

# Débloquer l'autofertilité et la résilience des sols

Cécile Tartera – agronome chez Groupe ProConseil

## 1. Le sol vivant : comment les plantes le structurent

La plante structure et nourrit le sol. Elle agit à travers trois mécanismes physiques et biologiques complémentaires :

### 1.1 Couverture du sol : stabilisation physique

- **Couvert protecteur** : protection mécanique contre l'érosion par impact des gouttes de pluie et contre le dessèchement de la surface.
- **Enchevêtrement racinaire** : les racines stabilisent physiquement les agrégats du sol et créent un réseau de canaux.
- **Colle biologique** : les exsudats racinaires (sucres) libérés lors de la photosynthèse nourrissent les bactéries, qui produisent un gel mucilagineux. Ces mêmes sucres alimentent les mycorhizes, qui produisent la glomaline (complexe de protéines). Ces deux substances, combinées au mycélium, contribuent à la stabilité structurale des agrégats.

### 1.2 Gestion de l'eau par la porosité

- **Macropores** : canaux d'infiltration rapide créés par les grosses racines. L'eau y circule mais n'y est pas retenue.
- **Micropores** : créés par les radicelles et les hyphes fongiques. Ces réservoirs retiennent l'eau capillaire que les racines peuvent prélever en période de déficit hydrique, accès rendu possible grâce à l'ampleur du réseau mycorhizien.

### 1.3 Les PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria)

Ces bactéries de la rhizosphère remplissent quatre grandes fonctions :

- **Nutrition des plantes** : fixation de l'azote atmosphérique et mobilisation du phosphore ; mobilisation d'éléments peu mobiles comme le fer et le potassium.
- **Production d'hormones végétales** : auxines (croissance racinaire), gibbérellines et cytokinines (division cellulaire).
- **Phytoprotection** : occupation de l'espace rhizosphérique pour limiter l'implantation des pathogènes ; sécrétion de substances antibactériennes et antifongiques.
- **Résistance aux stress abiotiques** : salinité, déficit hydrique, sécheresse.

### 1.4 Les mycorhizes

Plus de 85 % des plantes vasculaires vivent en symbiose avec un champignon mycorhizien. En plus des bénéfiques similaires aux PGPR, les mycorhizes apportent :

- Un accès à l'eau dans les micropores autrement inaccessibles aux racines, grâce à l'amplitude et à la finesse de leur réseau.
- Un prélèvement de nutriments à distance et en faibles concentrations.
- Une contribution au stockage du carbone du sol via les exsudats carbonés et la glomaline.

## 2. La chaîne alimentaire du sol

**Principe fondamental** : les plantes vertes sont les seules à capter le carbone de l'air et l'énergie lumineuse (autotrophes photoautotrophes). Tous les autres organismes du sol sont hétérotrophes – ils dépendent des apports de la plante. La matière organique ne nourrit pas directement les plantes : elle nourrit les décomposeurs, qui initient une chaîne alimentaire complexe dont la plante est le bénéficiaire indirect.

### Trois groupes fonctionnels structurent cette chaîne :

- **Macrofaune (> 10 mm)** : vers de terre, fourmis, araignées = fragmentation mécanique de la matière organique.
- **Mésafaune (0,2-10 mm)** : acariens, collemboles = fragmentation fine et ingestion.
- **Microfaune (< 0,2 mm)** : bactéries, champignons, nématodes, protozoaires, archées, levures, algues = dégradation chimique et recyclage des nutriments.

Les trois étapes enchaînées sont : **fragmentation** (par la macrofaune et mésafaune) → **dégradation chimique** (bactéries, actinomycètes, champignons) → **recyclage des nutriments** (nématodes, protozoaires prédateurs).

*Le sol abrite environ ¼ de la biodiversité de la planète. L'agriculteur est, en ce sens, un éleveur de la vie du sol.*

### 3. Les effets du travail du sol

- **À court terme** : décompaction apparente, oxygénation, accélération de la minéralisation, destruction des adventices, préparation d'un lit de semences.
- **À long terme** : pulvérisation de la structure, effondrement des galeries de vers de terre, section des hyphes fongiques, réduction de la connectivité hydraulique, augmentation du compactage global.

Si l'on abandonne le travail du sol, comment assurer ces fonctions (décompaction, minéralisation, lit de semences) sans recourir au travail mécanique ? C'est l'objet des pratiques agroécologiques.

*Chaque opération culturale reste une décision de compromis que l'agriculteur tranche en fonction de l'équilibre de son agroécosystème.*

### 4. Biodiversité et résilience des agroécosystèmes

#### 4.1 L'expérience de Jena (Allemagne, depuis 2002)

Résultats principaux de cette expérimentation sur la biodiversité végétale :

- Plus d'espèces végétales → plus d'abondance et de diversité microbienne dans le sol.
- Plus d'espèces → plus de stockage de carbone et d'humus.
- L'activité microbienne accrue se traduit par une meilleure disponibilité en nitrate, acides aminés et ammonium.
- La diversité végétale augmente la diversité au sein de toutes les familles de la vie du sol, par complémentarité des niches rhizosphériques.

#### 4.2 Concepts de biodiversité opérationnels

Notions de biodiversité : tient compte de la richesse (nombre d'individus différents) et l'abondance

- **Diversité alpha** : diversité moyenne des espèces dans un habitat spécifique (mesure locale, à la parcelle).
- **Diversité bêta** : variation de la diversité selon la spatialisation. Plus forte dans les environnements complexes (forêt, agroforesterie) → corrélée à une meilleure résilience.
  - **Redondance fonctionnelle** : plusieurs organismes remplissent les mêmes fonctions dans des conditions différentes (pH, sécheresse, température). Cette redondance confère la stabilité des fonctions écosystémiques dans le temps et selon les aléas.

### 5. Tension de l'agroécologie

- **Agroécosystèmes agricoles** : simplifiés, potentiellement productifs à court terme, mais vulnérables (peu de redondance fonctionnelle).
- **Écosystèmes naturels** : complexes, moins directement productifs, mais très résilients.

L'agriculture maintient artificiellement les systèmes dans un état juvénile, fragile. L'agroécologie est donc un compromis entre gagner en complexité sans perdre trop en productivité. *L'agroforesterie incarne cet équilibre idéal.*

## 6. Leviers pratiques

### 6.1 Diversité végétale dans le temps et dans l'espace

- **Dans le temps** : rotation des cultures, engrais verts et couverts intermédiaires.
- **Dans l'espace** : bandes fleuries, couverts intercalaires, cultures associées, haies.
- **Plantes pérennes** : agroforesterie, prairies, semis sur couverture végétale (SCV). Les racines pérennes créent le réseau biologique permanent sur lequel les cultures annuelles viennent se connecter.
- **Diversité spécifique** : dans les engrais verts, introduire des espèces peu cultivées habituellement, mélanger des cultivars – chaque mélange compte comme biodiversité fonctionnelle.

### 6.2 Biostimulants

Les biostimulants visent à renforcer et encourager les processus naturels de la vie du sol. Les engrais verts peuvent eux-mêmes jouer ce rôle biostimulant. Leur effet sur les ennemis des cultures est indirect : en renforçant la capacité de résistance de la plante aux stress abiotiques (sécheresse, salinité), on lui permet de conserver de l'énergie pour ses défenses biotiques. On ne contrôle pas l'ennemi directement : on stimule les défenses de la plante afin que les agresseurs, bien que présents, n'affectent pas significativement le rendement.

## 7. Symbioses fondatrices : trois exemples

### Le lichen – colonisation de la terre ferme

Il y a 450 millions d'années, les algues (photosynthèse, minéraux dissous dans l'eau) et les champignons (dissolution des minéraux de la roche) se sont associés pour coloniser la terre. Cette symbiose a produit de l'humus, nourri les premiers décomposeurs et permis l'installation des plantes. C'est le modèle originel de la complémentarité inter-règnes.

### La mycorhize – déjà traitée en section 2.3

### Le Rhizobium – fixation symbiotique de l'azote

Ces bactéries fixent l'azote atmosphérique et sont hébergées dans les nodules racinaires, organes spécialisés des légumineuses. Le nodule crée un microclimat à très faible concentration en oxygène, conditions nécessaires à l'activité nitrogénase (enzyme de fixation de l' $N_2$ ). La plante fournit le carbone, la bactérie fournit l'azote assimilable.