

# Pratiques culturales et qualité biologique des sols

Pierre MORTREUX – 9 février 2015



## Programme

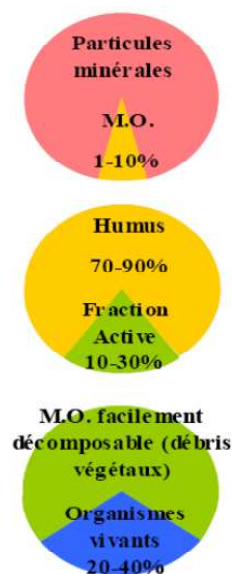


- Les matières organiques des sols
  - *Quantité, nature et fonctions*
  - *Impact des pratiques culturales*
- Fonctionnement biologique des sols
  - *Vers de terre et carabes*
  - *Microflore et activateurs de sol*



- Les matières organiques des sols
  - *Quantités, natures et fonctions*
  - *Impact des pratiques culturales*

## MOS : natures et quantités



| Types de matières organiques     | Quantité t C / ha |
|----------------------------------|-------------------|
| Résidus organiques frais, libres | 0 à 4             |
| Résidus organiques évolués (MOP) | 2 à 4             |
| Macrofaune                       | 0,5 à 1           |
| Biomasse microbienne             | 1 à 2             |
| Humus                            | 36                |
| TOTAL (2% MO sur 25cm)           | 42                |

sources : Chenu, Balesdent, Mary, INRA

## Fonctions des MOS



| Fertilités du sol | Intérêts des MOS                                                                                                          |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Physique       | Structure, battance, érosion, tassement, circulation et rétention d'eau, réchauffement...                                 |
| 2. Chimique       | Source d'éléments nutritifs par minéralisation, CEC, stockage et disponibilité des nutriments, rétention des polluants... |
| 3. Biologique     | Stimulation de l'activité biologique (sources de nourriture) et de ses conséquences (1 + 2)                               |

*Teneur*

*Stock*

*Flux*

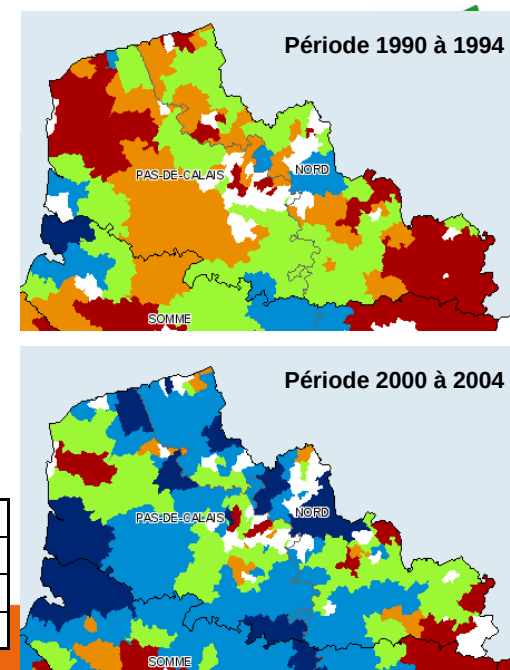
## Evolution des teneurs en matière organique sur 10 ans

d'après la BDAT

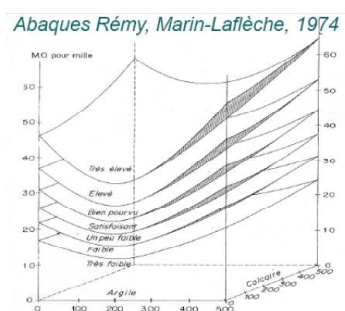
Teneurs médianes en MO (‰)



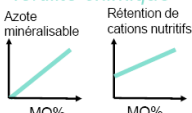
| Période | 90 - 94 | 00 - 04 |
|---------|---------|---------|
| Nombre  | 33 978  | 21 159  |
| Moyenne | 26.5    | 21.8    |
| Médiane | 23.5    | 19.9    |



## Des teneurs souhaitables ?



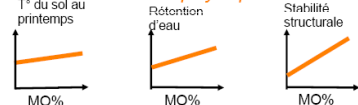
*fertilité chimique*



*fertilité biologique*



*fertilité physique*



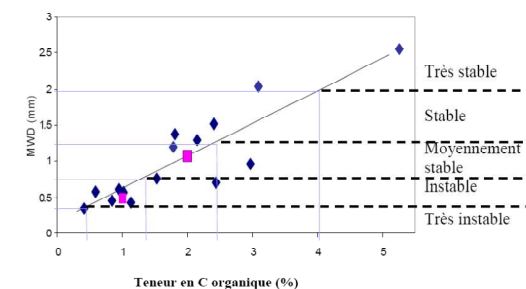
D'après Chenu, INRA

- Fonctions de « pédo-transfert » pour chaque fertilité
- Pas de relation %MO – rendement : un capital ou une assurance à la rentabilité difficile à évaluer...

## Exemple de la battance en sols limoneux



MWD (mm)



Source : d'après Le Bissonnais et al, 2003

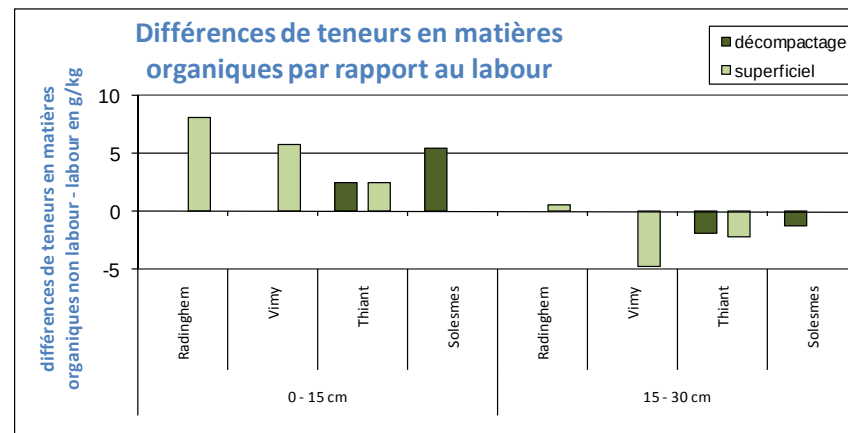
- 3,5 % de MO pour stabiliser un limon !
- Calcium : peu d'effet au-delà d'un pH de 7,3

## Agir sur la dilution ou la répartition des restitutions



- Labours moins profonds
- Non-labour occasionnel ou permanent

## Evolution des gradients en non labour permanent

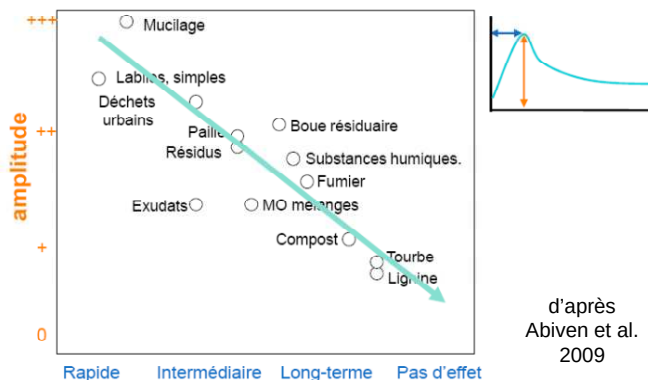


## Restituer aux sols des MO stables ou labiles ???



- Comprendre les effets fertilisation NPK, humus, amendement basique, activité biologique, stabilité structurale... et cerner les besoins des sols et des cultures

Exemple des effets de diverses MO sur la stabilité structurale



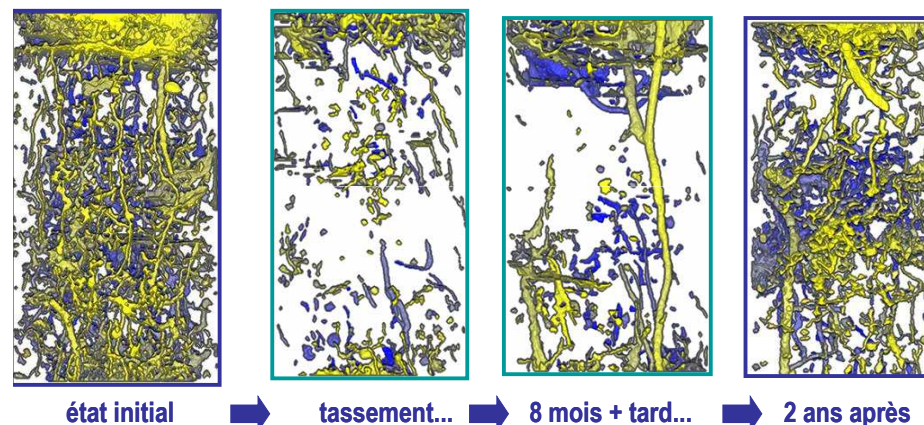
- Fonctionnement biologique des sols  
– Vers de terre et carabes

## Les vers de terre



- 3 grands groupes écologiques
  - Épigés (5%, au contact MO fraîche)
  - Endogés (20 à 40%)
  - Anéciques (galeries verticales permanentes)
- Fonctions ?
  - brassage, dégradation des résidus, circulation air/eau, biostructures grumeleuses, rétention...
- D'excellents indicateurs de la qualité biologique d'un sol

## Effet du tassement sur la porosité biologique

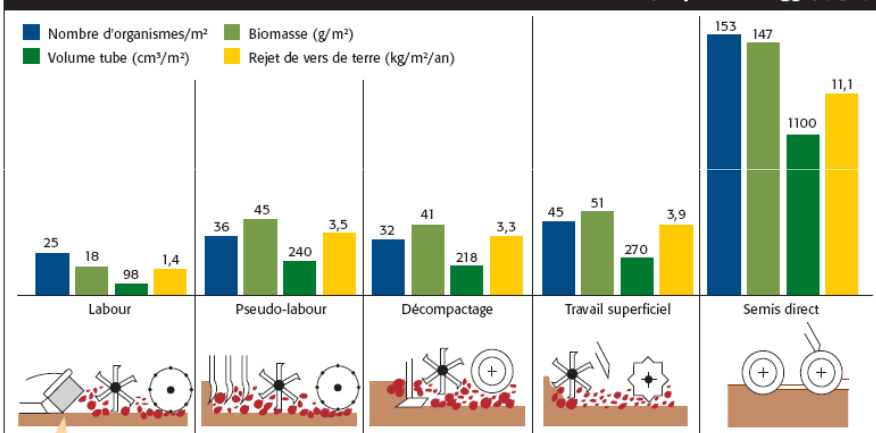


Capowiez et al., 2008

## Travail du sol et vers de terre



Abondance et activité des lombriciens en fonction du travail du sol (d'après Tebrügge) (fig. 3)

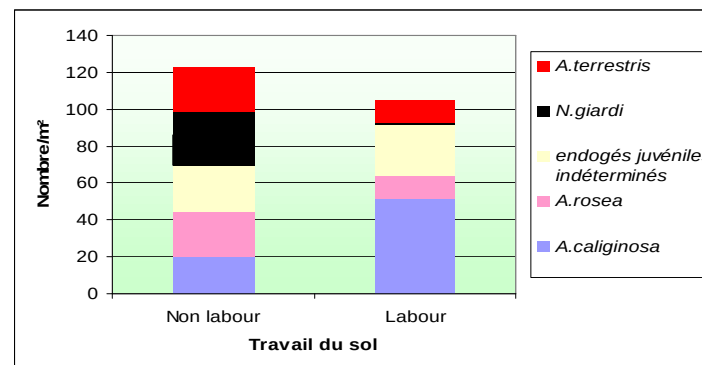


La présence de vers de terre est beaucoup plus abondante (2 à 7 fois plus) en semis direct qu'en labour.

## Travail du sol et vers de terre



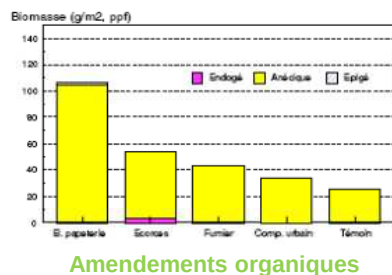
Essais d'Estrées-Mons : population totale similaire mais répartition différente



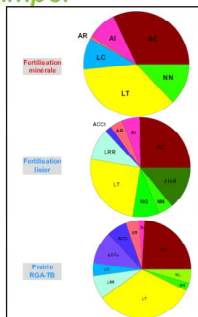
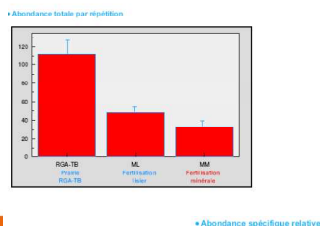
Yvan Capowiez, Stéphane Cadoux et al



# Impacts des systèmes de culture

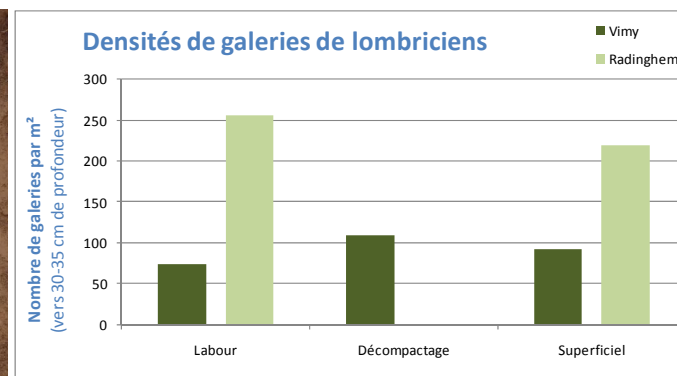


## Comparaison Maïs / Système prairial Le Rheu / Quimper



Source : D. Cluzeau, INRA

# Résultats régionaux



# Pratiques favorables aux lombriciens



- Restitutions organiques : effluents, engrais verts, résidus...
- Travail du sol réduit (prairies, semis direct)
- Limiter les tassements
- pH neutres
- Fertilisation (organique > minérale > 0)
- Utilisation raisonnée des phytos

# Les principales espèces de carabes



*Ptérostichus mélanarius*



*Ophonus*



*Poecilus*



*Anchoménus dorsalis*



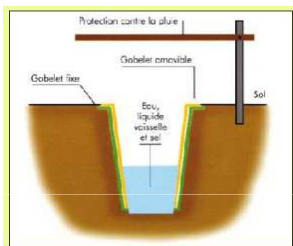
*Nécrophorus*



*Carabus auratus*



## Un exemple de suivi (Les Rues des Vignes 2010)



- Une haie entre 2 champs : comptages hebdomadaires / pièges Barber
- Très bonne efficacité de la haie sur la diversité des carabes
- Effet très positif sur ophonus et poecillus

|                | haie | bord betterave | milieu endives |
|----------------|------|----------------|----------------|
| anchoménus     | 9    | 2              | 5              |
| autres carabes | 1    | 3              | 0              |
| cloporte       | 36   | 1              | 0              |
| forficule      | 1    | 0              | 1              |
| ophonus        | 234  | 535            | 38             |
| poecillus      | 231  | 4              | 3              |
| ptérostichus   | 1796 | 3146           | 2364           |
| staphylin      | 19   | 8              | 0              |

## Pratiques favorables aux carabes



- Les carabes sont très présents dans nos sols cultivés (le plus courant est le ptérostichus)
- Ils sont principalement actifs de mai à août et ont une alimentation essentiellement carnivore : limaces, taupins, altises, mouches...
- Ils ont besoin d'une zone refuge (haie, bande enherbée, talus) pour se protéger
- Impactés par certaines molluscides et par les labours (survie des larves)

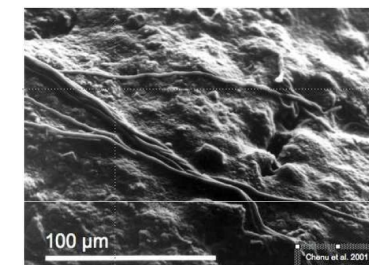


- Fonctionnement biologique des sols  
– Microflore et activateurs de sol

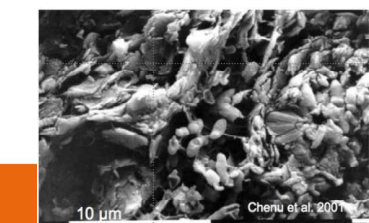
## Rôles fonctionnels de la microflore du sol



- Dégradation des résidus, effluents, engrais verts, phytos...
- Minéralisation N, P, S organiques
- Humification
- Sécrétions de polysaccharides
- Mycorhizes et biodisponibilité du P
- Nodosités et azote
- ... ???

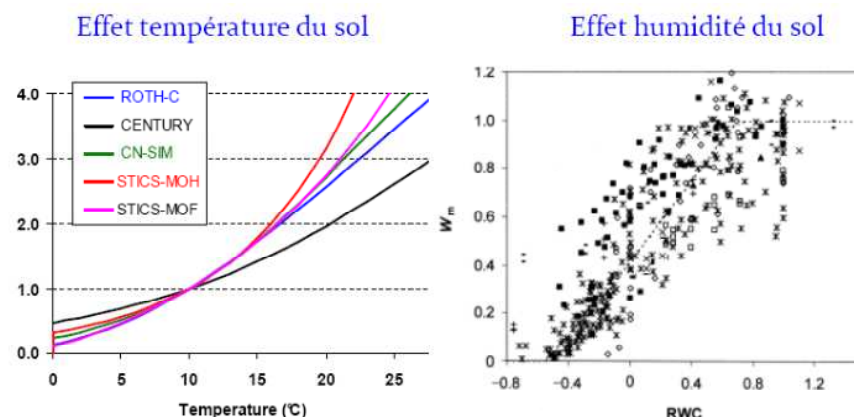


Fungal hyphae and bacteria colonies on the surface of clayey soil aggregate incubated with glucose.

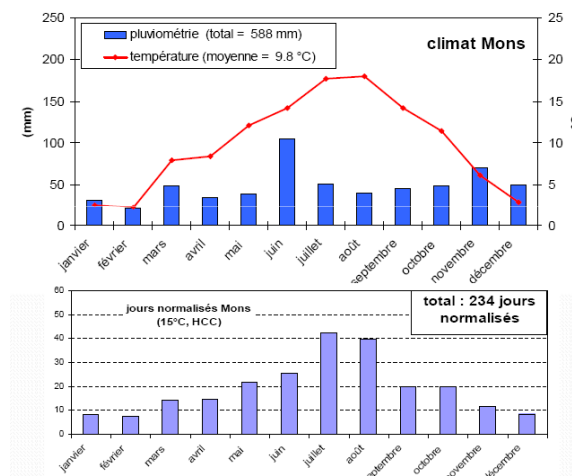


- Risques sanitaires

# L'activité microbienne est régie par le climat

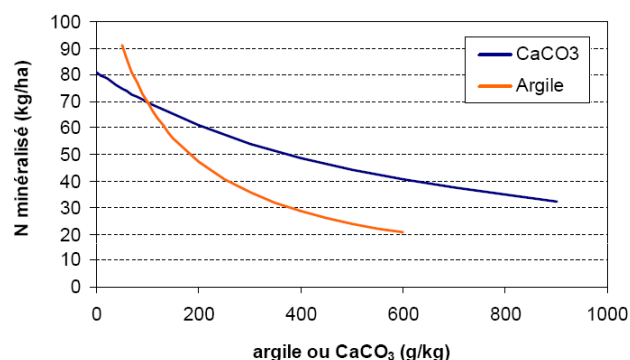


# Le concept de jours normalisés



Source : SAS - Agrosystèmes

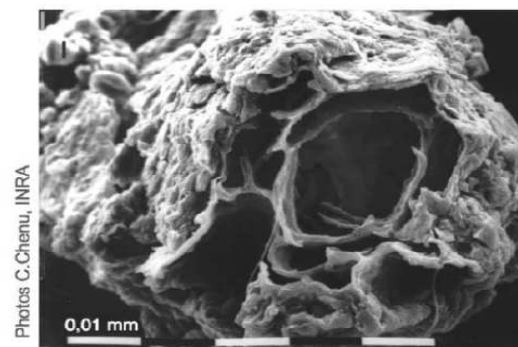
# La minéralisation du sol



- Estimation via K2 (argile + calcaire) + taux Norg + arrières-effets
- Fraction active mal cernée (>50µm)

Source : SAS - Agrosystèmes

# Protection des matières organiques ?



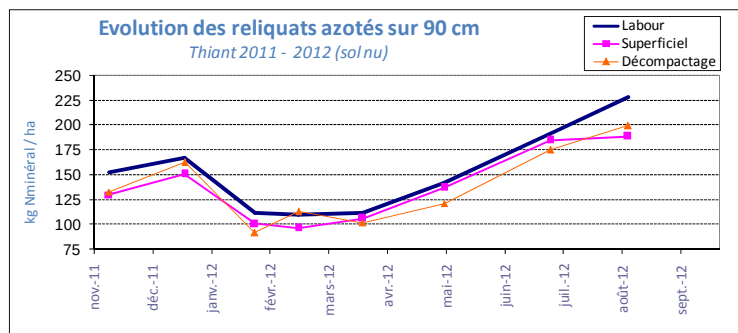
Observation de matières organiques des sols à une échelle très fine en microscopie électronique à balayage

Débris végétal enrobé de particules d'argile

- Protection par les argiles et les carbonates de calcium
- Déprotection par le travail du sol ou les intempéries (gel, humide/sec)

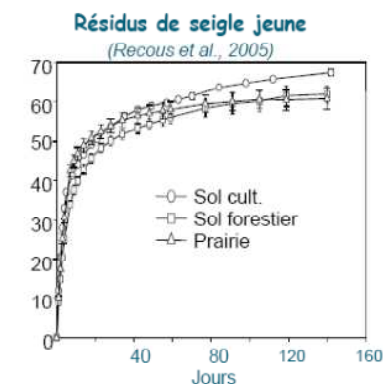
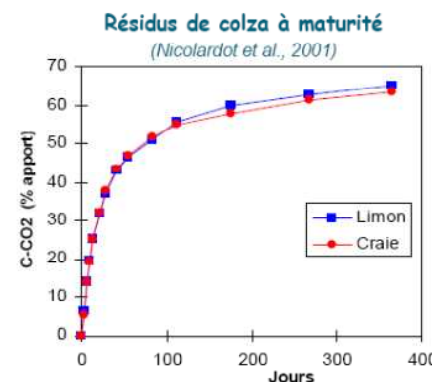
Au sein des agrégats de sol, argile, humus, bactéries et hyphes de champignons sont liés pour former le CAH

## Non labour et minéralisation



|                                            | Labour | Superficiel | Décompactage |
|--------------------------------------------|--------|-------------|--------------|
| Drainage cumulé (mm)                       | 186    | 142         | 162          |
| Lessivage cumulé (kg N / ha)               | 78     | 40          | 43           |
| [NO <sub>3</sub> -] moyenne (mg/L)         | 180    | 114         | 105          |
| N minéralisé cumulé (kgN / ha)             | 145    | 114         | 118          |
| Vitesse de minéralisation (kg N / ha / jn) | 1,03   | 0,86        | 0,90         |

## La dégradation des restitutions organiques



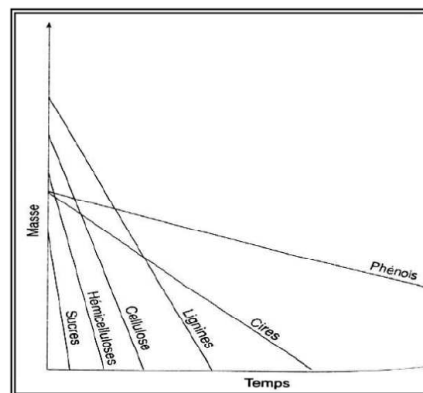
## La dégradation des restitutions organiques



Matières complexes + difficiles à dégrader

- C/N = 1<sup>ère</sup> approche
- Fractionnement biochimique
  - Soluble
  - Hémicellulose
  - Cellulose
  - Lignine

Vitesse de dégradation de différents composés carbonés



Source : Minderman, in Ellis & Mellor, 1995, cité par Gobat et al, 1998

## Un gradient vertical d'activité biologique



| Profondeur (cm) | Bactéries aérobies | Bactéries anaérobies | Actino-mycètes | Champi-gnons | Algues |
|-----------------|--------------------|----------------------|----------------|--------------|--------|
| 3 - 8           | 7 800              | 1 950                | 2 080          | 119          | 25     |
| 20 - 25         | 1 800              | 379                  | 245            | 50           | 5      |
| 35 - 40         | 472                | 98                   | 49             | 14           | 0.5    |
| 65 - 75         | 10                 | 1                    | 5              | 6            | 0.1    |
| 135 - 145       | 1                  | 0.4                  | -              | 3            | -      |

x 1000 / g de sol – source MP Charnay INA-PG

L'activité biologique est maximale en surface.

D'où une meilleure évolution des résidus laissés à faible profondeur par rapport aux résidus enfouis profondément par labour, par exemple.



## L'activité biologique dépend de la qualité des structures !

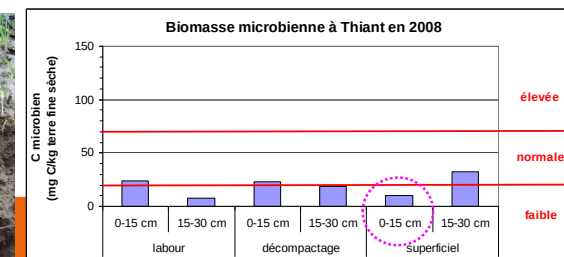
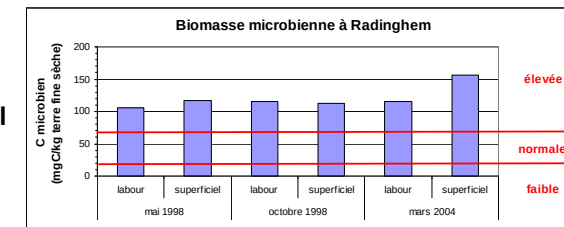


## Biomasses microbiennes dans les essais travail du sol

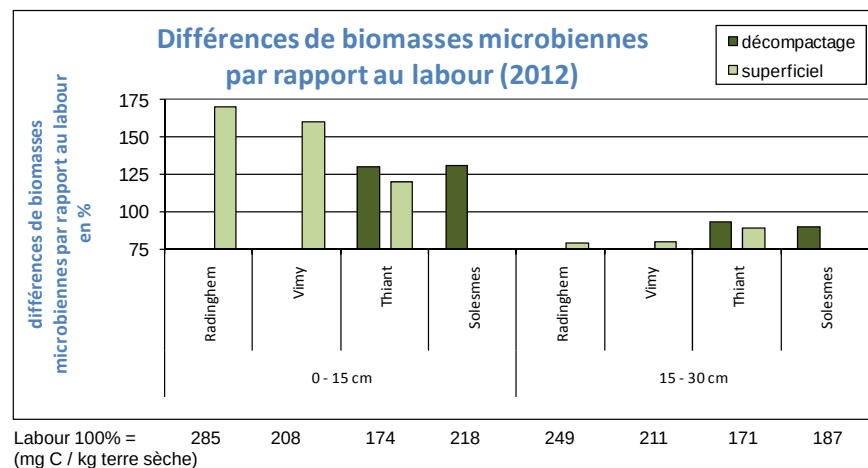


**Effets croisés :**  
rotations, apports organiques, travail du sol

Thiant superficiel, automne 2007

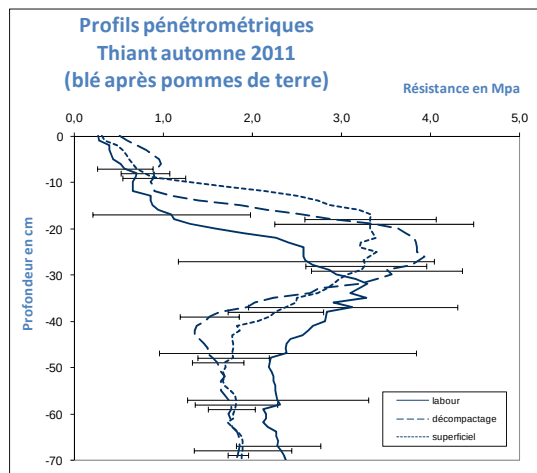


## Biomasses microbiennes dans les essais travail du sol



## Des racines qui explorent un maximum de volume

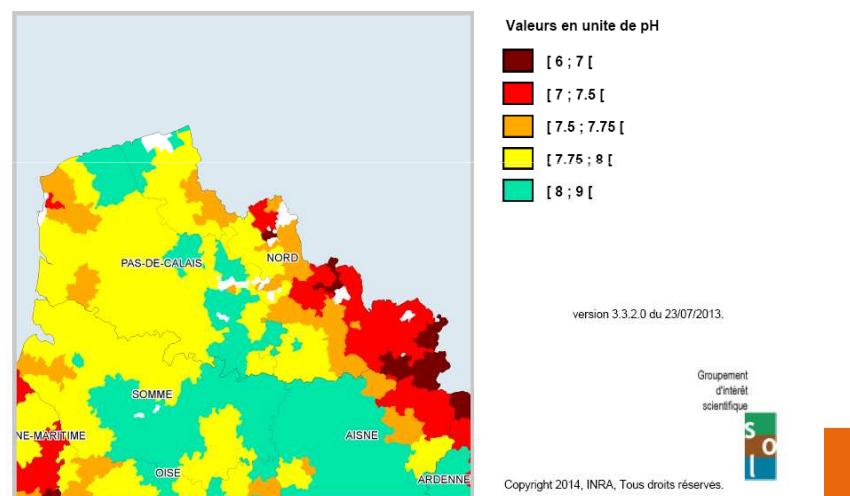




## Des pH plutôt neutres...



Médiane des teneurs en pH eau de l'horizon de surface des sols agricoles -- Période début 2005 à fin 2009



## Pratiques favorables à l'activité microbienne



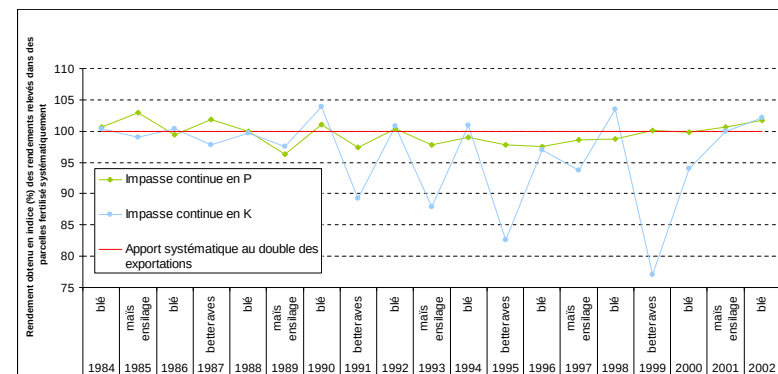
Des conditions de milieu adaptées

- Température, humidité
- Un sol bien structuré, aéré et drainé, au pH équilibré

Des restitutions organiques régulières

- nourriture carbonée, notamment fraîche et riche en sucres : légumineuses, résidus de récolte, engrais verts, fumiers...
- en évitant les amas ou leur enfouissement profond
- La fertilisation : organique > minérale > 0

## Essai PK Yvetôt : identifier les facteurs limitants



- P : aucune réponse en 18 ans (teneur départ JH = 0.17‰)
- K : décroche sur betterave après 8 ans d'impasse totale (teneur de départ = 0.16‰, divisée par 2 en 20 ans)

## Exemple sur pomme de terre : seul l'azote faisait défaut...



Limon légèrement argileux – Vaulx-Vraucourt 2008

Variété Marabel pour le frais

Apports N P K Mg avant buttage le 29/04/2008

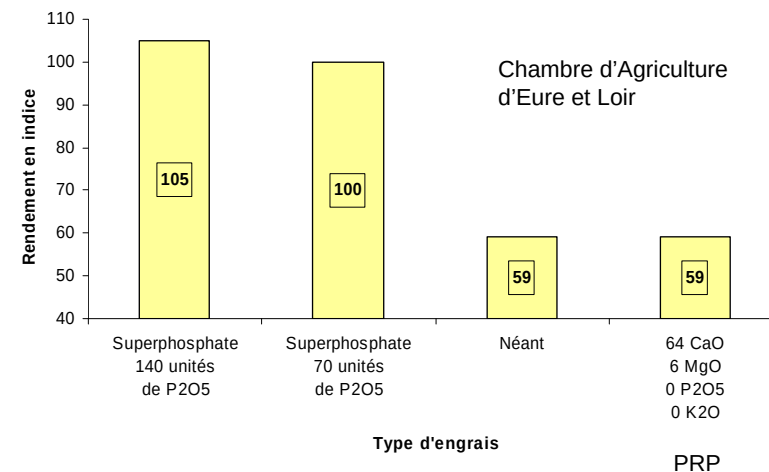
Apport de Bactériosol sur butte définitive après  
désherbage le 29/05/2008

| Elément   | (‰)  |
|-----------|------|
| Argile    | 194  |
| Limon     | 718  |
| Sable     | 88   |
| pH        | 8.1  |
| Phosphore | 0.8  |
| Potasse   | 0.44 |
| Magnésium | 0.11 |

| RDT NET >40MM | LIBELLES                                           | MOYENNES | GROUPES<br>HOMOGENES |   |
|---------------|----------------------------------------------------|----------|----------------------|---|
| ET = 5,18     |                                                    |          |                      |   |
| 7.0           | N                                                  | 72,026   | A                    |   |
| 2.0           | N+ KCl + Mg                                        | 65,527   | A                    |   |
| 3.0           | N + K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + Mg            | 64,134   | A                    | B |
| 5.0           | N + Bact                                           | 63,825   | A                    | B |
| 4.0           | N + P + K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + Mg + Bact | 62,993   | A                    | B |
| 9.0           | N <sub>2</sub> /3                                  | 62,325   | A                    | B |
| 1.0           | N + P + K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + Mg        | 61,879   | A                    | B |
| 6.0           | N <sub>2</sub> /3 + Bact                           | 60,209   | A                    | B |
| 8.0           | T0                                                 | 50,775   |                      | B |

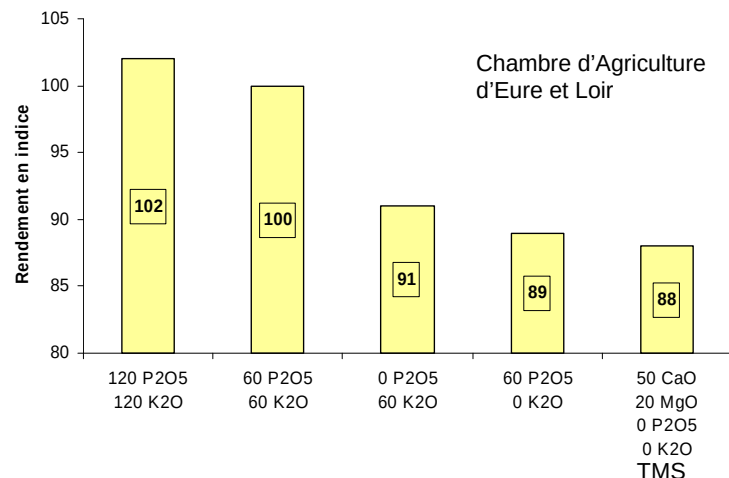
## Arrou – Synthèse 1999-2004

Limon battant – 26 ppm Olsen en phosphore

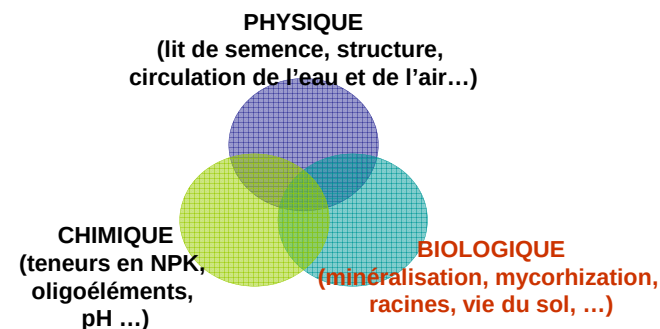


## Chassant – Synthèse 1998-2004

Limon battant – 40 ppm Olsen en phosphore  
0,06 ‰ potasse échangeable



## Conclusion : les fertilités du sol, 3 composantes interdépendantes



La fertilité biologique est la plus complexe et méconnue...

...mais elle est cependant régie par des règles assez simples !