

# GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS : DIAPORAMAS DES INTERVENTIONS



# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER

B.Feschet, avec la collaboration de JP.Cohan, A.Bouthier, I.Félix, M.Mangin  
(Arvalis), L.Fourrié (Itab)



## Matière(s) organique(s) : un compartiment essentiel du fonctionnement du sol

**La matière organique, c'est schématiquement :**

- ❑ Un squelette carboné
- ❑ De l'azote sous des formes plus ou moins complexes et organisées
- ❑ La source d'azote principale pour toutes les espèces non fixatrices de l'azote atmosphérique
- ❑ Une dynamique globale d'évolution très lente
- ❑ Un ensemble de mieux en mieux caractérisé



**à l'œil nu :**

- au dessus du sol : couverts végétaux, résidus de culture
- dans le sol
  - racines vivantes
  - faune du sol (lombrics)
  - résidus végétaux
  - matières organiques non identifiables à l'œil = humus

Journée Technique : Bilan de dix années d'expérimentation en système biologique de grandes cultures sans élevage -16 juin 2010

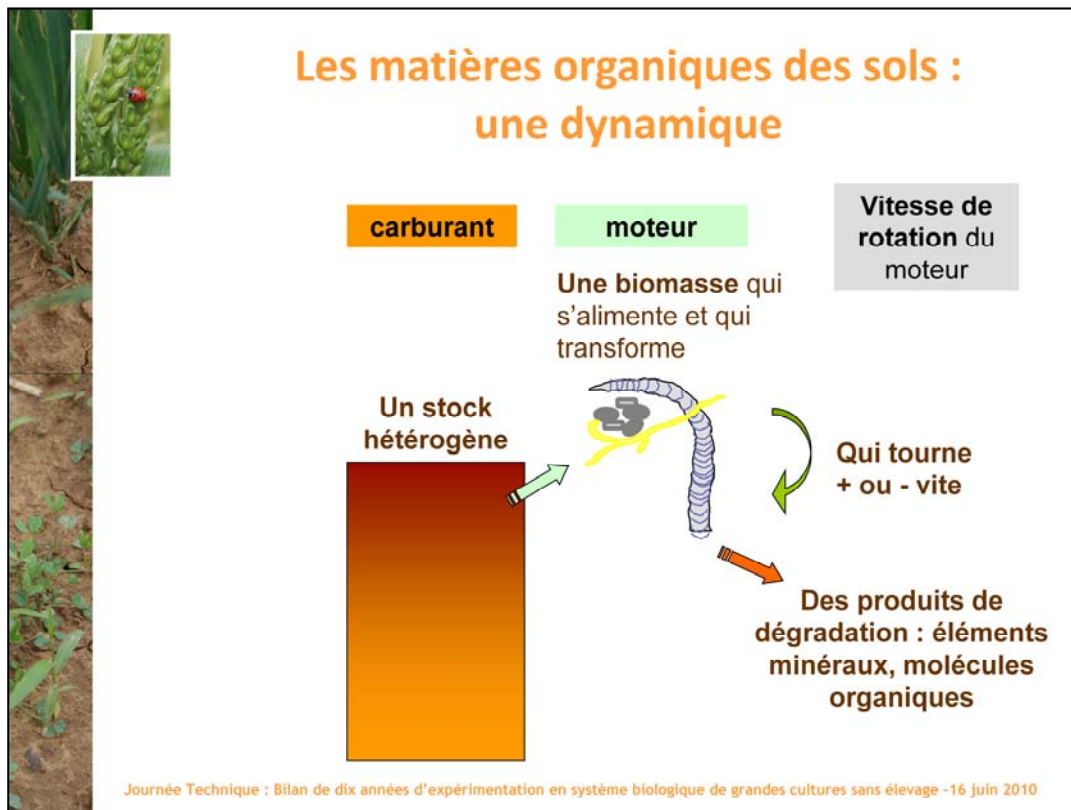
MO non visible à l'œil nu : micro-organismes du sol

Assemblages complexes à des niveaux variables, donc un ensemble d'une grande complexité

La nécessité de l'oxygène pour un certain nombre de micro-organismes et de processus fait que l'on considère généralement que seul l'horizon de surface est le siège des évolutions des résidus de culture et des différentes fractions de la MO

Ce qui n'exclut pas des transferts vers les horizons inférieurs

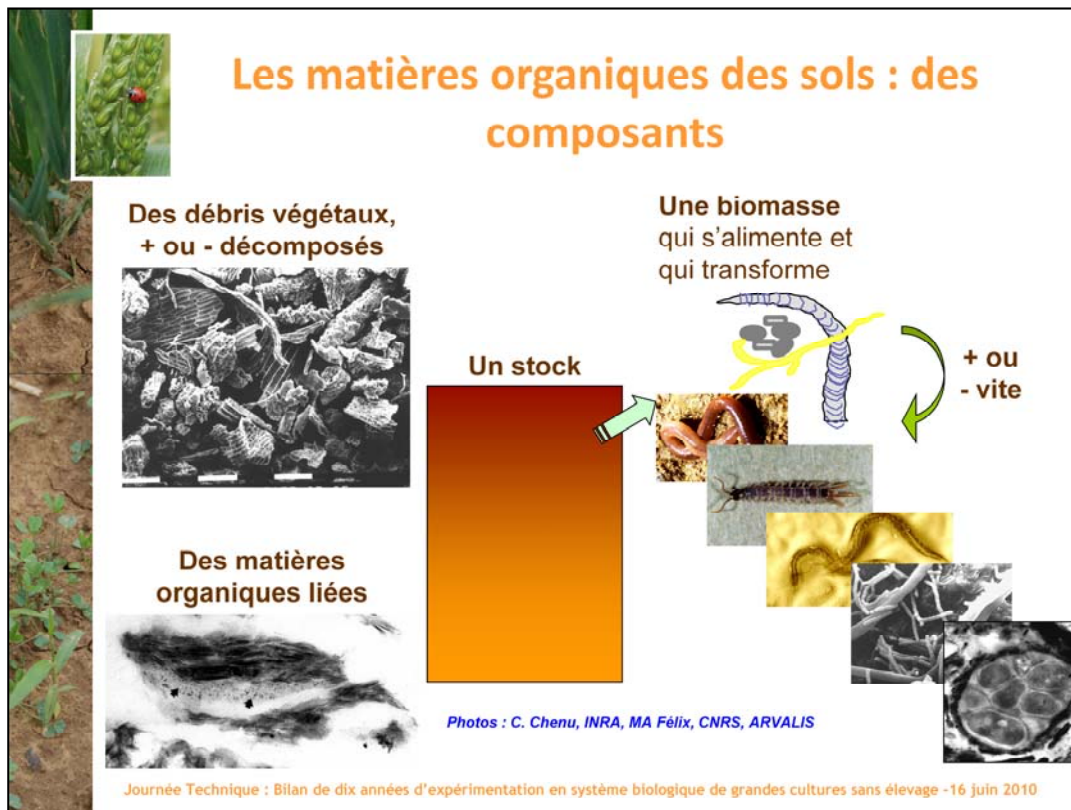
# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER



Schématiquement, un moteur, la biomasse microbienne et autres détritiphages, alimenté par du carburant, les différentes fractions de la matière organique, qui libère des produits de dégradation, allant de molécules complexes jusqu'à des éléments minéraux;

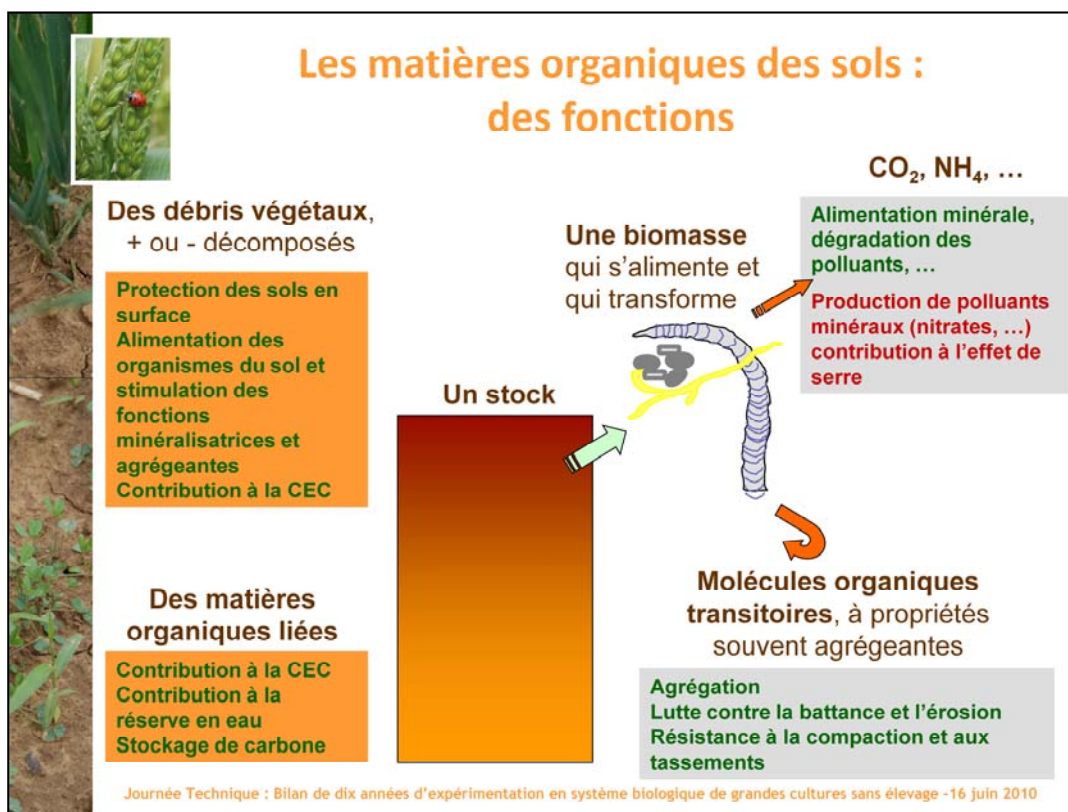
Entre les différents compartiments, la dynamique n'a pas forcément la même vitesse

# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER



Les photos au microscope à balayage électronique illustrent le résultat de cette évolution et la diminution constante de la taille des fractions résiduelles

# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER



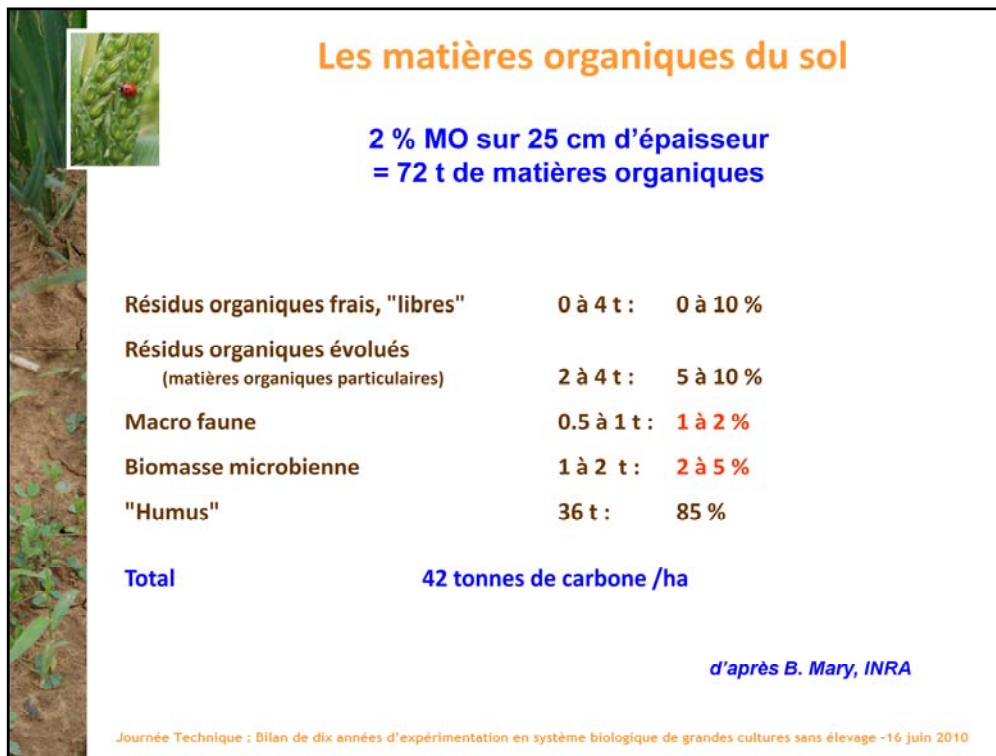
La MO cumule, en fonction des différentes fractions, des rôles différents :

Amélioration des propriétés physiques du sol, de la rétention d'eau, en surface comme en profondeur;

Fourniture d'éléments minéraux à la biomasse microbienne comme aux plantes cultivées et participation à l'augmentation du sol à stocker ces éléments minéraux à travers l'évolution de la CEC

Rejet de molécules potentiellement gaz à effet de serre, mais aussi piégeage du CO<sub>2</sub> atmosphérique incorporé dans les résidus de culture et les racines

# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER




Exemple de répartition des matières organiques dans un sol. Rappelons qu'un sol agricole comprend 3500 tonnes de terre à l'hectare sur 25 cm (3500 tonnes x 2 % de matière organique = 72 tonnes)

En sol agricole, la biomasse microbienne représenterait 2 fois plus en masse que la macrofaune

L'ensemble des formes transitoires ne représenterait qu'un sixième de l'ensemble du carbone présent dans le sol, avec un turn-over rapide puisque 1 à 2.5 % du stock global de carbone (humus compris) minéralisent tous les ans



# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER

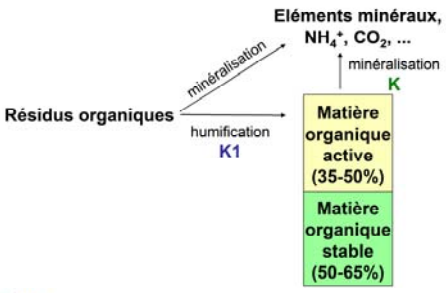


## Modéliser les évolutions des matières organiques

**Les enjeux :**

- ❑ Réaliser un bilan du carbone :  
maintien des propriétés agronomiques,  
stockage du CO<sub>2</sub> /effet de serre, ...)
- ❑ Prévion de la minéralisation de l'azote, bilan N, GES NO<sub>x</sub>, ...

*Exemple :*  
modèle Andriulo, Mary, Guérif, 1999



AMG : Andriulo, Mary et Guérif

Journée Technique : Bilan de dix années d'expérimentation en système biologique de grandes cultures sans élevage -16 juin 2010

Par rapport aux versions antérieures, et notamment le modèle Hénin-Dupuis, le modèle AMG distingue 2 compartiments de matière organique, l'un jugé actif, l'autre stable.

Il nécessite en clé d'entrée des précisions sur le volume et la nature des résidus de culture incorporés au sol

Il est en cours de révision, notamment pour la prise en compte des CIPAN et autres engrais verts

L'intérêt d'un modèle, c'est de pouvoir le faire tourner sur une longue période, pour voir à quel niveau pourrait se stabiliser un taux de MO en fonction de la rotation, du taux d'argile, et du taux de calcaire



# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER



## La matière organique sur l'essai de Dunière

**Rappels :**

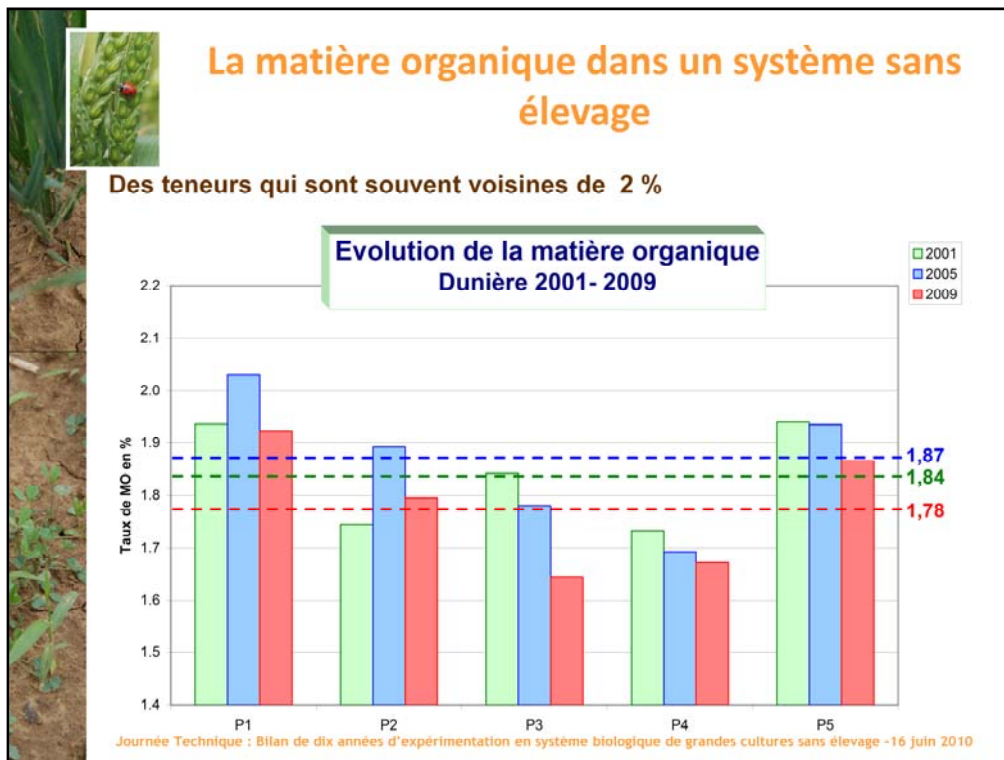
- ❑ Début de l'essai à l'automne 1999, avec 2 conduites
- ❑ Limon argilo sableux profond, à tendance basique
- ❑ Toutes les cultures sont présentes tous les ans
- ❑ Un bilan MO effectué en 2001, 2005 et 2009  
avec un complément 2010
- ❑ Essai sans élevage associé

Journée Technique : Bilan de dix années d'expérimentation en système biologique de grandes cultures sans élevage -16 juin 2010

Rappel : toutes les mesures ont été faites en fin d'hiver, sur des parcelles qui étaient à un état différent /rotation : aucune parcelle n'avait la même culture ou interculture en place lors des 3 séries d'analyse

On ne peut donc pas estimer à la parcelle l'effet de la culture en place et son évolution au cours du temps

# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER

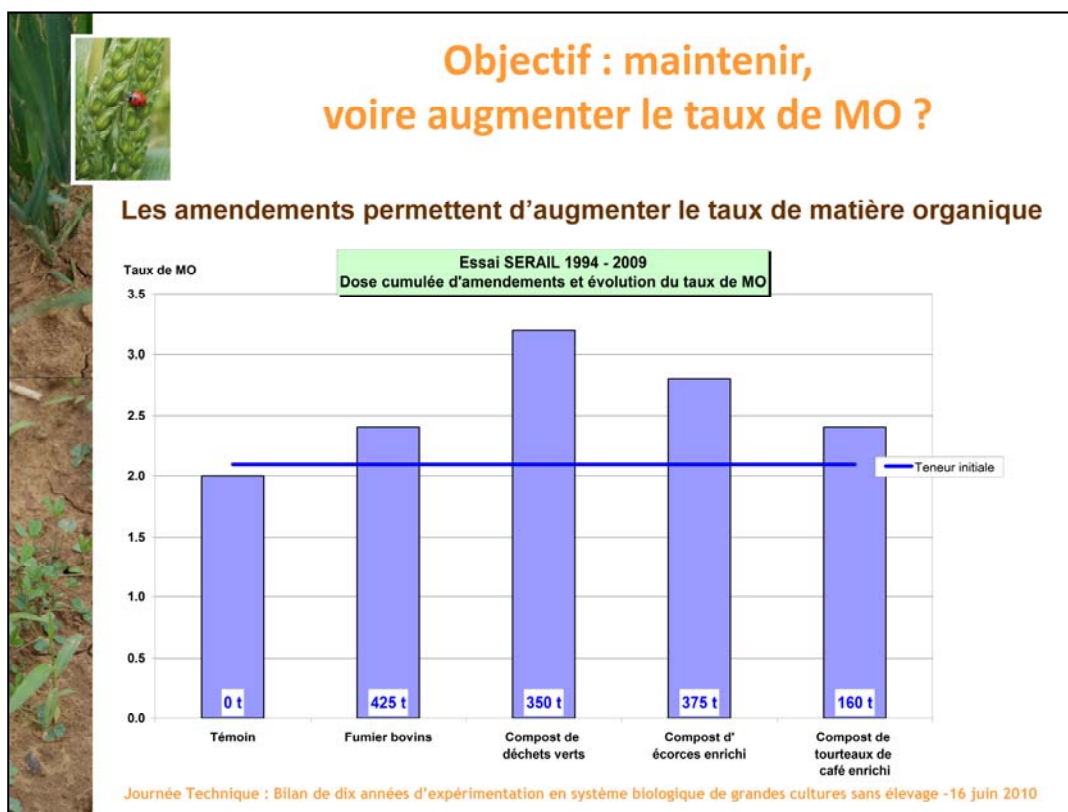


Sur la base de l'estimation classique de la MO à partir du carbone  $MO = C * 1.72$ , un niveau moyen sur l'essai, avec une variabilité entre années non significative compte tenu de la précision de la mesure du C Anne.

Evolution dans le temps non uniforme d'une parcelle à l'autre, à mettre là aussi au compte de la précision de la mesure ?

Mais taux de MO globalement stable, sans cultures de prairies, mais néanmoins avec dans l'assolement une luzerne porte graines qui dure entre 18 et 30 mois

# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER



La SERAIL conduit depuis 1994 un essai sur les effets de différents types d'amendements organiques sur les propriétés du sol.

L'essai est conduit sur des cultures maraîchères à Brindas dans le Rhône sur sol sablo argileux.

Les amendements apportés sont de 4 types : du fumier de bovin, du compost de déchets verts, du compost d'écorces enrichi (compost de bois et écorce de feuillus, enrichi de fumier de volaille, lisier et algues), et du compost de tourteaux de café enrichi (compost de tourteaux de café enrichi de fumier et chiquettes de mouton).

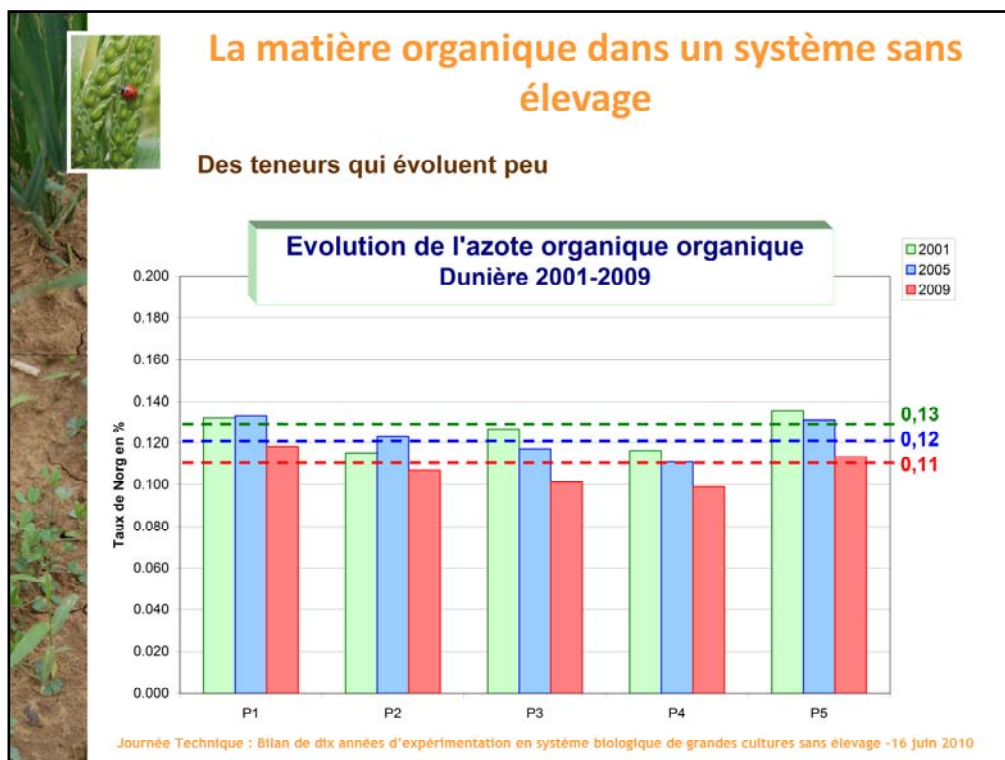
En absence d'apports exogènes, faible évolution du taux de MO dans le témoin.

Des apports classiques de fumier de bovin (30 t /an) ne font que peu évoluer le taux, contrairement au compost de déchets verts (qui est celui qui a l'Indice de Stabilité Biologique le plus élevé)

Dans ce système de culture, la stimulation de la biomasse microbienne comme de la minéralisation de l'azote n'est pas sensiblement différente entre les différents produits, et légèrement supérieure seulement à celles du témoin,

**En grandes cultures, sans élevage, il est illusoire de penser à augmenter le taux de MO !**

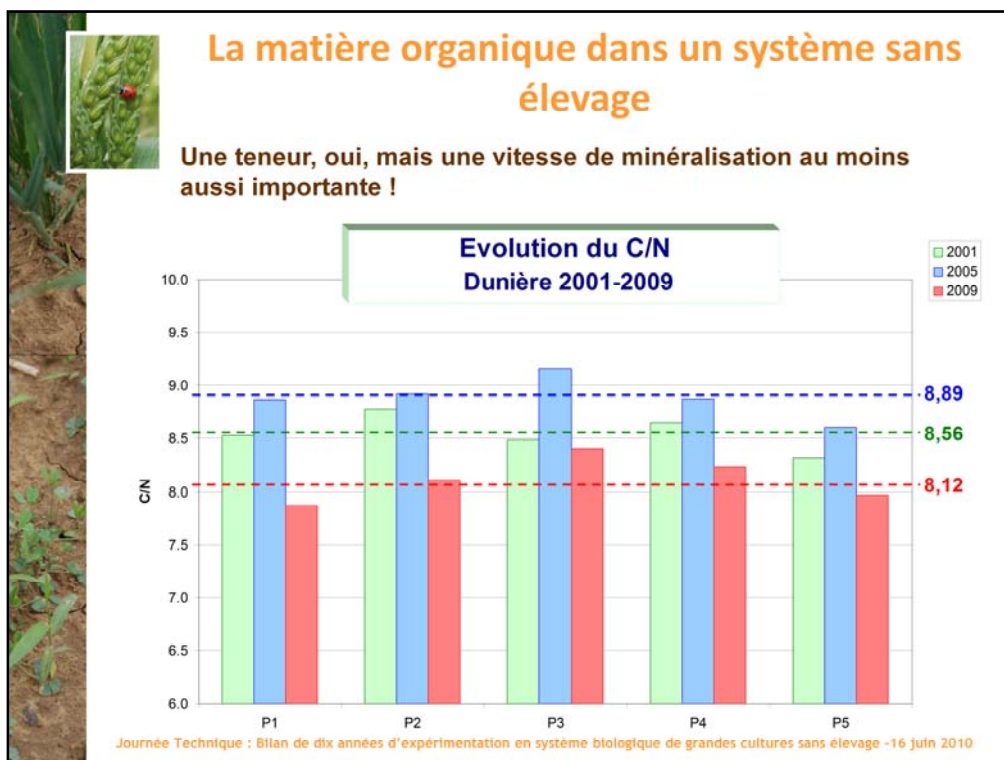
# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER



Les différences de teneur moyenne sont très faibles et non significatives

Elles ne sont pas sensiblement différentes de ce qui est constaté sur d'autres sites d'essais de longue durée

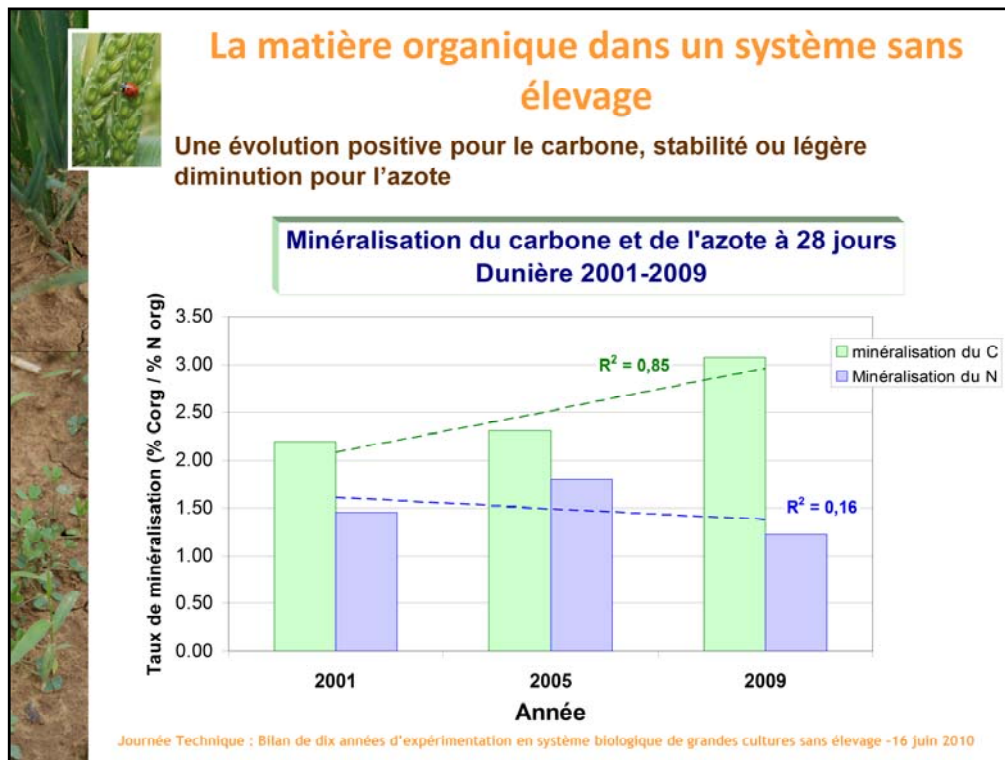
# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER



Un C/N bas, généralement considéré comme le signe d'une minéralisation rapide, et qui tend à baisser, donc une tendance à accélérer la vitesse de minéralisation

L'évolution est sensiblement uniforme sur l'ensemble du dispositif

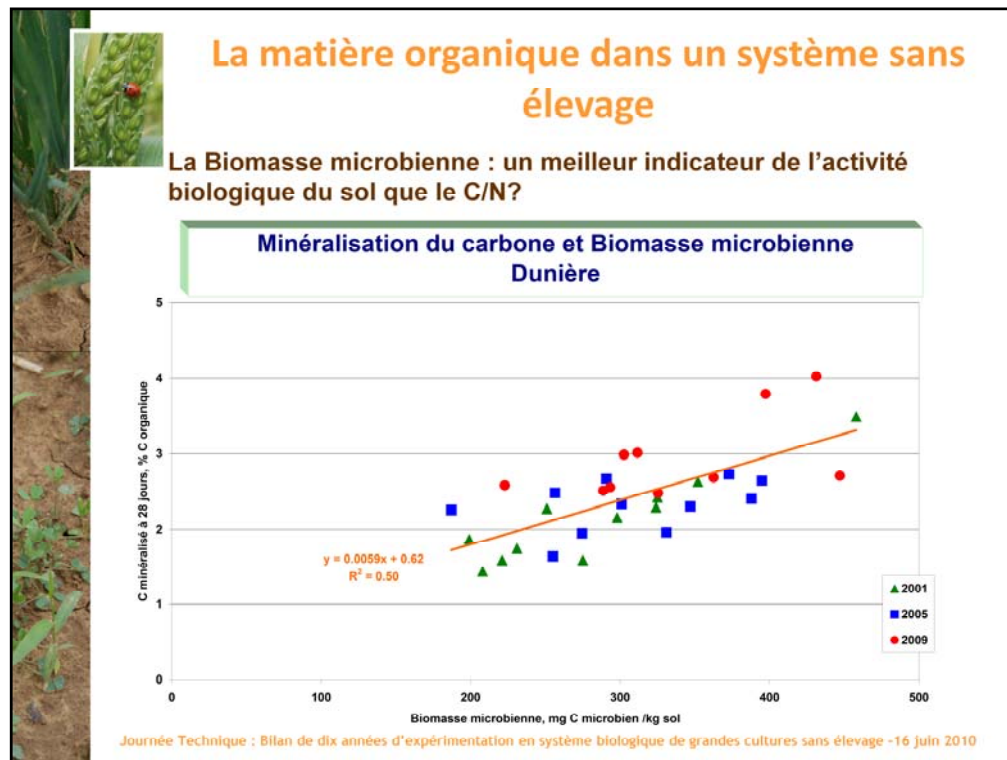
# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER



Au final, évolution sensible et positive de la minéralisation du carbone  
Evolution nulle ou faiblement négative de la minéralisation de l'azote



# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER



La biomasse microbienne : évaluée par un dosage de C après fumigation, elle se veut représenter la partie active de la MO : champignons, bactéries, microarthropodes, ... qui contribuent aux premières dégradations des molécules organiques

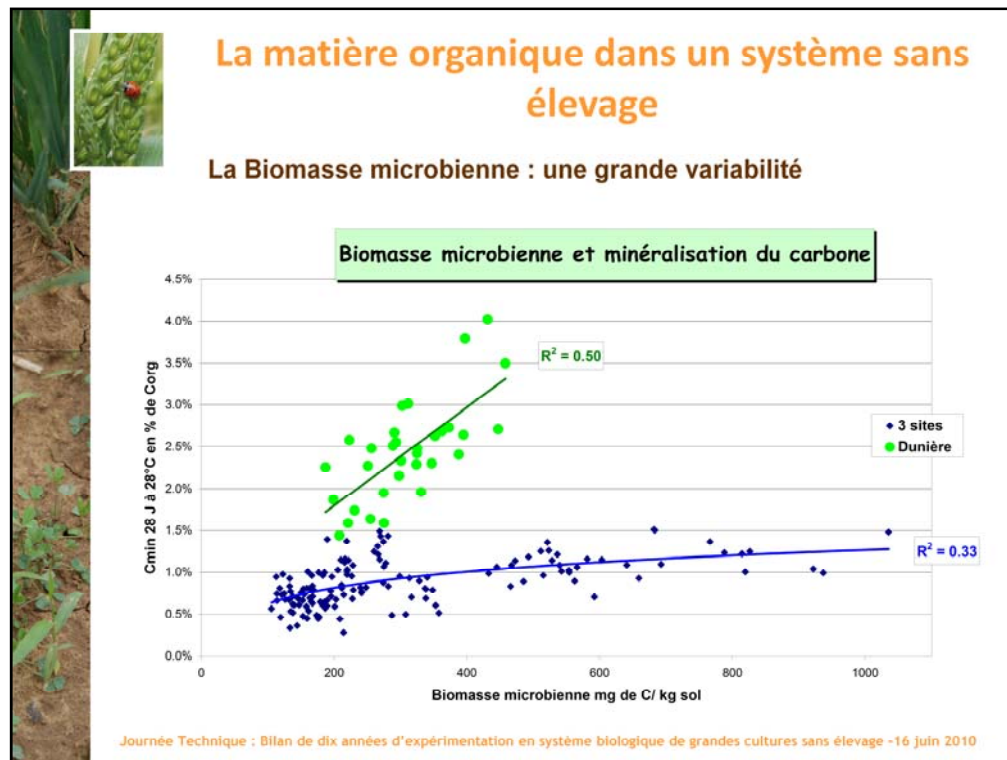
On dispose ici de l'estimation de la biomasse microbienne aux 3 dates, elle a tendance à croître au cours du temps

Parallèlement, l'estimation de la minéralisation du Carbone corrobore l'analyse grossière à partir du C/N

On peut donc avancer l'hypothèse que, en sol à tendance basique, les vitesses élevées de minéralisation du Carbone sont liées à une augmentation de la biomasse microbienne



# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER

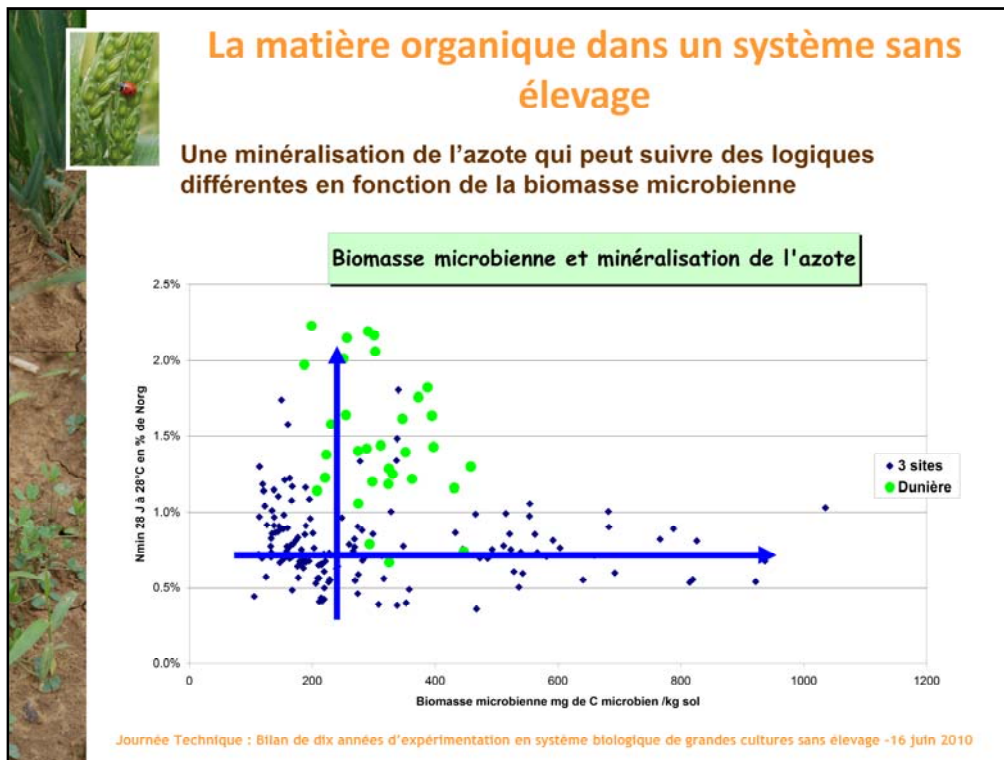


La mise en comparaison des données de Dunière et de 3 essais de suivi de PRO, 1 en conventionnel et sous maïs, les 2 autres en AB, dont l'un avec élevage bovin, ne permet pas de fusionner les nuages de points

La situation avec élevage, dans des sols à tendance acide, autorise une biomasse parfois très élevée, sans permettre une minéralisation importante du Carbone.

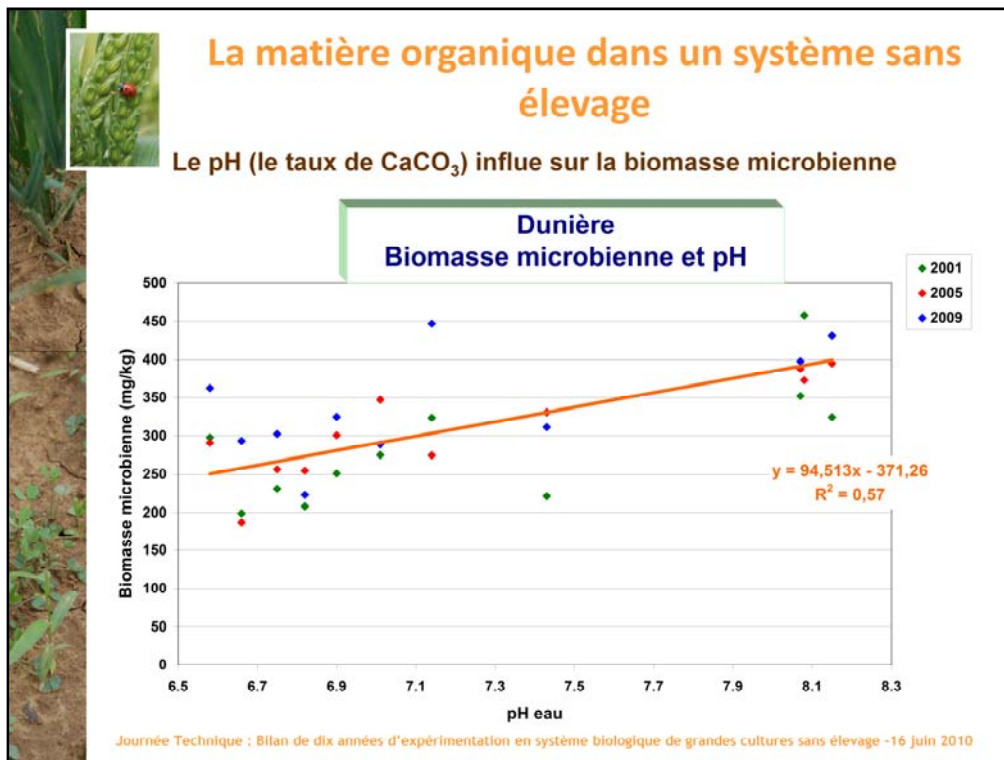
Les deux autres sites présentent une meilleure continuité avec les points constatés à Dunière, mais à des niveaux bas de biomasse et de minéralisation

# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER



Pour l'azote, le rapprochement des 4 essais montre là aussi 2 tendances, qui vont néanmoins toutes les deux vers la même conclusion : la minéralisation de l'azote ne semble pas liée à la biomasse microbienne déterminée à l'instant t

# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER

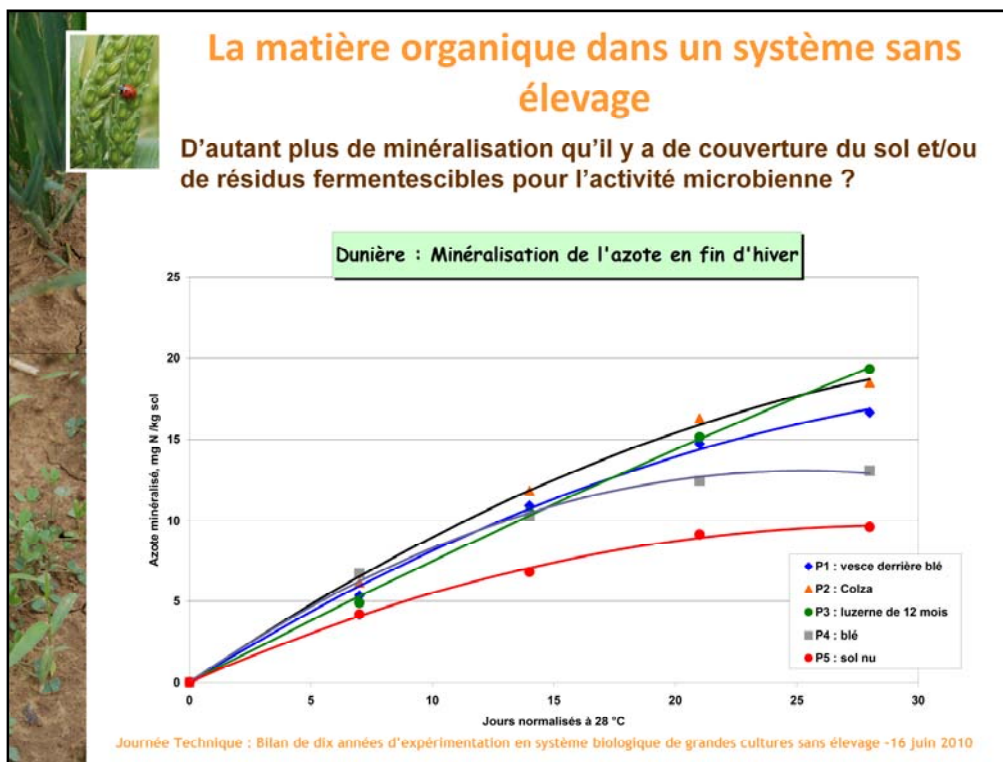


En sus de l'occupation du sol à un instant donné, ne pas oublier que le taux de calcaire est variable sur le dispositif, avec des variations conséquentes du pH eau, et que cela conditionne pour partie le niveau moyen de biomasse microbienne

La bibliographie indique qu'il peut en être de même avec des variations de teneur en argile

De façon générale la biomasse microbienne (taille et activité) est influencée par les conditions pédoclimatiques, et elle fluctue au cours du temps, au moins sous l'influence des résidus fermentescibles disponibles pour satisfaire ses besoins en Carbone et autres nutriments

# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER



Les données de suivi d'incubation montrent 3 niveaux pour la biomasse mesurée fin février 2009 :

Un niveau bas en sol nu (interculture entre maïs et soja);

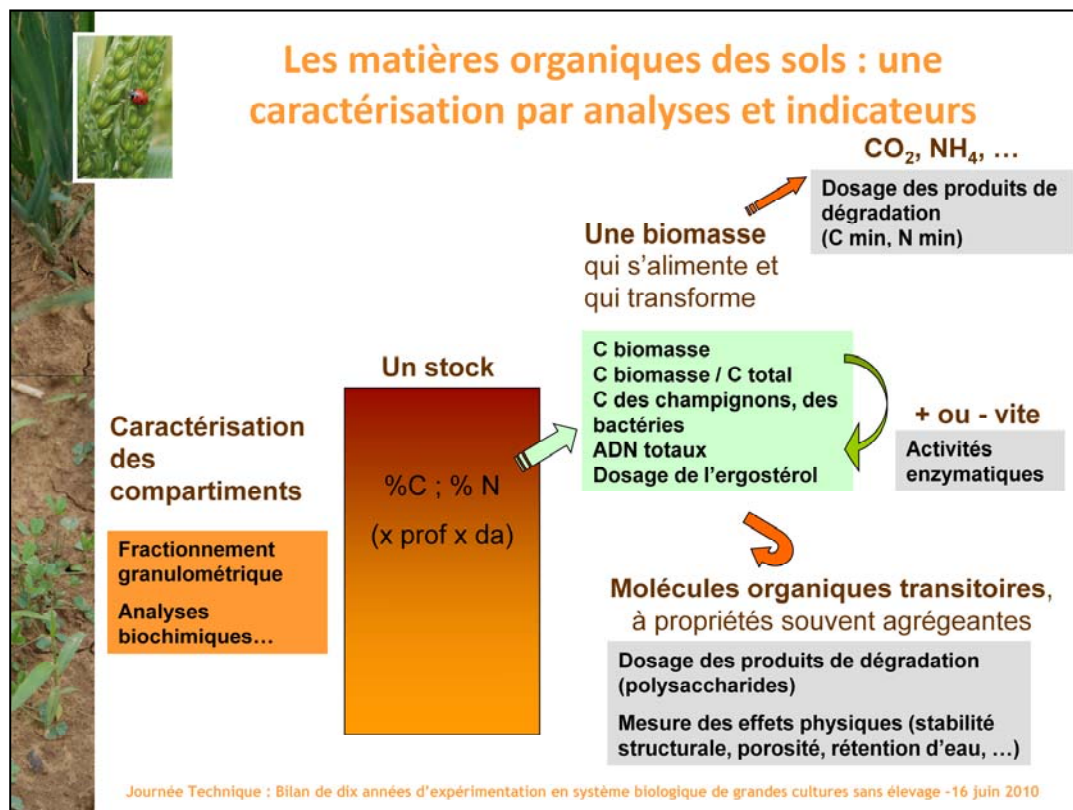
Un niveau moyen sous blé, qui n'a développé à cette date qu'une faible quantité de matière sèche (semis de décembre!)

Un niveau plus élevé et comparable pour les 3 parcelles avec un fort développement des plantes :

- Interculture de vesce entre blé et maïs,
- Colza implanté fin août,
- Luzerne semée sous blé en mars 2008.

Effet plus lié au volume de végétation (aux résidus) qu'à la nature de la végétation ?

# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER



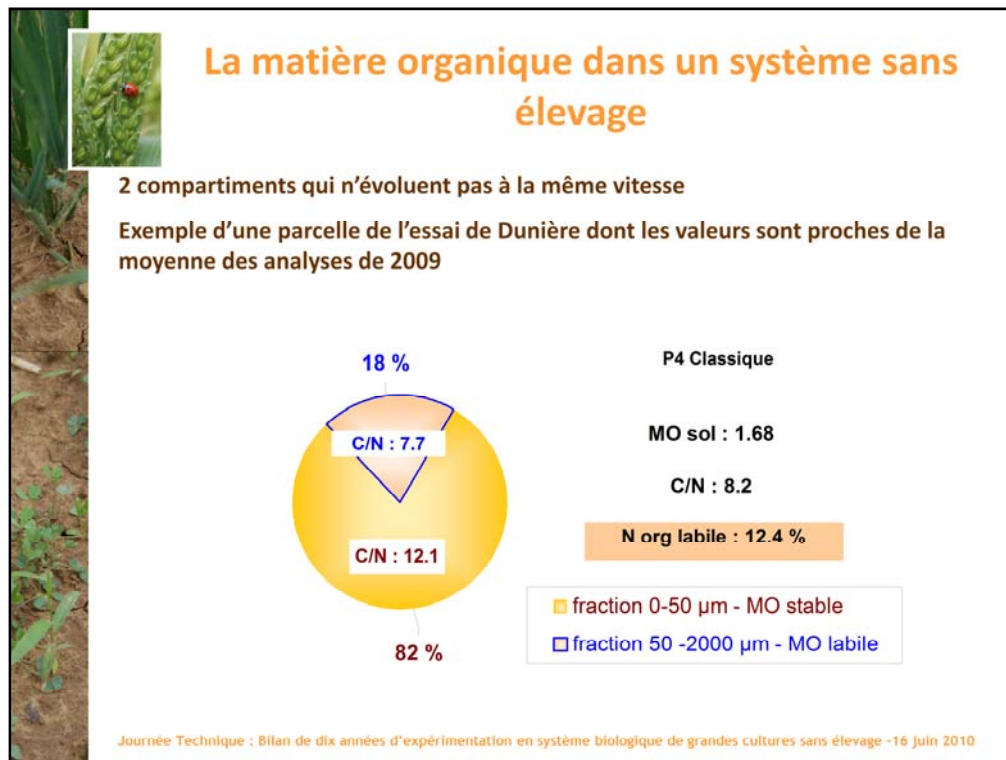
En s'en tenant strictement à une approche physico chimique :

Des mesures simples de type fractionnement granulométrique,

Des mesures biochimiques permettant d'accéder au C/N, à l'ISB, ...mais aussi à la biomasse microbienne, à la vitesse de minéralisation, au taux de renouvellement de la biomasse, ...

Des mesures plus fines visant à quantifier une activité microbienne ou mycorhizienne : ADN, ergostérol, ...

# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER



Exemple d'un fractionnement granulométrique avec caractérisation des 2 compartiments



La fraction la plus fine est considérée comme stable, et son C/N est assez élevé

La fraction plus légère représente moins de 20 % du total, et son C/N est très faible, signe d'un turn-over rapide.

Ce compartiment qui représente dans l'exemple 18 % du carbone ne représente que 12 % de l'azote organique



# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER



## La matière organique : méthodes de caractérisation

**L'indice de stabilité biologique (ISB)**

Permet de mesurer la stabilité des produits organiques apportés

Il est estimé via une combinaison de différentes fractions dosées par voie biochimique : cellulose, hémicellulose, lignine et cutines.

A priori, plus l'ISB est élevé meilleur est le produit (ISB faible = produit stable)

**L'indice de stabilité de la matière organique (ISMO)**

Reprend les analyses précédentes, et est estimé en prenant en compte en plus une valeur de minéralisation du carbone en conditions contrôlées (à J3)

$$\text{ISMO} = 44.5 + 0.5 \text{ SOL} - 0.2 \text{ CEL} + 0.7 \text{ LIC} - 2.3 \text{ MinC}_3$$


On espère obtenir ainsi une meilleure prédiction du comportement au champ des MO exogènes épandues et mieux représenter leur évolution

*Source : R. Chaussod, S. Houot et al*

Journée Technique : Bilan de dix années d'expérimentation en système biologique de grandes cultures sans élevage -16 juin 2010



# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER



**La matière organique :  
méthodes de caractérisation**

**Les activités enzymatiques**

L'activité et la présence d'êtres vivants dans le sol conduisent à la synthèse d'enzymes : oxydo-réductases, hydrolases, ...

Ces enzymes sont absorbées sur les parois des microbes, sur les particules d'argiles ou présentes sous forme de polymères avec des substances humiques.

**Des méthodes de mesures simples et peu coûteuses**

- Oxydo-réductase : enzyme respiratoire, forte variabilité en fonction des conditions opératoires, mesure de la formation d'oxygène
- Hydrolase : regroupe un grand nombre d'enzymes, (mesure de l'hydrolyse FDA)

**Limites des analyses**

- pratiquées en conditions standard loin des conditions *in situ*
- spécificité très étroite

➔ **difficultés d'interprétations des mesures et de leur utilisation**

Source : Itab, 2002

Journée Technique : Bilan de dix années d'expérimentation en système biologique de grandes cultures sans élevage -16 juin 2010



Mesures effectuées depuis près de 50 ans

Les enzymes sont produites par les micro-organismes ou les racines des plantes.

Les hydrolases regroupent un grand nombre d'enzymes (cellulases, phosphatases...) souvent impliquées dans des transformations d'intérêts agronomiques.

FDA: diacétate de fluorescéine

# LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS UN SYSTÈME BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : STATUT, ÉVOLUTION, MOYENS POUR L'APPRÉCIER



## La matière organique : méthodes de caractérisation

### Le dosage d'ADN

On amplifie de l'ARN par PCR, puis dosage en comparaison à une gamme de référence

Seul 10% des micro-organismes du sols sont connus

L'étude de l'ADN microbien n'en est qu'à ses débuts mais représente quelque chose de prometteur

Fait immerger de nouvelles questions :

- influence de la diversité microbienne ?
- Influence de l'environnement sur les populations microbiennes ? ...


Source : R. Chaussod, JF. Vian

Journée Technique : Bilan de dix années d'expérimentation en système biologique de grandes cultures sans élevage -16 juin 2010

Mesure non accessible en routine

# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS

M. Mangin, avec la collaboration de JP. Cohan, P. Castillon, B. Feschet  
(Arvalis), L. Fourrié (Itab)

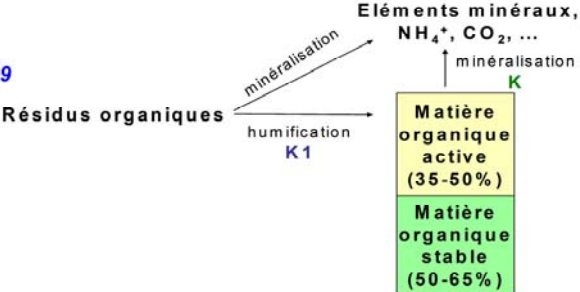


## Azote : le facteur clé du rendement (de la qualité)

L'azote mis à disposition des cultures provient :

- ❑ de la minéralisation de l'azote du sol,
- ❑ de l'effet des résidus des précédents,
- ❑ d'apports complémentaires éventuels, engrais organiques ou Produits Résiduaire Organiques, dont la proportion susceptible de minéraliser rapidement sous l'effet de la température et de l'humidité du sol est variable.

*Andriulo, Mary, Guérif, 1999*

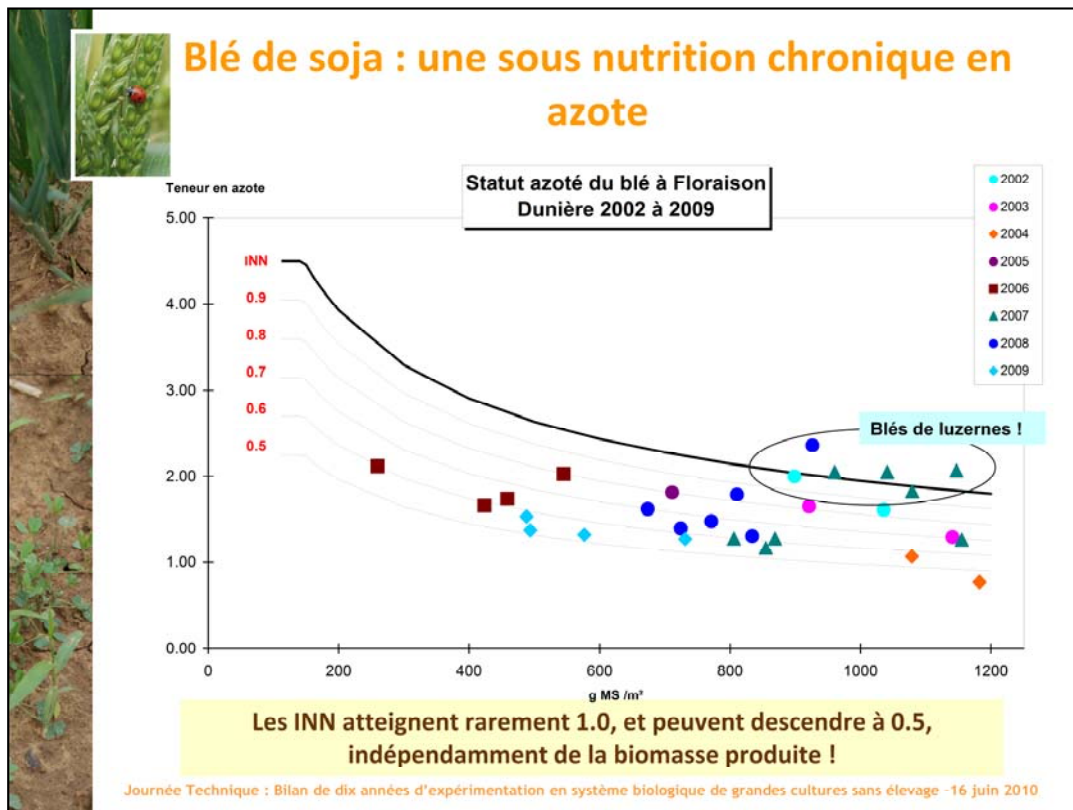


AMG : Andriulo, Mary et Guérif

Journée Technique : Bilan de dix années d'expérimentation en système biologique de grandes cultures sans élevage -16 juin 2010

On ne maîtrise pas la vitesse d'évolution des différents postes de fournitures !

# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS



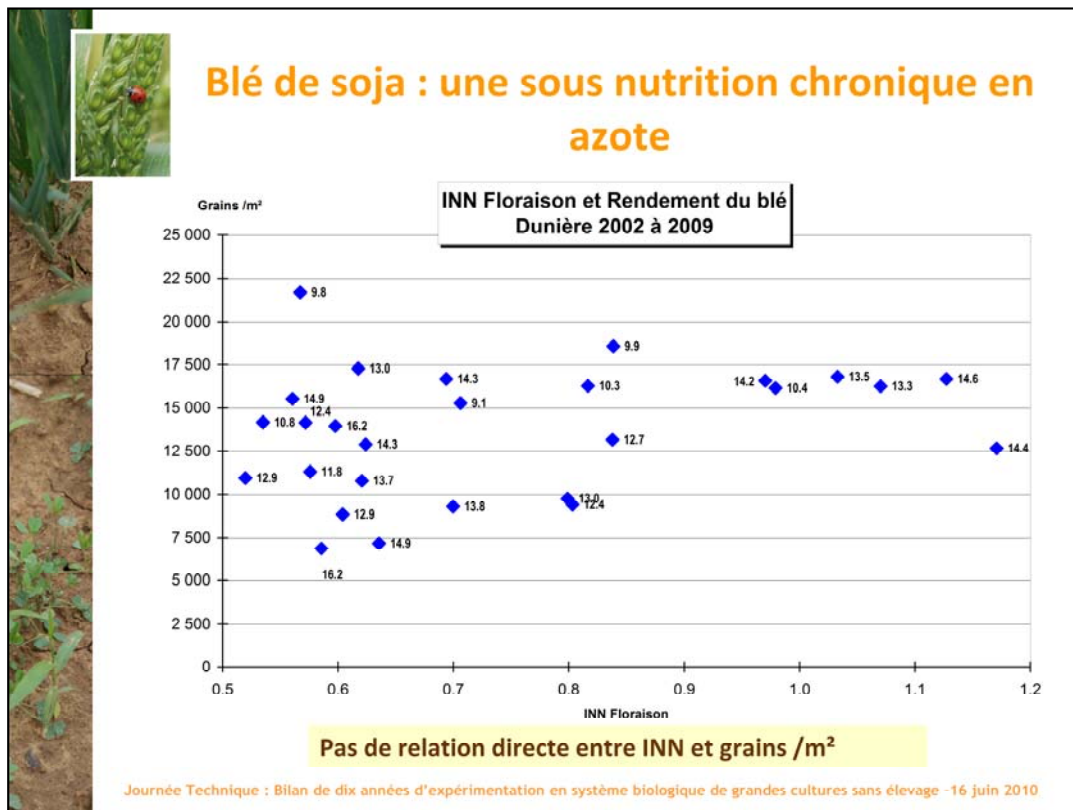
L'Indice de Nutrition Azotée (INN) est le rapport, pour une biomasse donnée, entre une teneur en azote « idéale » et une teneur constatée.

Tous les ans nous avons suivi un blé de soja, qui a reçu un apport de farine de plumes à entre Sortie Dernière Feuille et épiaison, pour favoriser la protéine.

Les Reliquats Sortie Hiver sont normaux à élevés (comparativement aux cultures conventionnelles les mêmes années), mais ce qui surprend le plus dans le fonctionnement de la culture, c'est la contradiction entre un faible INN et un Reliquat Post Récolte élevé : 7 années sur 9, le RPR est sensiblement plus élevé que les 35 unités que nous retenons pour ce type de sol.

Rappel des blés de luzerne : luzerne défrichée en août, semis successifs de colza, puis abandon de la culture et remplacement par un blé : minéralisation des résidus de luzerne amorcée à l'automne

# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS



Conduite azotée assez standardisée sur la période :

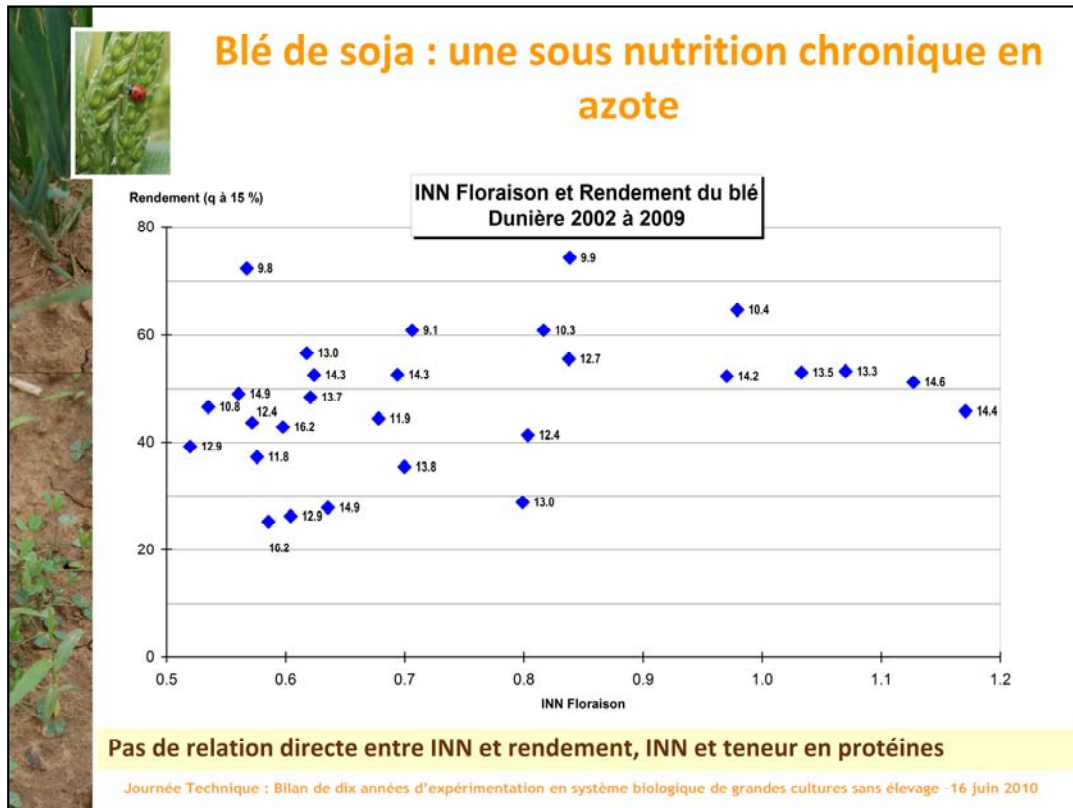
Farine de plume apportée en couverture de SDF à Epiaison, accompagnée d'une irrigation en absence de pluie.

Pénalisation du rendement mais maximisation de la protéine (inclut aussi densité de semis et choix variétal)

Fin de végétation, accidents type maladies peuvent contribuer à réduire le rendement et limiter la dilution de l'azote du grain



# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS



Conduite azotée assez standardisée sur la période :

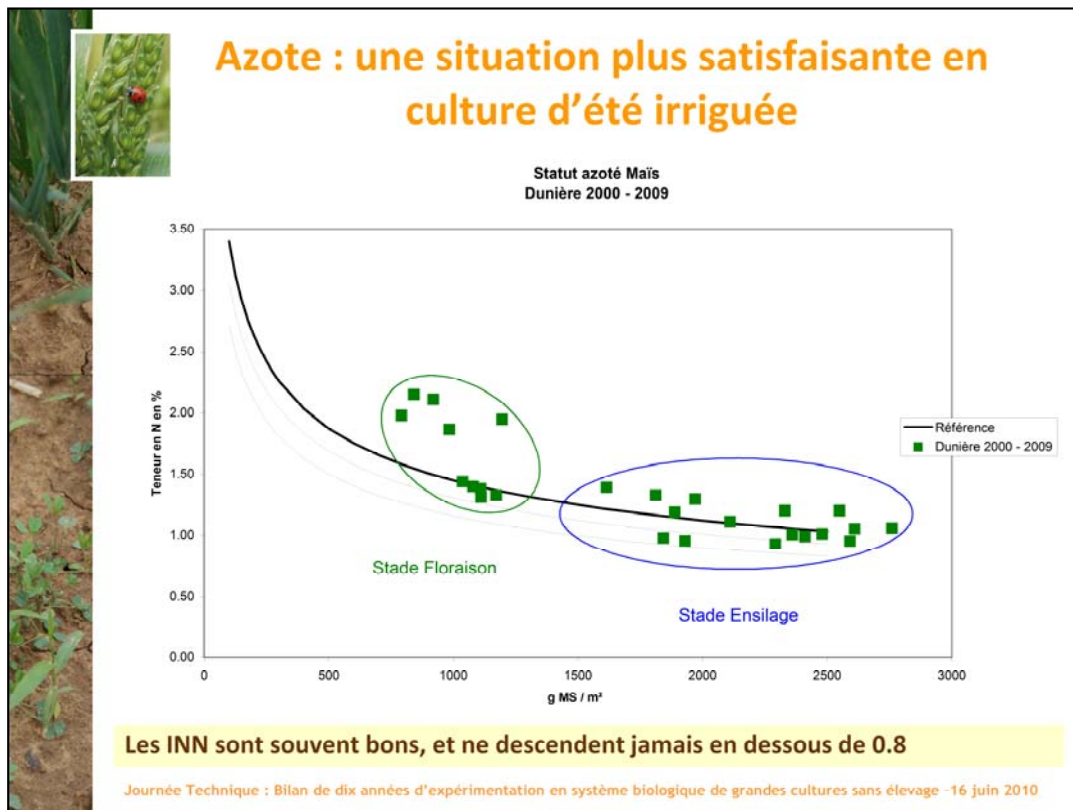
Farine de plume apportée en couverture de SDF à Epiaison, accompagnée d'une irrigation en absence de pluie.

Pénalisation du rendement mais maximisation de la protéine (inclus aussi densité de semis et choix variétal)

Fin de végétation, accidents type maladies peuvent contribuer à réduire le rendement et limiter la dilution de l'azote : le même graphique réalisé avec le nombre de grains /m<sup>2</sup> n'amène pas d'information plus pertinente sur la liaison avec l'INN

On ne peut pas exclure une minéralisation trop tardive des nodosités du soja et/ou l'effet de la minéralisation tardive de la fraction de farine de plumes qui minéralise lentement

# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS



Irrigation + dose d'azote plus élevée (sauf en précédent luzerne au début de l'essai) expliquent sans doute un INN satisfaisant

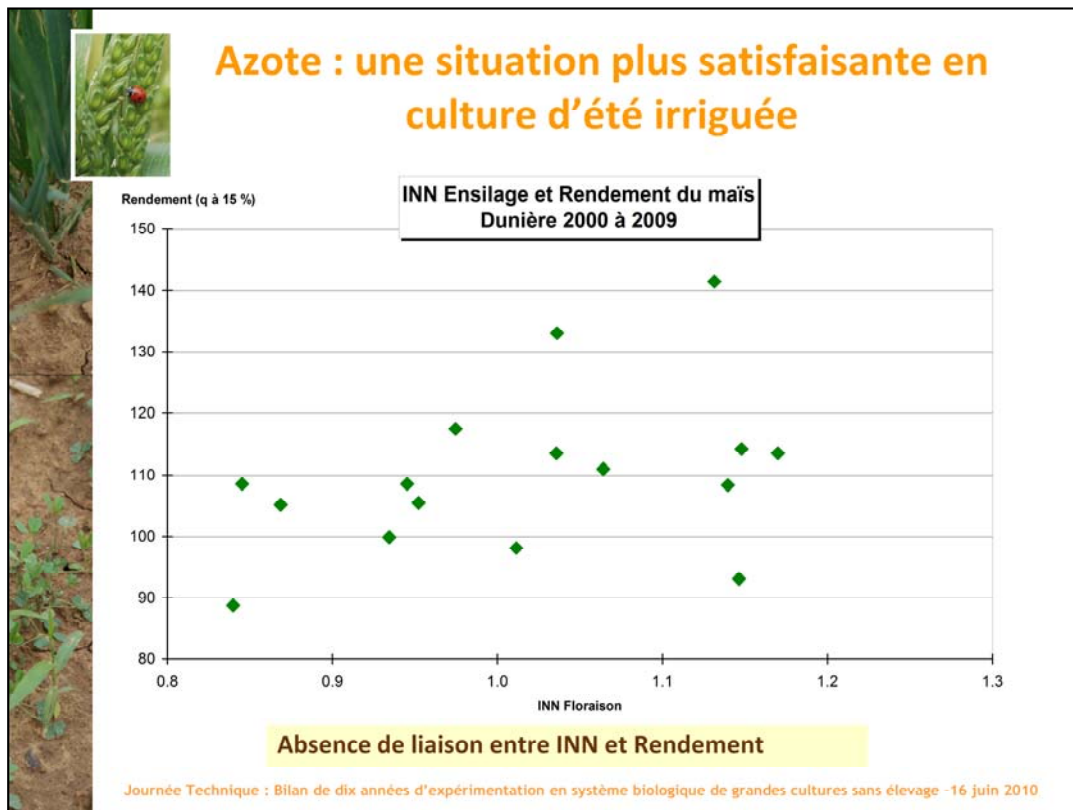
Pas de problème parasitaire notable à la différence du blé (contrôle de la pyrale via des trichogrammes)

**La dose d'apport d'azote a varié au cours du temps :**

- 2002 : 180 N
- 2003 : 210 N
- 2004, 2005, 2006 : 0 N (derrière luzerne)
- 2007 : 125 N
- 2008 : 0 N, antécédent luzerne et fort reliquat au semis du maïs
- 2009 : 165 N



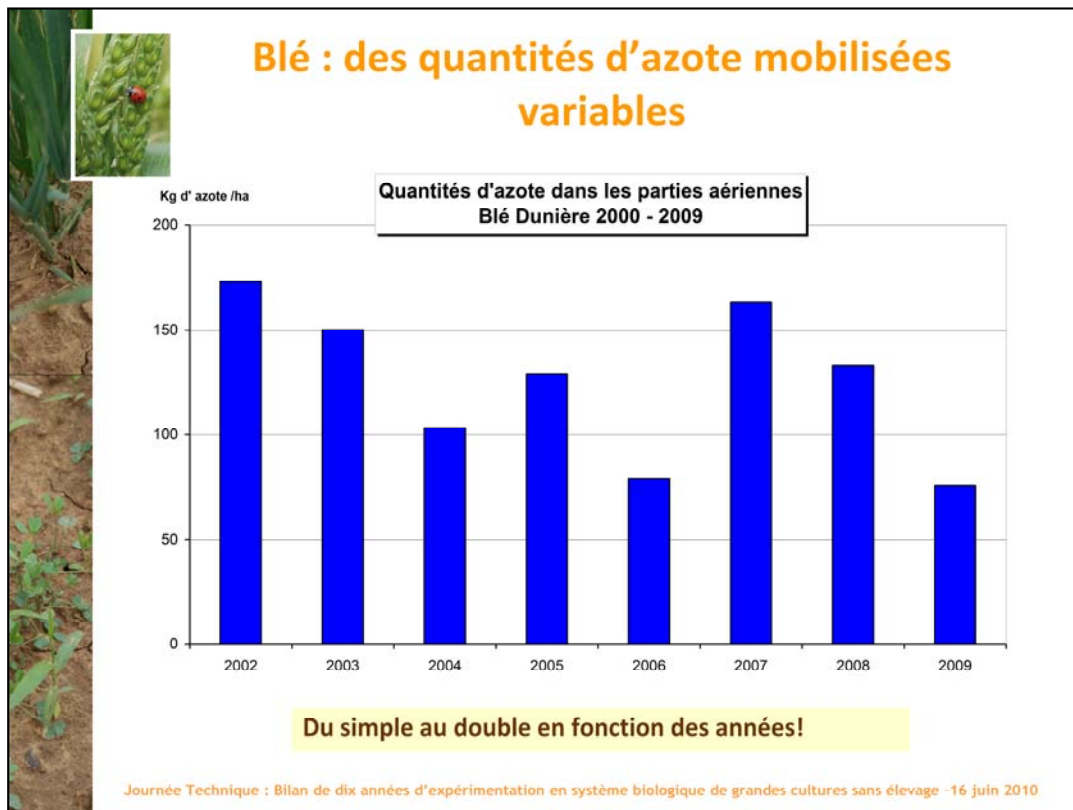
# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS



Rendement élevé en conduite irriguée, et plutôt stable autour de la moyenne

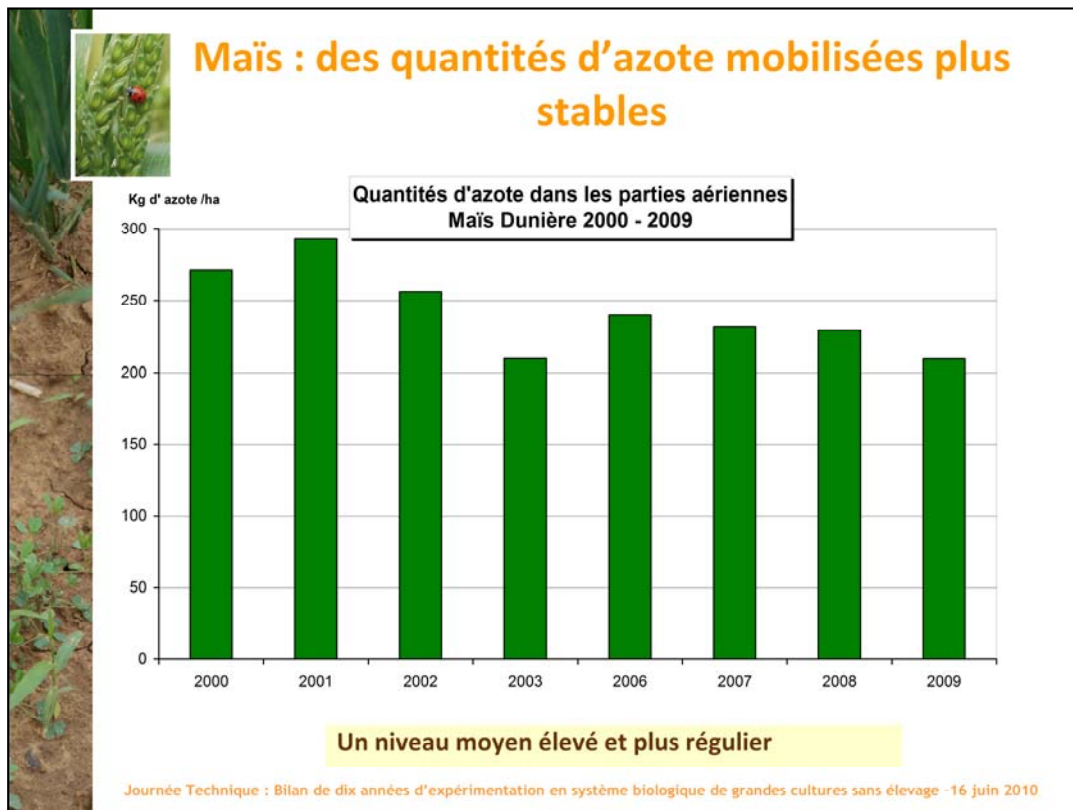
La ressource en semences de maïs bio étant très limitée, la variabilité génétique sur le maïs est au moins équivalente à celle du blé, et n'explique pas à elle seule (via le rendement) la variabilité constatée dans le graphique ci-dessus

# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS



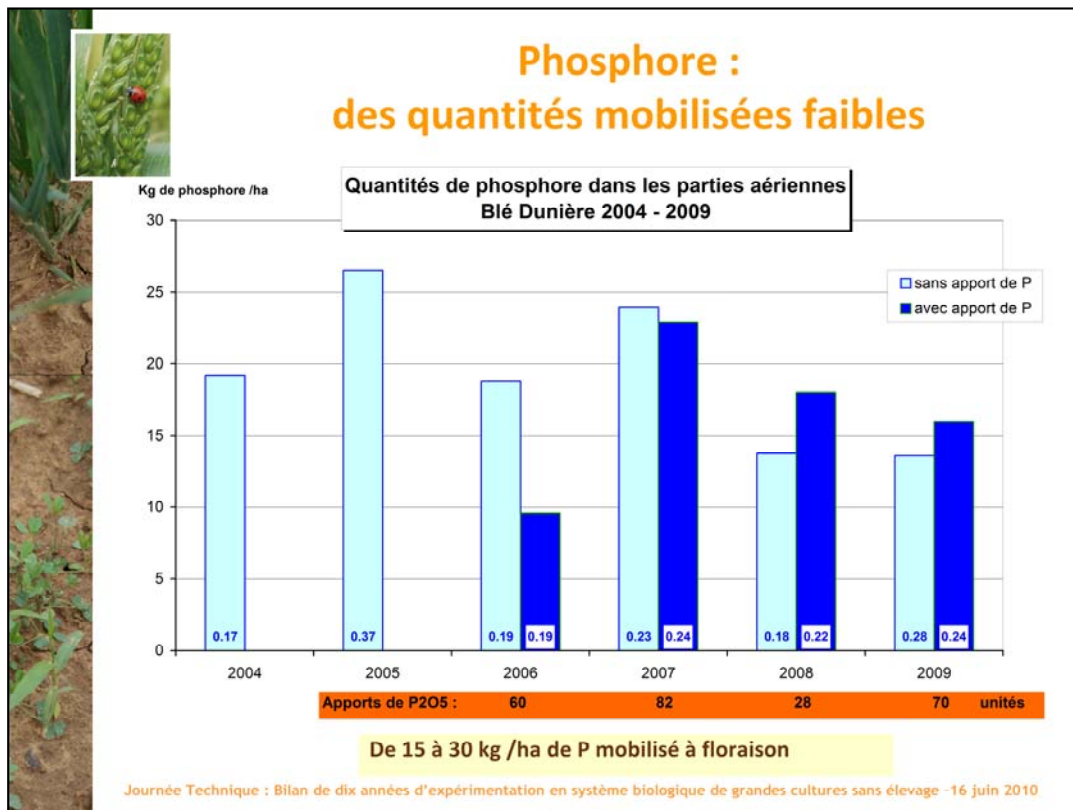
Variabilité de l'INN, variabilité de l'azote mobilisé (dans les parties aériennes) à floraison du blé (20 mai)

# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS



Stabilité assez grande de l'azote mobilisé, évalué fin août – début septembre au stade ensilage

# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS



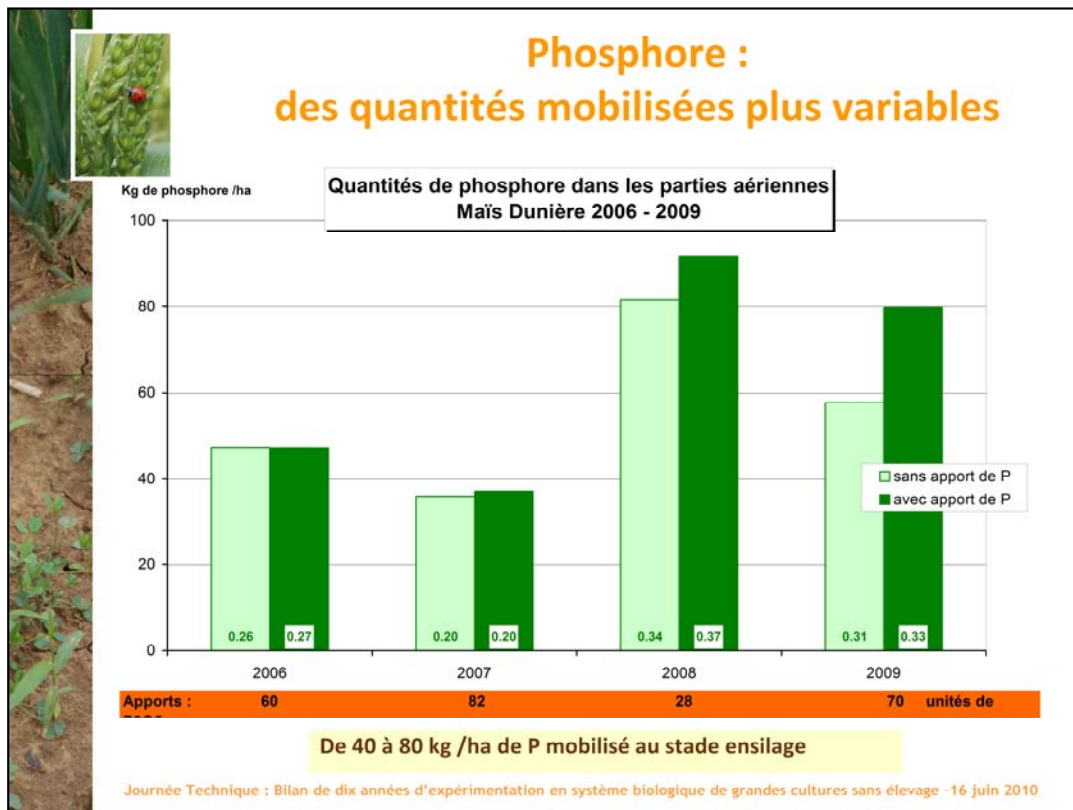
On parle bien ici en **élément P**.

Faibles quantités mobilisées à la récolte, et pas d'effet net des apports sur 4 ans (il en est de même pour le rendement ou l'appréciation de la qualité)

Apports en mars (pour éviter les risques de rétrogradation compte tenu du caractère calcaire des sols) de P soluble sous forme de farine d'arêtes de poisson (2006), soies de porc ou guano les 3 autres années, donc avec apports concomitants d'azote pour ces deux dernières formes, qui ont augmenté un peu la fourniture d'azote à la culture.

Le P exporté par les grains varie de 10 à 30 unités suivant les années, sans liaison avec la conduite P

# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS



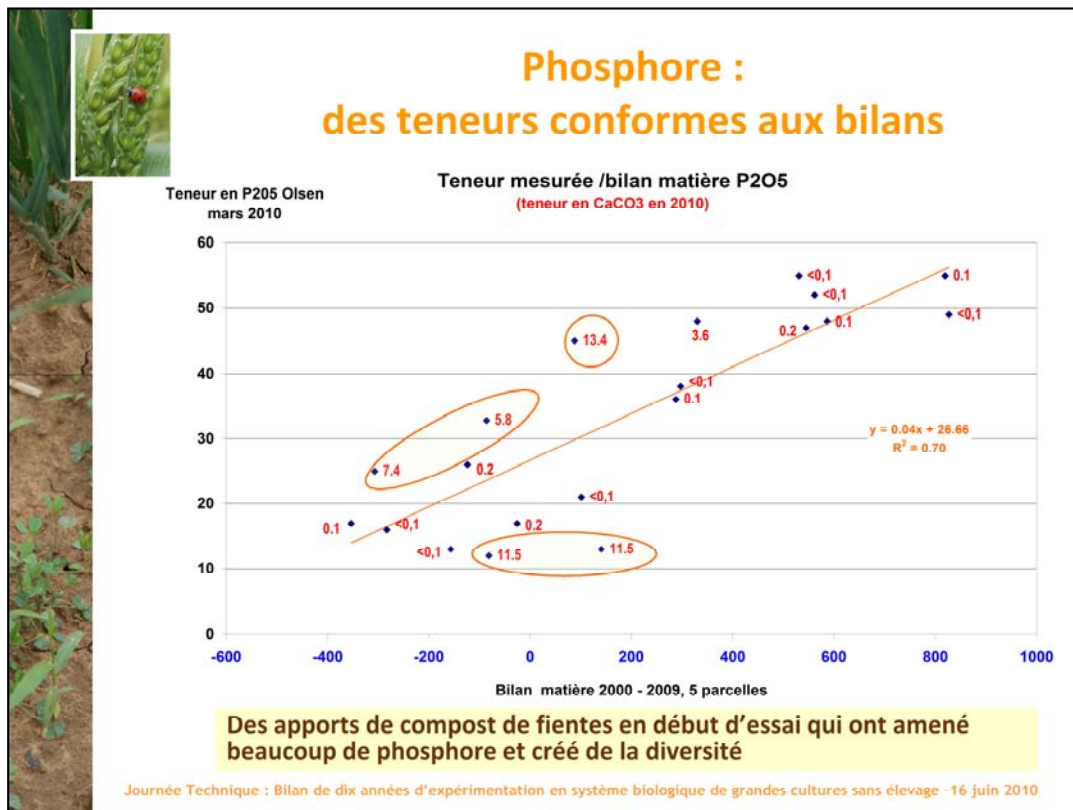
On parle bien ici **en élément P**.

Des quantités mobilisées à la récolte plus élevées, en relation avec le rendement, mais pas d'effet net des apports des 4 années sur le rendement.

Même augmentation de la fertilisation azotée qu'en blé pour la partie où il y a eu apport de P.

Le P exporté par les grains varie de 15 à 45 unités suivant les années, sans liaison avec la conduite P

# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS




1ère période de l'essai : utilisation de compost de fientes pour la moitié de l'essai, et recours à des engrais azotés organiques pour l'autre moitié, engrais ne contenant pas ou très peu de phosphore : des apports élevés de phosphore, avec de 1 à 4 années d'apports successifs de composts suivant les parcelles ont conduit à des bilans matière très différenciés.

Le contrôle en P Olsen réalisé sur l'ensemble du dispositif en mars 2010 est assez bien corrélé avec le bilan matière, même si la teneur en calcaire perturbe un peu la relation

On ne peut rien conclure de façon définitive de la comparaison bilan – évolution des teneurs si ce n'est que la hiérarchie des parcelles ne diffère pas sur les deux critères



# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS



**Doses de phosphore**

L'essai longue durée INRA d'Auzeville, avec des niveaux de fumure bas, et des rendements moyens acceptables en AB montre que :

On peut maintenir un niveau de production correcte, et laisser les teneurs du sol à l'identique pour un apport annuel de **40 à 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /ha /an (forme soluble)**, suivant la teneur en calcaire

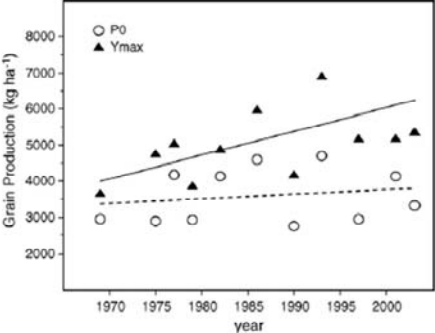
La tolérance aux non apports de fumure P est la suivante :

Tournesol > maïs, sorgho, soja > blé tendre et blé dur

La teneur en P du sol explique 75 % des variations de teneurs en P des grains, toutes espèces confondues

La présence de calcaire a une incidence directe sur la teneur du sol, tant sur la richesse à l'analyse que sur le niveau de fumure

Journée Technique : Bilan de dix années d'expérimentation en système biologique de grandes cultures sans élevage - 16 juin 2010



Year	P0 (kg ha⁻¹)	Ymax (kg ha⁻¹)
1970	3000	3800
1975	3000	4800
1980	3000	4800
1985	4500	6000
1990	2800	4200
1995	3000	5200
2000	4000	5200

Essai conventionnel utilisé car teneurs initiales faibles, variabilité du calcaire au sein de l'essai, et niveaux de rendement très moyens, acceptables en bio :

- 49 qx en blé tendre
- 84 qx en maïs
- 63 qx en sorgho
- 32 qx en tournesol

La conclusion sur la dose nécessaire pour maintenir rendement et teneur initiale n'est pas très différente de celle constatée dans d'autres essais à niveau de rendement plus élevé


L'effet calcaire joue à 2 niveaux :

Un écart de 5 ppm P Olsen à même niveau d'apports;

La nécessité de passer d'un niveau de fumure faible en sol peu calcaire à moyen en sol calcaire pour maintenir la teneur initiale du sol



# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS



## Les mycorhizes : des champignons très utiles

Les mycorhizes sont des associations symbiotiques entre certains champignons et les racines de certaines plantes

Elle jouent principalement un rôle dans la nutrition des plantes au niveau du phosphore (très peu mobile dans le sol) en augmentant le volume de sol exploré

Elle peuvent aussi contribuer à protéger la plante contre des stress, sécheresse mais aussi agents pathogènes.

<i>Facteurs limitants</i>	<i>Facteur favorables</i>
➤ Niveau élevé en phosphore soluble	➤ Rééquilibrage de la fertilisation
➤ Tassement du sol	➤ Diminution du travail du sol
➤ Sur fertilisation azotée	➤ Changement d'assolement
➤ Usage de fongicides	➤ Mise en place d'engrais verts

Journée Technique : Bilan de dix années d'expérimentation en système biologique de grandes cultures sans élevage - 16 juin 2010

Toutes les plantes peuvent mettre en place des mycorhizes sauf celles de la famille des crucifères (colza) et des chénopodiacée (betterave) et certaines en sont plus dépendantes que d'autres (attirent plus les mycorhizes).

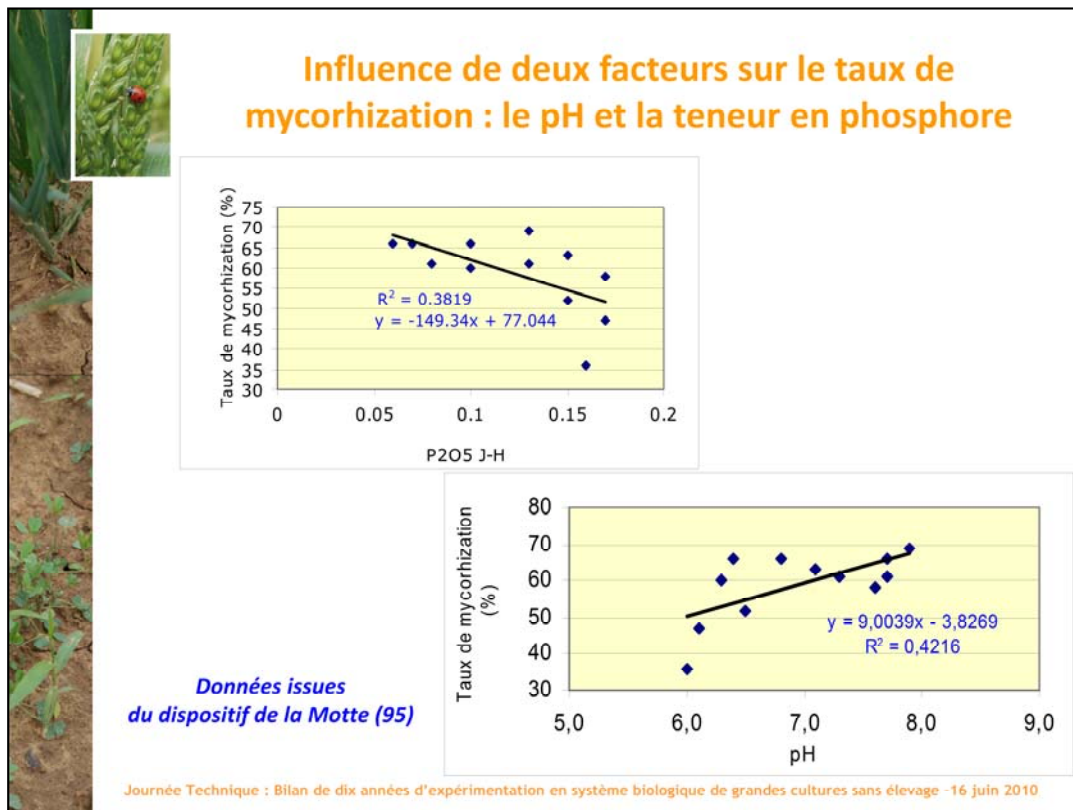
Les mycorhizes ne se développent que sur des racines vivantes ce qui est différent des autres micro-organismes du sol qui sont souvent saprophytes.

La plante hôte fournit néanmoins du Carbone au champignon.

A titre d'exemple, le taux de mycorhizes favorable au développement du blé est de l'ordre de 35-40% de la racine où le champignon est présent et de 65-75% pour le maïs.

Les mycorhizes contribuent au renouvellement de stock de matière organique.

# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS



Le facteur qui influence le plus la mycorrhization est la teneur en phosphore biodisponible.


Seules les analyses sur triticale ont été prises en compte dans ce bilan.

Si la corrélation obtenue n'est pas très bonne, la pente de la droite de corrélation est négative, et donne la même tendance que la littérature : plus la quantité de phosphore est élevée, plus le taux de mycorrhization est faible.

Le pH influence vraisemblablement différemment les espèces de champignons mycorrhizogènes.

On peut admettre que le pool de champignons mycorrhizogènes a probablement un pH optimum de développement voisin de 7.

# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS



## Phosphore et calcaire

Le règlement de l'AB ne permet d'accéder qu'aux :

- fientes, fumiers ou composts en excluant les élevages industriels,
- composts de champignonnières ou des lombricomposts,
- résidus de méthanisation,
- guanos,
- produits ou sous produits d'origine animale : farines de plumes ... ou végétale : tourteaux d'oléagineux ...,
- algues, sciures, écorces compostées, cendres de bois,
- phosphates naturels, phospal, scories de déphosphoration, poudres de roches.

Le phosphore a tendance « à vieillir » dans le sol en présence de calcaire actif, donc dans tous les sols à tendance basique

Il est donc illusoire d'essayer de fertiliser ces parcelles à pH élevé avec du phosphate naturel

La ressource en P organique est limitée, le principal gisement était le guano

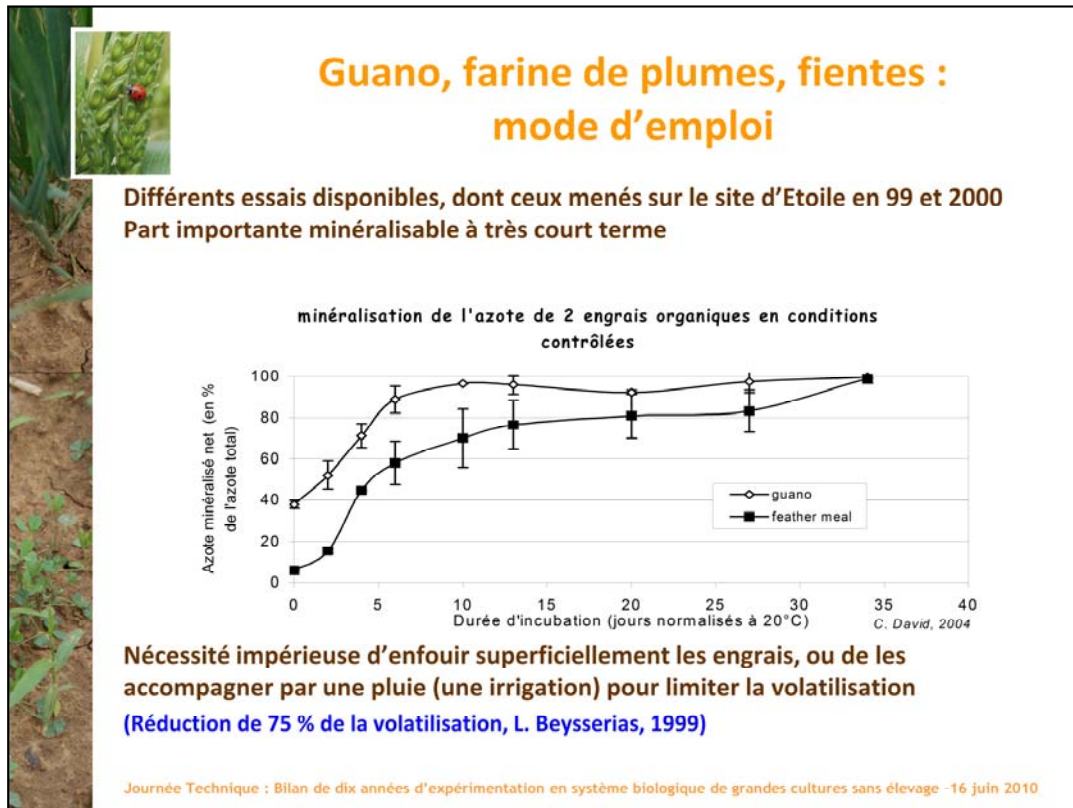
Les produits organiques autres apportent le plus souvent, comme le guano, de l'azote en quantité non négligeable

*Référence : cahier technique Itab sur les intrants, décembre 2008*

Journée Technique : Bilan de dix années d'expérimentation en système biologique de grandes cultures sans élevage - 16 juin 2010

D'autres matières fertilisantes possibles, non citées ici car plutôt orientées potasse

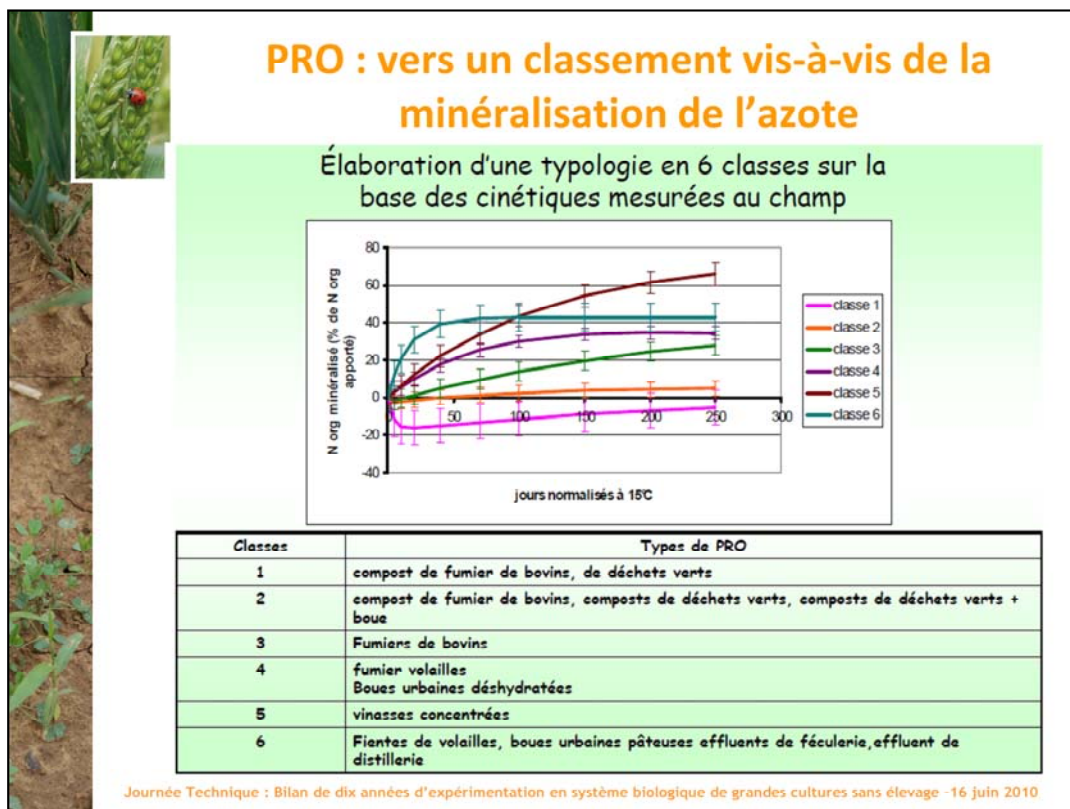
# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS



Courbes de minéralisation effectuées sur les produits utilisés dans les essais de fertilisation organique d'Etoile /Rhône 1999 et 2000, dans la cadre de la collaboration avec C. David

Un pool d'azote facilement disponible (voire volatilisable), et une part minoritaire qui minéralise sur le moyen terme

# FERTILISATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE SANS ÉLEVAGE : DES CONSTATS AUX PROPOSITIONS



Les Produits Résiduaire Organiques ne se valent pas tous sur le plan de la libération d'azote

Théoriquement, la minéralisation du carbone va mobiliser de l'azote, mais le C/N n'est pas suffisant pour classer les produits

Leur composition influence aussi le type de courbe

Prévision difficile pour certains co-composts associant en quantité variable, et avec un niveau de maturation lui aussi variable, des matières fermentescibles d'origine agricole et des fractions plus lignocellulosiques comme les émondés de haies