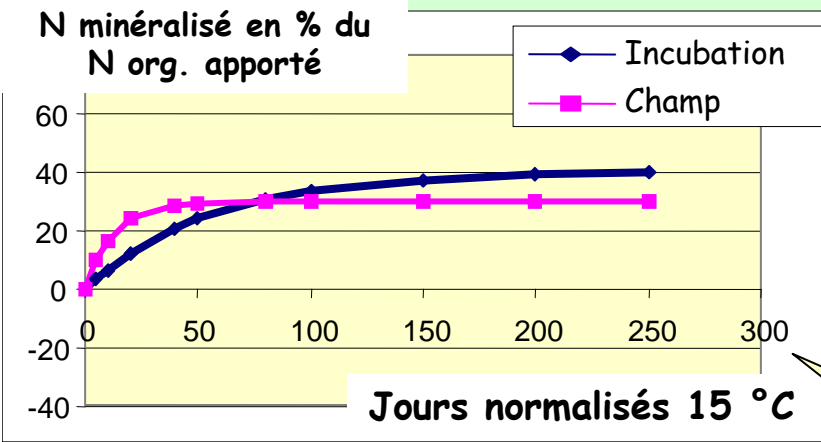
Classes	Types de PRO
1	compost de fumier de bovins, de déchets verts
2	compost de fumier de bovins, composts de déchets verts, composts de déchets verts + boue
3	Fumiers de bovins
4	fumier volailles Boues urbaines déshydratées
5	vinasses concentrées
6	Fientes de volailles, boues urbaines pâteuses effluents de féculerie, effluent de distillerie

# Variabilité de cinétiques pour un type de PRO

## 6 cinétiques de minéralisation de fientes de volailles



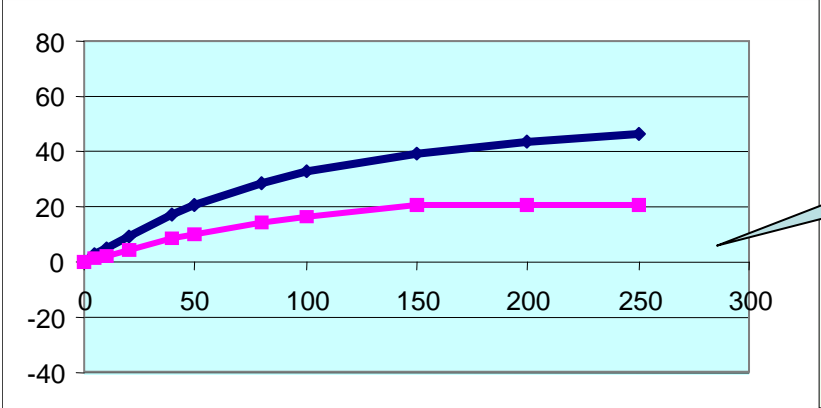
# 44 comparaisons de cinétiques champ et incubation



26 cas

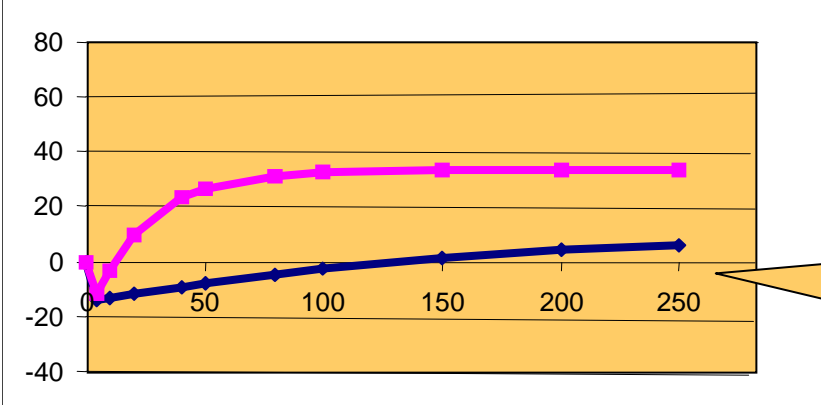
Coïncide correctement

Bonne concordance entre « champ et incubation » au laboratoire pour une majorité de cas



8 cas

Même allure de cinétique



10 cas

Complètement différent

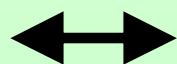
N minéralisé au champ > incubation

Pour certains PRO l'organisation du N au laboratoire ne se voit pas au champ : incidence du broyage fin des PRO pour incubation ...

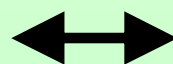
## □ Conclusions de l'étude

- Difficulté de mettre en évidence des critères de composition des PRO(C/N...), prédictifs de la minéralisation nette du N organique des PRO (faible effectif par type de PRO)
- Variabilité parfois importante de la minéralisation de N organique au sein d'un même type de produit : un PRO dans plusieurs classes de cinétiques.
- Des similitudes entre les suivis au champ et en incubation pour une majorité de cas (26/44). Cas de discordance : organisation labo plus forte liée au protocole (séchage, broyage fin, apport N).
- Incertitude importante sur l'estimation au champ pour les PRO contenant du N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (lisiers de porcs...), due principalement à la difficulté d'estimer les pertes d'azote par volatilisation
- Travaux à poursuivre...

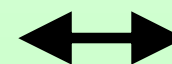
Caractéristiques  
PRO



incubation



Champ:  
sol nu



Champ:  
sol cultivé

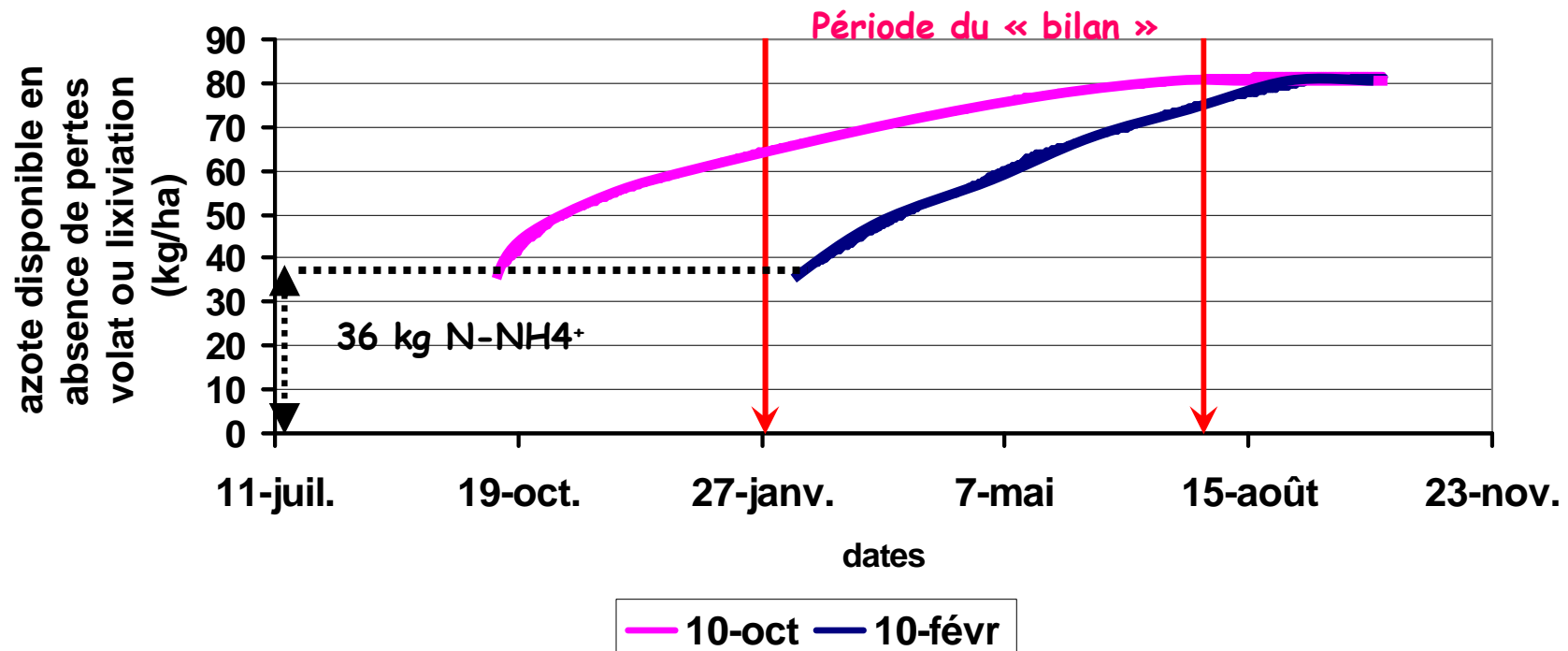
## □ Application pour la gestion de la fertilisation azotée des cultures

La prise en compte de la cinétique de minéralisation permet une gestion plus précise de la fertilisation azotée

68 kg potentiellement disponibles avant l'ouverture du bilan (à vérifier avec mesure du RSH).  
Il reste 12 kg à minéraliser

Le 10 mars au stade épi 1 cm: 45 kg N/ha disponibles et il reste 32 kg N/ha à minéraliser

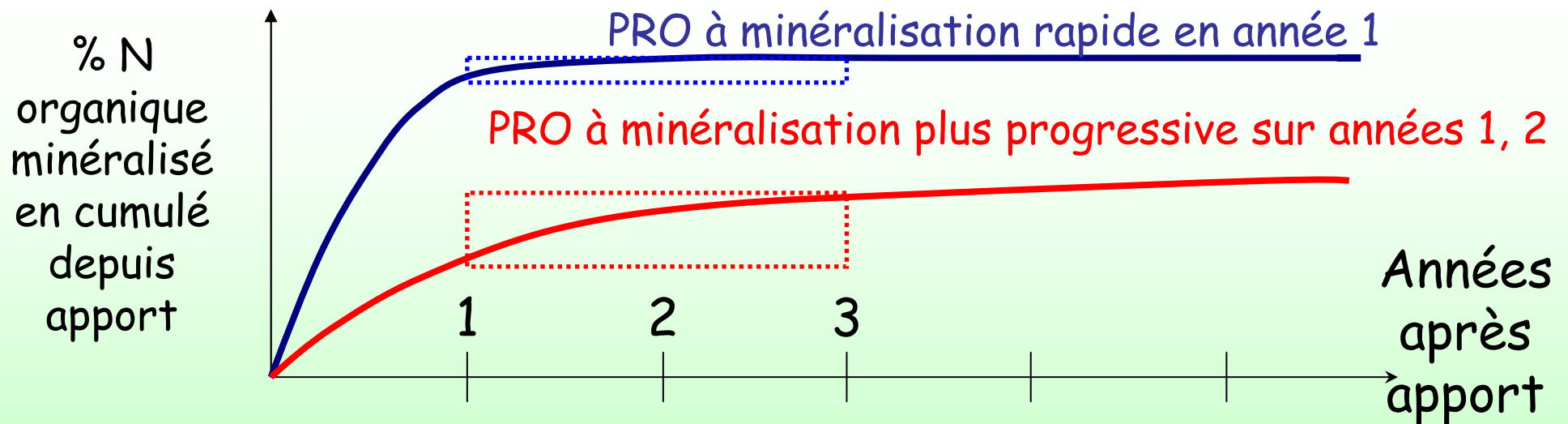
### 5 T de fumier de volailles (132kg N org+ 36 kgN-NH<sub>4</sub>)





## Les effets en années 2 et 3, après apport : fin de la phase de minéralisation plus rapide de l'azote organique des PRO

- ❑ Références très peu nombreuses et méthodologies expérimentales très différentes.
- ❑ Effets en années 2 et 3 très variables (0 à 60 % de l'effet en année 1), plus importants pour PRO à minéralisation lente en année 1 (classes 1 à 3 de la typologie ARVALIS-INRA 2008)



- ❑ Effets actuellement, non pris en compte dans les outils de calcul de fertilisation.

## Les effets à long terme des apports de PRO : modification du statut organique du sol et du fonctionnement du cycle de N

- ❑ Références très peu nombreuses, notamment sur les effets « azote »
- ❑ Nombreux facteurs de variation : composition du produit organique, dose, mode et fréquence d'apport, type de sol, climat, succession culturale...
- ❑ Effet N long terme très lent à apparaître : supplément de minéralisation < 10 %, après 10 ans d'apports annuels de 20 à 30 t/ha de fumier de bovins (essais ARVALIS de La Jaillière et du Rheu).
- ❑ Effets long terme, pris en compte de manière très variable, dans les outils de calcul de fertilisation.

# Prise en compte des effets long terme N dans le bilan de masse

- Stock d'azote organique : suivre l'évolution de la teneur en % N organique dans le temps
- Terme « F<sub>sys</sub> » utilisé pour moduler la vitesse potentielle de minéralisation de l'azote du sol, en fonction de la fréquence de restitution des apports organiques et de la gestion des résidus de culture

		Fréquence des apports organiques exogènes						
		jamais	5-10 ans		3-4 ans		1-2 ans	
	Type de produit organique		A	B C	A	B C	A	B C
Résidus récolte	Enlevés -brûlés	0.80	0.95	0.90	1.00	0.95	1.05	1.00
	Enfouis 1 an/2	0.90	1.00	0.95	1.05	1.00	1.10	1.02
	Enfouis tous les ans	1.00	1.05	1.00	1.10	1.02	1.20	1.05

**A: PRO à décomposition lente**

**B et C: PRO à décomposition rapide**

## □ Valeur fertilisante azotée des produits résiduaux organiques (PRO) : enjeux futurs pour améliorer la gestion agro-environnementale

- Des progrès significatifs concernant la dynamique de minéralisation à court terme du N organique des PRO : premières applications opérationnelles
- Continuer à acquérir des connaissances :
  - sur les dynamiques de minéralisation à court et moyen terme, pertes de N,
  - sur les effets long terme des apports de PRO en interaction avec la MO du sol
- **Mieux prédire le devenir du N des PRO à partir de caractéristiques pertinentes (connaissance de la filière de production des PRO, analyses...), notamment accessibles par les agriculteurs ;**
- **Elaborer des outils opérationnels**
- Evaluer les incertitudes sur les prédictions (dose épandue, échantillonnage, fiabilité des modèles...) et essayer de les limiter