

## NOTE TECHNIQUE

---

### OBJET : COMPTE-RENDU DES TESTS SUR L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE DES SOLS – RÉSEAU DEPHY FERME MARAICHAGE VAROIS - 2018

Rédacteur / Service: Emilie BURON /Service Environnement Productions Pérennes

Date : 22/08/2018

Destinataires : Membres réseau DEPHY FERME

---

## A. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

### 1. Objectifs de l'étude

Mesurer l'influence des techniques culturales en exploitations maraîchères sur la dynamique de l'activité biologique des sols.

En effet, la connaissance du niveau d'activité biologique permet de mieux appréhender l'évolution du sol et les capacités d'échanges entre le sol et la plante.

### 2. Territoire de l'étude

Les exploitations du réseau DEPHY FERME maraîchage varois sont situées sur l'aire toulonnaise. Cependant, elles sont sur 2 massifs géologiques distincts : d'une part le massif des Maures et d'autre part le sillon permien (dépression permienne) [cf. inventaire forestier – département du Var].

#### Massif des Maures (est toulonnais) :

La majorité des sols développés sur ces roches sont des sols acides souvent peu épais et plus ou moins humifères. La texture du sol y est principalement limono-sableuse.

#### Dépression permienne (ouest toulonnais) :

Sur ces formations hétérogènes, les sols sont très hétérogènes. Les sols ont une dominance calcaire. Leur texture est à dominance argilo-limoneuse.



### 3. L'activité biologique des sols

L'activité biologique des sols correspond à l'activité des différents organismes des sols.

Le fonctionnement de tout l'écosystème est conditionné par les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol (texture, porosité, structure du sol, pH, taux d'humus, humidité, température du sol...). Ces différentes caractéristiques sont elles-mêmes influencées par les pratiques culturales en système agricole.

La vie dans les sols est favorisée dans les sols neutres avec de l'air et de l'eau qui circulent et elle est stimulée par l'apport de nourriture carbonée qui est la source d'énergie des organismes vivants (résidus de culture : racines, feuilles, tiges).

Une multitude d'organismes vivants peuplent le sol ; on peut en compter jusqu'à 10 milliards par gramme de sol. Tous ces organismes contribuent à un bon fonctionnement du sol et ont notamment comme fonction de décomposer la matière organique morte, d'associer la matière organique à l'argile, de favoriser la circulation de l'eau et de l'air et de minéraliser les éléments nutritifs contenus dans la matière organique. On peut donc facilement comprendre qu'accroître l'activité biologique et la biodiversité d'un sol apporte des bénéfices pour le bon développement des cultures.

Les organismes du sol sont classifiés selon leur taille :

- **Micro-organismes** = organismes dont la taille est inférieure à 10 µm. Cette classe est constituée par les **bactéries et champignons**.
- **Micro-faune** = organismes dont la taille est comprise entre 10 et 200 µm. Il s'agit là des **nématodes et protozoaires**.
- **Mésafaune** = organismes dont la taille est comprise entre 200 µm et 2 mm. Il s'agit principalement de **micro-arthropodes** et notamment des **collemboles et acariens**.
- **Macrofaune** = elle comprend les **invertébrés** dont la taille est supérieure à 2mm : **vers de terre, larves d'insectes, myriapodes, carabes, limaces...**

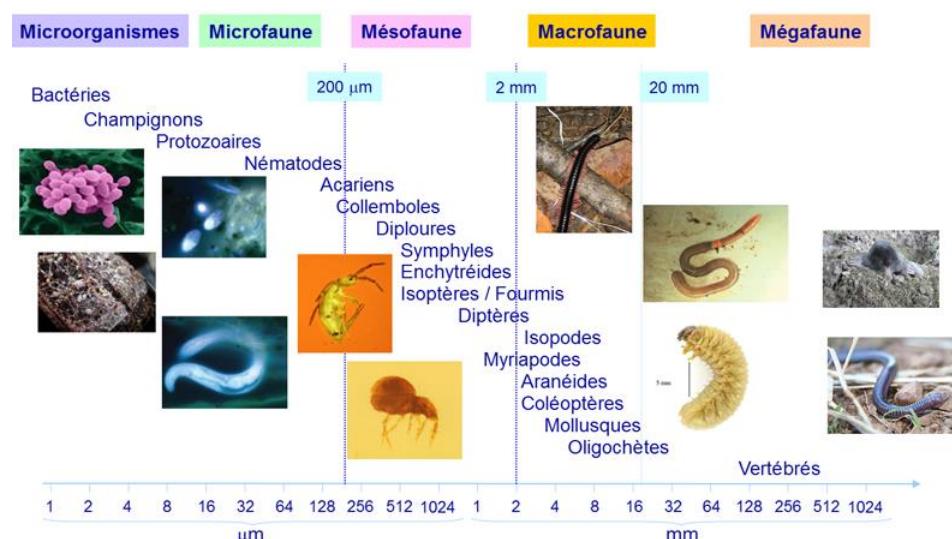


Figure 1 : Classification des organismes du sol selon leur taille modifiée d'après Swift et al. (1979)

## B. MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 1. Matériel et méthode

Différentes méthodes permettent de mesurer l'activité biologique.

Nous avons retenu deux tests :

- Le tea bag index (TBI) est une méthode qui permet de mesurer le taux de décomposition de matière végétale dans le sol. Le thé vert (thé vert Pyramid© de la marque Lipton) possède un C/N de 12 alors que celui du rooibos est de 43 (ce dernier n'a pas été utilisé dans le cadre de cette étude). La taille des mailles des sachets de thé rend le matériel végétal accessible aux micro-organismes, à la micro-faune à la mésofaune mais pas à la macro-faune.
- Le test du slip est une méthode permettant d'apprécier l'intensité de l'activité biologique des sols en fonction de la vitesse de dégradation du tissu. L'avantage du slip est de posséder un élastique (non dégradable) qui permettra de retrouver même en cas de dégradation totale.

Afin de mesurer la perte en masse et ainsi pouvoir évaluer le taux de dégradation des matières enfouies par les organismes du sol, une pesée avant enfouissement et après récupération ont été effectuées.

Une perte en masse des slips et sachets de thé élevée indique que les propriétés du sol y contribuant sont favorables à l'activité biologique et à la décomposition de la matière organique.

Les sachets de thé et les slips ont été enfouis à une profondeur de 15cm pendant 2.5 mois.

### 2. Modalités testées

L'influence de différentes modalités ont été testées à la fois en système maraîcher sous abris et en plein champ.

L'influence des pratiques suivantes sur la stimulation de l'activité biologique ont été évaluées :

- l'implantation d'un couvert végétal en culture (enherbement d'un verger maraîcher/système agroforestier) ou en inter-culture (mise en place et enfouissement d'engrais vert et/ou de résidus de paille)
- l'itinéraire technique global des parcelles suivies dans le cadre du réseau DEPHY : travail du sol, pilotage de l'irrigation et pilotage de la fertilisation



### 3. RÉSULTATS

#### 1. Influence des couverts végétaux

Le système racinaire des plantes, et notamment les couverts végétaux, a de nombreux effets bénéfiques sur la stimulation de l'activité biologique des sols.

En effet, les racines ont deux actions dans leur périmètre immédiat (rhizosphère), l'acidification de leur environnement et l'exsudation racinaire, c'est-à-dire la sécrétion de composés organiques d'importance cruciale. Ces exsudats sont composés principalement de polysaccharides (sucres), de protéines mais aussi de sucres simples, d'acides aminés, d'enzymes... Ils ont comme rôle l'agrégation physique des particules d'argile (action de colle) mais c'est surtout la ressource énergétique pour les habitants du sol.

Les exsudats racinaires favorisent donc le développement des micro-organismes du sol comme les champignons, bactéries ou mycorhizes et par conséquent favorise le développement de la faune du sol. La rhizosphère est donc une zone dynamique où l'activité biologique y est intense.

Le taux de dégradation moyen en présence d'un couvert est de 3.9 alors qu'il est de 2 sans couvert. Il semblerait donc comme on peut le voir sur le graphique (figure 2) et les photos ci-dessous (figure 3) que **l'intensité de l'activité biologique est plus forte en présence ou après une couverture végétale**.

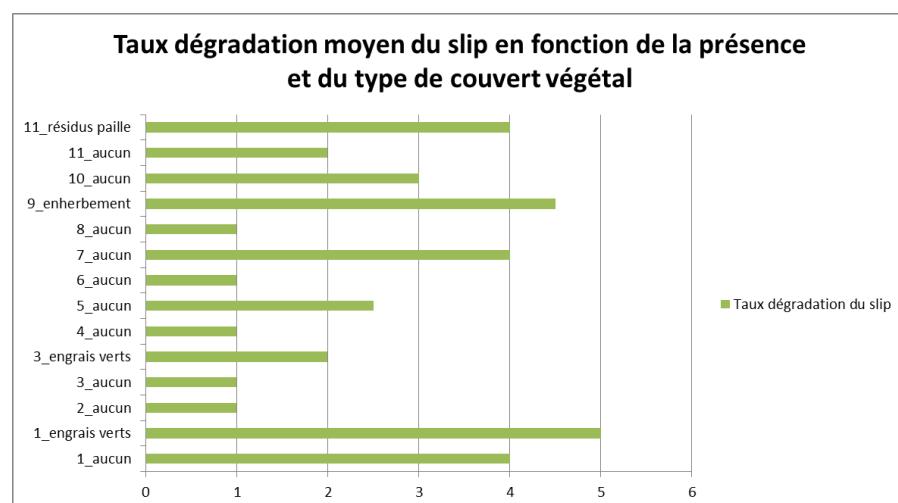


Figure 2 : Graphique représentant l'indicateur de dégradation des slips en fonction de la réalisation de couverture végétale





## 2. Influence des engrais verts

Pendant leur développement (action vue dans la partie couverts végétaux) et surtout après enfouissement, les engrais verts stimulent l'activité biologique du sol. En effet, l'incorporation d'une grande quantité de biomasse fraîche fermentescible stimule l'activité biologique. Les engrais verts contribuent à apporter à la fois des composés carbonés et des éléments nutritifs nécessaires au développement des micro-organismes et de la faune du sol. Les vers de terre, qui se nourrissent des débris végétaux, prolifèrent et permettent le développement des autres organismes du sol. L'abondance de nourriture fermentescible stimule aussi l'activité microbienne.

On peut voir sur le graphique (figure 2) ainsi que sur les photos (figures 4 et 5) que l'implantation d'un engrais vert en tant que culture intermédiaire en système maraîcher permet l'amélioration et la stimulation de l'activité biologique dans le sol. Que ce soit un système plein champ ou sous abris, l'engrais vert a permis de gagner 1 point d'activité biologique après une seule année d'implantation d'engrais verts.

Cet effet rapide donne de bonnes perspectives pour la stimulation des organismes du sol dans les années à venir.



Figure 4 : Parcile plein champ avec pratique d'engrais verts (à gauche-38), sans engrais verts (à droite-40)



Figure 5 : Parcile sous abris avec pratique d'engrais verts (à gauche-17), sans engrais verts (à droite-19)



### 3. Influence du travail du sol

Le travail du sol modifie les propriétés structurales du sol et affecte ainsi les organismes du sol directement en les blessant, les tuant ou en les exposant au risque de prédation et indirectement en modifiant leur habitat et la localisation des sources d'éléments nutritifs.

On peut voir sur le graphique ci-dessous (figure 6) une tendance forte se dégager concernant la réalisation d'un travail du sol profond ou non. En effet, si l'on regarde la moyenne des taux de dégradation de chacun des groupes, la moyenne est à 1.8 avec travail du sol profond et à 4 pour le groupe ne pratiquant pas de travail du sol profond. Il y a donc un facteur 2 concernant l'impact sur l'activité biologique en fonction de la réalisation d'une opération de travail du sol profond.

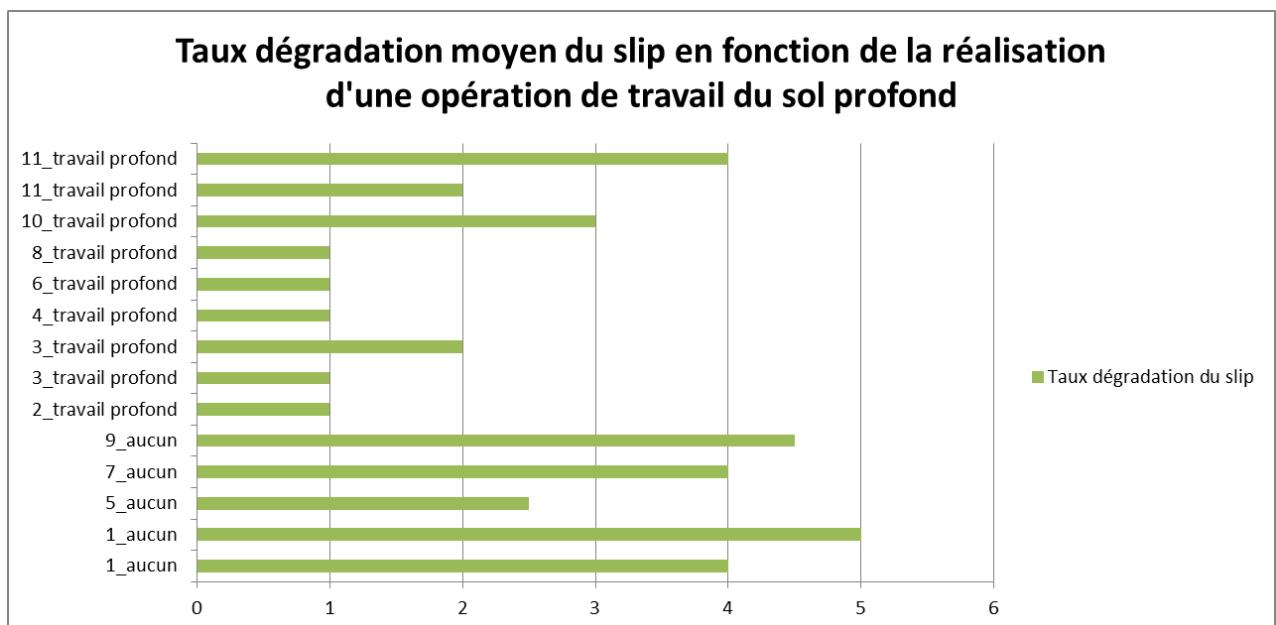


Figure 4 : Graphique du taux de dégradation du slip en fonction de la réalisation d'une action de travail du sol profond

Concernant l'impact de la fréquence du travail du sol superficiel (voir figure 7), les exploitations passant jusqu'à 5 fois durant la saison culturelle ont un taux de dynamique de l'activité biologique de leur sol à 3 alors que ceux passant plus de 5 fois ont une moyenne à 1.6.

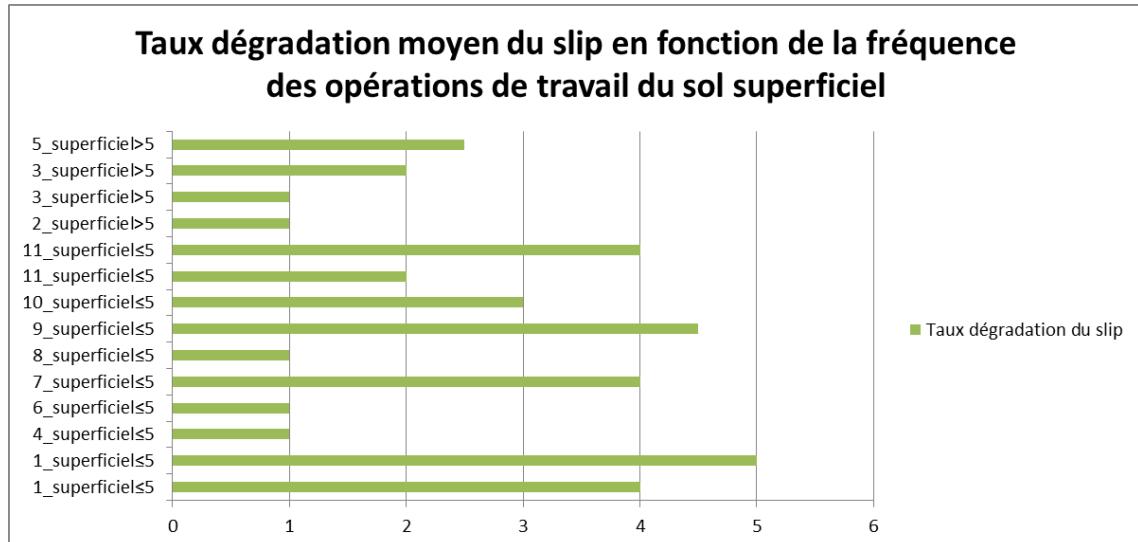


Figure 5 : Taux de dégradation moyen du slip en fonction de la fréquence des opérations de travail du sol superficiel

Le travail du sol affecte donc l'écosystème du sol en modifiant la diversité des espèces, leurs abondances et leurs activités, de façon plus ou moins importante selon sa fréquence et son intensité (degré de fragmentation et profondeur de travail) mais aussi selon le type d'outil utilisé. Un déséquilibre de la faune et des micro-organismes serait créé ; les sols travaillés intensivement seraient dominés par des espèces bactériennes et la macrofaune très perturbée tandis que ceux dans lesquels le travail du sol est limité seraient dominés par populations fongiques (Kladivko, 2001; Young et Ritz, 2000).

Il apparaît également que le travail du sol affecte plus particulièrement certains groupes microbiens, comme les populations nitrifiantes ou les champignons mycorhiziens. Ces derniers sont plus abondants dans les systèmes les moins perturbés (Drijber et al., 2000) et la communauté des bactéries nitrifiantes est plus diversifiée dans les systèmes non travaillés (Ibekwe et al., 2002).



#### 4. Influence des matières organiques

La matière organique joue un rôle primordial dans la stabilité structurale puisque c'est un agent de liaison entre les particules minérales du sol. Certains composés produits par les micro-organismes (comme les polysaccharides) jouent un rôle de glue entre les particules minérales, contribuant ainsi à l'agrégation.

Ces micro-organismes ont besoin d'énergie (via le cycle du carbone) et d'éléments nutritifs dont l'azote pour vivre et se développer. La décomposition de la matière organique et sa minéralisation permettent de mettre à disposition ces éléments aux micro-organismes (voir figure ci-dessous). Les engrains minéraux, quant à eux, n'apportent pas la part d'énergie recherchée par les organismes du sol.

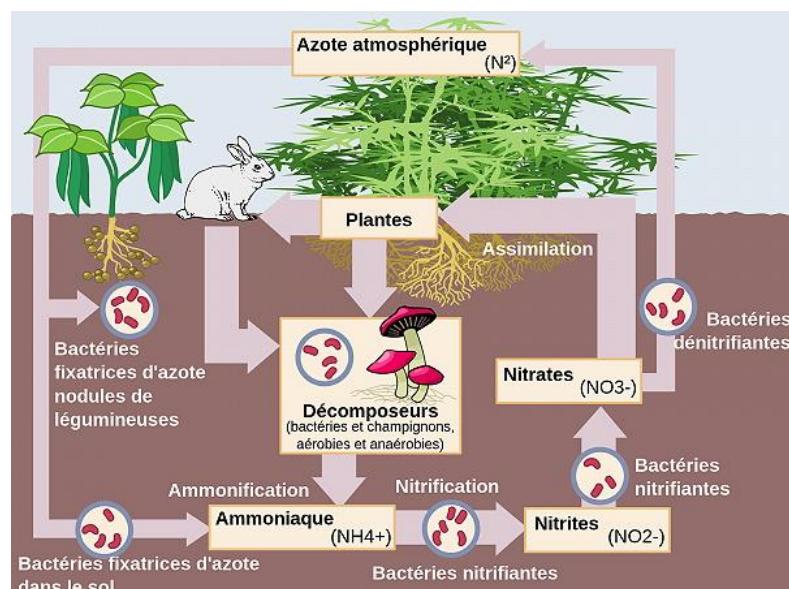


Figure 6 : Cycle de l'azote



En ce sens, le graphique ci-dessous (figure 9) illustre tout à fait ces propos. Si l'on prend les taux de dégradation moyens en fonction de l'apport puis du type d'amendements organiques (AO), des tendances semblent se dessiner. En effet, la moyenne du taux de dégradation des slips sans apport d'amendements organiques est de 1.3 alors qu'en présence d'amendements organiques, cette moyenne est de 3. On peut donc supposer un effet significatif de l'apport d'amendement organique sur la stimulation de l'activité biologique des sols.

Si l'on affine ensuite ces résultats en fonction du type d'amendements organiques apportés : matières organiques végétales ou animales, là encore des écarts sont présents.

En effet, le taux de dégradation moyen des slips avec l'apport d'AO végétale est de 2.1 alors qu'avec l'apport d'AO animale il est de 4.4. Il semblerait donc que l'apport d'AO animale stimulerait davantage les organismes du sol.

Ces deux types d'amendements organiques sont en fait complémentaires et stimulent différemment les différentes catégories d'organismes dans les sols. L'utilisation combinée de matière organique végétale et de matière organique animale permet d'ajouter les effets complémentaires de ces deux types de matières organiques (apport de matières carbonées et azotées).

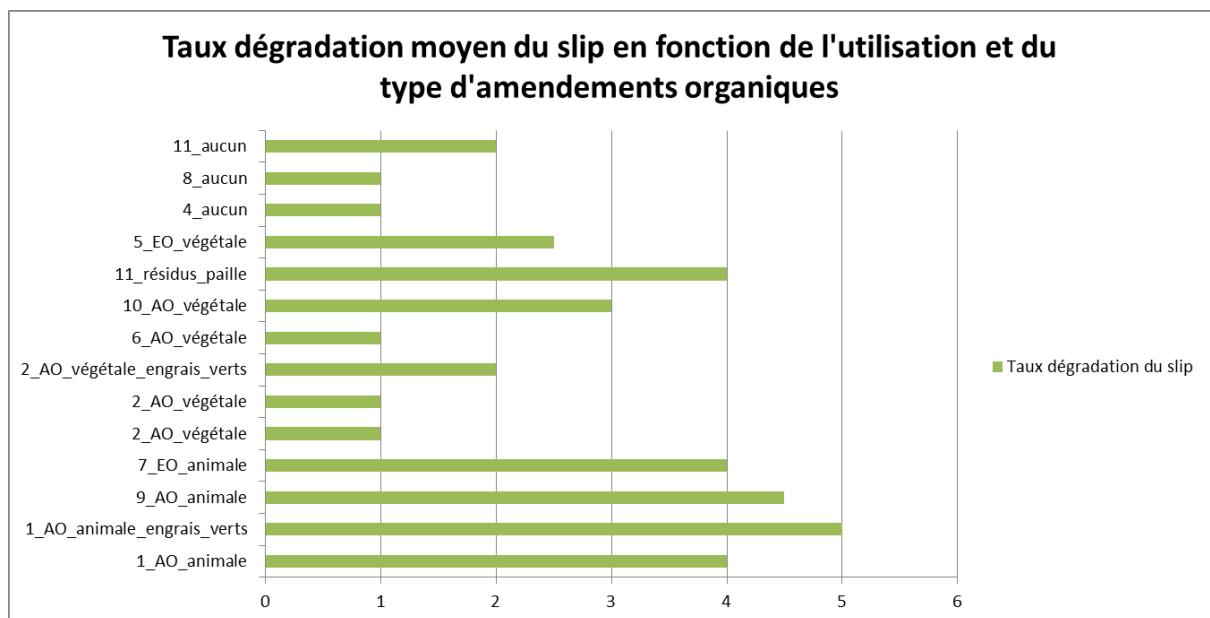


Figure 7 : Taux de dégradation moyen du slip en fonction de l'utilisation et du type d'amendements organiques



## 5. Influence du pilotage de l'irrigation

L'irrigation peut avoir un impact important sur les organismes du sol.

Un excès d'irrigation a un impact négatif sur le sol mais aussi sur les organismes du sol. En effet, l'excès d'eau chasse l'air du sol et de nombreux organismes ne peuvent plus jouer leur rôle puisqu'ils sont asphyxiés. Suite à cela, une minéralisation incomplète de la matière organique peut apparaître dans des sols saturés voire inondés et peut occasionner la formation de composés nocifs pour les racines.

Le pilotage de l'irrigation et des quantités d'eau apportées ont donc un rôle déterminant sur le bon fonctionnement des organismes du sol.

Dans les sols hydromorphes (saturés en eau durant une période plus ou moins longue de l'année), un déficit en oxygène entraîne des processus d'oxydo-réduction.

Les traits caractéristiques sont :

- En conditions réductrices, lorsque l'oxygène n'est plus disponible (réduction du fer : fer ferreux  $Fe^{2+}$ ), le fer prend une couleur gris-bleu (parfois verdâtre)
- En conditions oxydantes, lorsque l'oxygène est à nouveau disponible (oxydation du fer : fer ferrique  $Fe^{3+}$ ), apparaissent des taches de rouille

Les différents types de marbrures observés semblent indiquer des phénomènes d'hydromorphies ponctuelles ou permanentes (durant la période d'implantation du slip), c'est-à-dire d'excès d'eau entraînant l'asphyxie des sols de manière temporaire.



## 6. Comparaison des systèmes

Grâce à ces tests, nous pouvons évaluer l'impact des systèmes de culture globaux sur les dynamiques de l'activité biologique dans les sols. Il ne faut cependant pas oublier que les propriétés physico-chimiques des sols ont un réel impact sur le développement des organismes des sols ; aussi, des variabilités intra-parcellaires ont été relevées.

Dans les systèmes de culture, plusieurs pratiques ont été testées :

- L'apport et le type d'amendements organiques/matières organiques fraîches
- La fréquence du travail du sol superficiel
- La réalisation d'un travail du sol profond

Les systèmes ayant des résultats de dégradation important et donc une activité biologique importante sont les systèmes 1 et 7 en sous abris et 9 en plein champ.

Ces 3 systèmes ont tous les mêmes points communs concernant leur itinéraire technique : ils apportent des amendements organiques (à base de matières organiques animales), ne réalisent **pas de travail du sol profond** et réalisent de **3 à 5 passages de travail du sol superficiel par an**. Une variable supplémentaire pour certains d'entre eux, ils ont utilisés une **couverture végétale** qu'ils ont enfouis ou non.

Cela reprend les éléments vus dans les parties précédentes sur les pratiques permettant de favoriser la présence et le développement des organismes du sol.

Pour les systèmes ayant un taux moyen d'activité biologique assez faible, la composante commune est la réalisation de travail du sol profond (labour) 1 à 2 fois par an.



## 7. DISCUSSION ET PERSPECTIVES

L'ensemble des pratiques agricoles mais les propriétés physico-chimiques du sol (type de sol, le pH (entre 6.5 et 7) et la température) ont un impact non négligeable sur les dynamiques de l'activité biologique des sols. Ainsi c'est la combinaison de pratiques, le système global, ainsi que chaque composante de l'itinéraire technique sur les exploitations du réseau DEPHY FERME maraîchage varois qui a été étudié ici.

Cette étude fait ressortir que certaines pratiques ont un impact réellement favorable sur les organismes du sol :

- **Incorporer des matières organiques** (amendements organiques, enfouissement résidus de culture, engrais verts...)
- **Mettre en place des couverts végétaux** en culture ou inter-culture puisque les racines créent des « points chauds » d'activité microbienne dans les sols
- **Introduire des engrais verts** contribuent à apporter à la fois des composés carbonés et des éléments nutritifs nécessaires au développement des organismes du sol
- **Limiter l'intensité du travail du sol et sa fréquence** : privilégier le travail du sol superficiel et éviter le travail du sol profond
- **Piloter les apports en eau** afin d'éviter les excès d'eau

Ces tests seraient intéressants à renouveler après les 5 années de modification des pratiques dans le cadre du réseau DEPHY FERME afin de voir l'impact du changement de pratiques sur un pas de temps plus long.