

# PROJET ABSOLU

ACCOMPAGNER LES FERMES BIOLOGIQUES VERS DE MEILLEURES PRATIQUES POUR LA QUALITÉ DES SOLS



## Livret d'accompagnement à la reconception de systèmes

Fiches pratiques agricoles

Fiches techniques

ARBORICULTURE



# CONTEXTE

Le projet **ABSOLu** a été mené sur une durée de 2 ans (2018-2020) avec pour objectif d'accompagner des producteurs en agriculture biologique ou en cours de conversion vers des pratiques optimisant la fertilité des sols. Ce projet a été porté par l'ITAB et en partenariat avec Blédina, l'ISARA, INRAE, la FRAB Nouvelle Aquitaine, le GRAB et la FNAB. Il s'est articulé autour de 2 fermes pilotes (arboriculture dans les Hautes Alpes, légumes de plein champs dans les Landes), et d'un réseau de producteurs fournissant entre autres Blédina avec des produits destinés à l'alimentation infantile. Pour ces agriculteurs, les contraintes liées au cahier de charge de l'agriculture biologique et de la babyfood se combinent, et l'ajout de principes de l'agriculture de conservation des sols constitue un véritable défi technique (ex: gestion des adventices, dynamique de l'azote, destruction des couverts...).

Pour y apporter des premiers éléments de réponses, le projet ABSOLu a produit plusieurs éléments :

- **Expérimentations** de systèmes de culture AB optimisant la qualité des sols
- **Conception d'outils d'accompagnement à la reconception** de systèmes pour améliorer la qualité des sol
- **Formations** de conseillers, animateurs, agriculteurs aux outils de suivis de l'évolution de la qualité des sols et aux outils de co-conception

Ce livret constitue l'un des outils produits pour accompagner la co-conception de systèmes de culture, et est destiné à être utilisé durant les ateliers. Il recense différents leviers mobilisables pour améliorer la qualité des sols en arboriculture et légumes de plein champ. Ces pratiques ont été identifiées dans le cadre du projet par des experts (conseillers, chercheurs et agriculteurs) et dans la littérature, et s'appuient sur des références bibliographiques recensées à la fin de ce livret.



Il ne s'agit pas d'une liste exhaustive des pratiques impactant la qualité des sols et de leurs effets, mais bien d'un objet intermédiaire de discussion permettant d'alimenter les ateliers co-conception de systèmes de culture.

## Qualité des sols définition proposée par le consortium ABSOLu

« Un sol de qualité se définit par des propriétés **physiques, chimiques, et biologiques** favorables au système de culture, adaptées à la gestion par l'agriculteur. Il rend des services écosystémiques à long terme. Pour les systèmes de cultures dédiés à l'alimentation infantile, les services écosystémiques attendus sont la **minimisation des pollutions**, (plantes, eau, sol, air), la production rentable de matières premières de qualité, la séquestration du carbone, le maintien et/ou l'augmentation de la biodiversité du sol. »

## LÉGENDE

Dimension de la qualité des sols impactée :

-  Vie du sol (qualité biologique)
-  Structure du sol (qualité physique)
-  Disponibilité en éléments nutritifs pour les cultures (qualité chimique)
-  Bio-agresseurs et éléments contaminants (qualité sanitaire)

Catégorie de bio-agresseurs impactée :

-  Maladies cryptogamiques
-  Ravageurs
-  Adventices



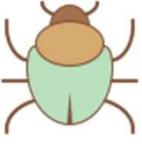
# SOMMAIRE

## Fiches pratiques

Enherbement du rang .....	5
Enherbement diversifié de l'inter-rang .....	7
Paillage ou mulch sur le rang .....	9
Réduction des traitements au cuivre, ou autre produit nocif pour la vie du sol .....	11
Désherbage mécanique sur le rang .....	13
Désherbage thermique sur le rang .....	15
Bioélectronique de Vincent pour diagnostiquer la qualité des sols .....	17
Traitements homéopathiques et isothérapeutiques .....	19
Réduction du nombre de passages d'engins, de leur poids et de la pression de leurs pneus .....	21
Gestion de l'irrigation pour minimiser la pression en bioagresseurs .....	23
Introduction d'animaux dans les vergers enherbés .....	25
Prophylaxie par gestion de la litière foliaire .....	27
Méthode sandwich .....	29
Apports de matières organiques raisonnés .....	31
Haies .....	33
Test-bêche .....	35
Mini-profil 3D .....	37
Références bibliographiques - Fiches pratiques.....	39

## Fiches techniques

Fiche 1 : Bioélectronique de Vincent pour diagnostiquer la qualité des sols .....	44
Fiche 2 : Traitements homéopathiques et isothérapeutiques .....	48
Fiche 3 : Test-bêche .....	53
Fiche 3 : Mini-profil 3D .....	59

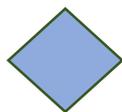


# Enherbement du rang



C.- E. Parveaud

Verger enherbé sur le rang



# Enherbement du rang

*L'enherbement du rang peut être temporaire ou permanent.*

## Services attendus

-  Préserver la vie du sol et son activité biologique en réduisant le travail du sol sur le rang. Les légumineuses sont favorables au développement des mycorhizes.
-  Améliorer la portance et la structure du sol. Protéger le sol de l'érosion et favoriser l'infiltration de l'eau.
-  Fournir de l'azote aux arbres (légumineuses), ce qui permet de réduire les apports de MO. Les crucifères peuvent rendre biodisponible le potassium non assimilable par les arbres.
-  Maitriser les adventices. Limiter la vigueur des arbres et donc leur sensibilité aux maladies. Certains couverts permettent de repousser les bioagresseurs.

## Pré-requis



- On préfère généralement des espèces peu concurrentielles à l'enherbement spontané.
- Choix des espèces en accord avec les conditions pédoclimatique et minimisant la concurrence hydro-minérale avec les arbres. Privilégier les espèces pérennes permet de ne pas avoir à resemer tous les ans. Les espèces semées ne seront pas les mêmes selon l'objectif visé.
- Investir dans un outil de tonte adapté si le couvert n'est pas entretenu par pâturage.

## Points de vigilance & synergies

- L'enherbement permanent est à éviter sur un jeune verger.
- Risques de campagnols.
- L'enfouissement des apports est impossible.
- La maitrise des lierres et ligneux requière des interventions manuelles.
- Augmentation du temps de travail pour l'entretien du couvert.



+ Limite les risques de pollution des eaux.

+ Source de biodiversité. L'entretien se fera par fauchage, moins perturbateur que le girobroyage.

+ Meilleure alimentation en phosphore, fer et potassium.

+ Lutte contre les ravageurs aériens



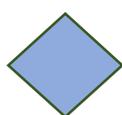


# Enherbement diversifié de l'inter-rang



C.- E. Parveaud

Verger enherbé sur l'inter-rang



# Enherbement diversifié de l'inter-rang

*L'enherbement inter-rang peut se réaliser un inter-rang sur deux si la compétition est trop préjudiciable. Il peut être temporaire ou permanent.*

## Services attendus

-  Les légumineuses sont favorables au développement des mycorhizes.
-  Améliorer la portance et la structure du sol. Protéger le sol de l'érosion et favoriser l'infiltration de l'eau. Limiter les risques de tassement.
-  Fournir de l'azote aux arbres (légumineuses), ce qui permet de réduire les apports de MO. Les crucifères peuvent rendre biodisponible le potassium non assimilable par les arbres. Les résidus de fauche laissés au sol constituent un apport de MO pour l'inter-rang.
-  Maitriser les adventices. Limiter la vigueur des arbres et donc leur sensibilité aux maladies. Certains couverts permettent de repousser les bioagresseurs.

## Pré-requis

-  On préfère généralement des espèces peu concurrentielles à l'enherbement spontané.
- Choix des espèces en accord avec les conditions pédoclimatique et minimisant la concurrence hydro-minérale avec les arbres. Privilégier les espèces pérennes permet de ne pas avoir à resemer tous les ans. Les espèces semées ne seront pas les mêmes selon l'objectif visé.
- Investir dans un outil de tonte adapté si le couvert n'est pas entretenu par pâturage.

## Points de vigilance & synergies



- L'enherbement permanent est à éviter sur un jeune verger.
- Risques de campagnols.
- L'enfouissement des apports est impossible.
- La maitrise des lierres et ligneux requière des interventions manuelles.
- Augmentation du temps de travail pour l'entretien du couvert.



- + Limite les risques de pollution des eaux.
- + Source de biodiversité. L'entretien se fera par fauchage, moins perturbateur que le girobroyage. Un fauchage 1 inter-rang sur 2 offre un refuge à la faune.
- + Meilleure alimentation en phosphore, fer et potassium.
- + Lutte contre les ravageurs aériens

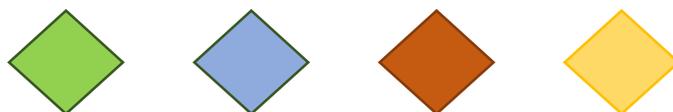


# Paillage ou mulch sur le rang



D. Plénet

Verger avec paillage



# Paillage ou mulch sur le rang

## Services attendus

- ◆ Les paillis végétaux favorisent la vie du sol, par l'augmentation du taux de matière organique et l'arrêt du désherbage mécanique. Les vers de terre sont plus abondants, et la mésofaune plus diversifiée. Les bâches plastiques favorisent le développement de carabes, mais freinent celui des vers de terre.
- ◆ Augmentation du taux de matière organique dans le cas de paillis végétaux. Le BRF peut créer une faim d'azote pendant 1 à 2 ans.
- ◆ Les paillages organiques permettent d'améliorer la structure du sol (porosité), de limiter l'érosion et le tassement. Ils augmentent sa capacité de rétention en eau et en fertilisant.
- ◆ Les paillages permettent d'empêcher la levée des adventices. Dans le cas de bâches plastiques ou toiles tissées, la gestion de l'herbe à la lisière de la bâche peut être complexe. L'efficacité des paillis végétaux dépend de l'épaisseur épandue.

## Pré-requis



- Choix du type de paillage (bâche plastique, toile tissée, espèce végétale)
- Disponibilité du matériel

## Points de vigilance & synergies



- Temps de mise en place (pose ou broyage, transport, épandage, enfouissement dans le cas des mulch)
- Coût élevé
- Interdit le désherbage mécanique
- Risque d'attirer certains bioagresseurs (campagnols)
- Recolonisation par certains type d'adventices après 2 ans en bâches plastiques ou avec du BRF (développement de vivaces)
- Impossibilité d'enfouir les apports
- Efficacité à plus long terme pour les paillages végétaux suffisamment épais.
- Risques de pollution des sols par dégradation des paillages plastiques.



- + Les paillages assurent un bon démarrage des jeunes vergers.

# Réduction des traitements au cuivre

Ou autres produits nocifs  
pour la vie du sol



F. Didelot

Tavelure sur pommier



# Réduction des traitements au cuivre

Ou autres produits nocifs pour la vie du sol

## Services attendus



- Les OAD (comme le modèle RIMpro par exemple) permettent d'anticiper les risques de développement de la tavelure grâce à une station météo installée au cœur du verger et reliée à un logiciel de modélisation des risques. Les traitements au cuivre ne sont alors réalisés que lorsque cela est nécessaire, ce qui permet de préserver les auxiliaires du sol.
- La laminarine est un produit de biocontrôle stimulant les défenses naturelles des arbres et renforçant leur résistance aux maladies. Cette substance présente une structure semblable aux molécules produites par les champignons pathogènes (tavelure, gloesporium et feu bactérien). Elle est alors reconnue par la plante comme un signal d'attaque, qui déclenche les mécanismes de défense de la plante. Celle-ci sera ainsi plus résistante à l'attaque d'un pathogène.
- Le bicarbonate de potassium a une action fongicide (notamment sur tavelure et oïdium), et ne présente aucune toxicité ou risques pour l'environnement (produit alimentaire).
- Déterminer le TRV (Tree Row Volume), c'est-à-dire la surface foliaire, peut permettre d'adapter les doses de cuivre à appliquer. En particulier, en début de cycle, lorsque les feuilles sont peu nombreuses, les doses de traitements peuvent être réduites.



- L'application de cuivre un rang sur deux, en alternant les rangs traités à chaque passage, permet de réduire les doses de cuivre utilisées, tout en conservant un risque tavelure limité et en diminuant le tassement du sol.



## Pré-requis

- Utiliser des variétés résistantes permet de limiter les traitements nécessaires.

## Points de vigilance & synergies



- Suivi rigoureux des risques de développement tavelure.
- Le traitement un rang sur deux a été testé chez les agriculteurs, mais aucune étude n'a encore été menée dessus.



# Désherbage mécanique sur le rang



C.- E. Parveaud

Outil de désherbage mécanique



# Désherbage mécanique sur le rang

## Services attendus

- ◆ Supprimer les adventices localisées au plus près des arbres.

## Pré-requis



- Disponibilité du matériel
- Réglage précis
- Sol peu caillouteux
- Plantation à plat

## Points de vigilance & synergies



- Risque de blessures des arbres pouvant être des points d'entrée de maladies
- Passages dépendants des conditions climatiques (impossible sur sol humide ou trop sec)
- L'outil idéal n'a pas encore été trouvé ...



- + Dérange les campagnols
- + Permet l'enfouissement des apports organiques



# Désherbage thermique sur le rang



HelloPro

Désherbeur thermique



# Désherbage thermique sur le rang

## Services attendus

- ◆ Le désherbage thermique permet la destruction des adventices par application d'un choc thermique à température élevée, entraînant l'éclatement des cellules végétales.

## Pré-requis



- Disponibilité du matériel
- Réglage précis

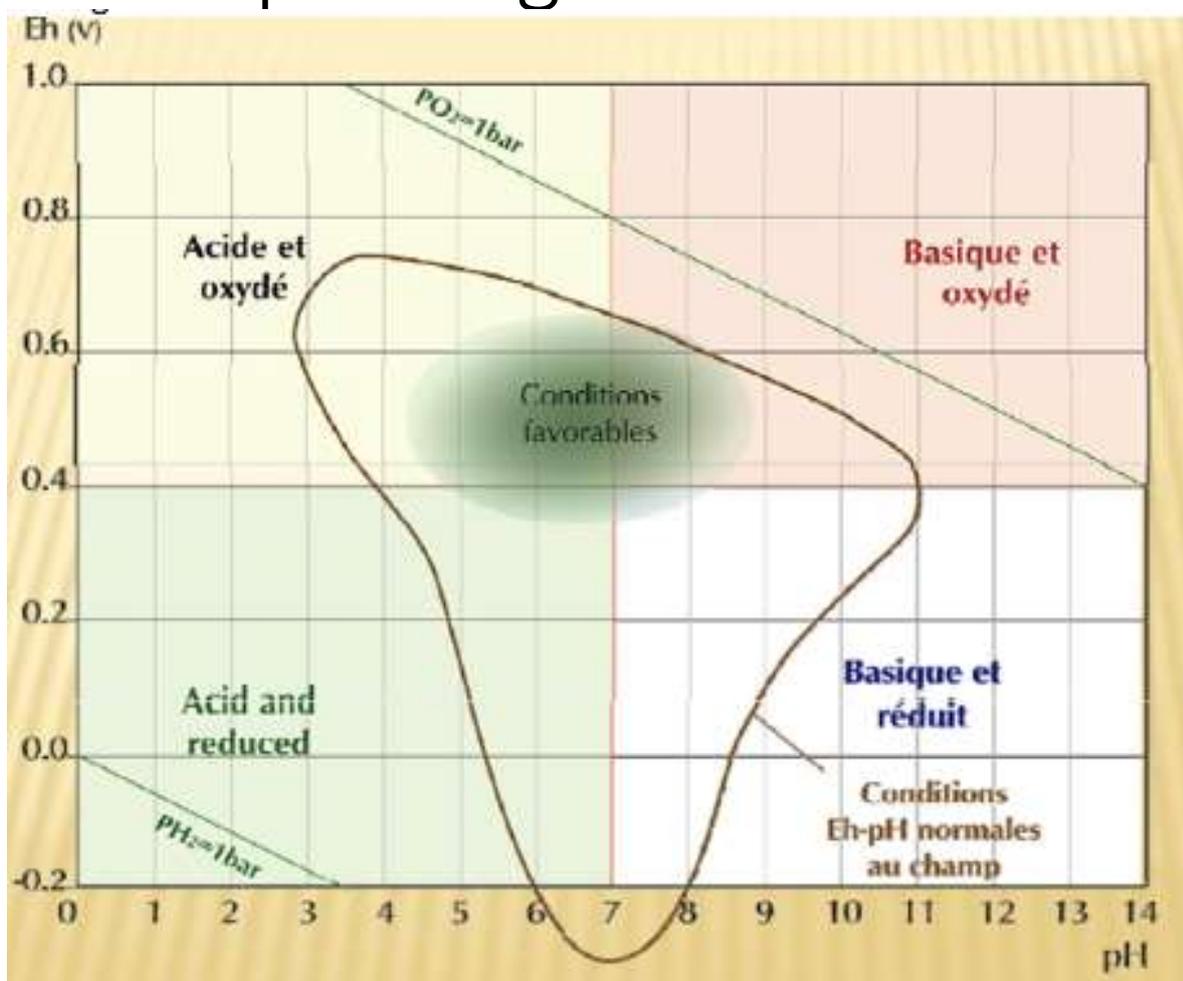
## Points de vigilance & synergies



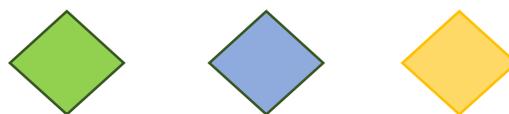
- Passages fréquents et en conditions précises (à éviter l'été sur les herbes sèches)
- Longues périodes d'interdictions (risques d'incendies)
- Ne fonctionne sur que les plantules (utilisé pour les faux-semis), aucune action sur le chiendent par exemple.
- Méthode coûteuse en énergie
- Nécessite d'avoir un outil de travail du sol sur le rang et un outil de désherbage thermique, ce qui augmente le coût d'investissement.



## Bioélectronique de Vincent Equilibrage des sols



Cadrans d'un bioélectronigramme



# Bioélectronique de Vincent

## Equilibrage des sols

➔ Se référer à la Fiche technique 1 pour plus de détails

### Services attendus

- ◆ La bioélectronique consiste à analyser le pH, le potentiel d'oxydo-réduction et la résistivité comme un ensemble pour caractériser l'état de santé global d'un corps (sol, bouillie de pulvérisation...). Il est ensuite possible de positionner les résultats du produit analysé sur un bioélectronigramme, diagramme définissant quatre zones plus ou moins favorables à la vie.  
Cette analyse permet de déterminer quels types de produits apporter au sol pour le faire évoluer vers un milieu acide et réducteur propice à la vie (voir fiche).
- ◆ La bioélectronique de Vincent sert de base à l'élaboration d'une stratégie de rééquilibrage des sols afin de les rendre moins favorables au développement de bioagresseurs.
- ◆ Les analyses de pH et potentiels d'oxydo-réduction permettent également d'étudier les conditions de biodisponibilité des éléments nutritifs et des contaminants (en particulier en babyfood) (voir fiche).

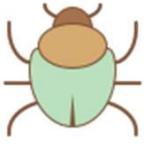
### Points de vigilance & synergies



- Mesures très sensibles à de nombreux facteurs (électromagnétisme, humidité du sol, période de la journée, exposition au soleil ...) et difficiles à interpréter
- Compréhension des interactions sol/plante imparfaite



- + La teneur en matière organique peut également impacter la biodisponibilité des contaminants (piégeage)



# Fiche 2

## Traitements homéopathiques et isothérapeutiques



PxHere

Homéopathie



# Traitements homéopathiques et isothérapeutiques

➔ Se référer à la Fiche technique 2 pour plus de détails

## Services attendus

- ◆ Application d'une substance (huile essentielle, sulfate de cuivre, etc.) très fortement diluée, puis dynamisée, sur les arbres dans l'objectif de lutter de façon préventive ou curative contre un bioagresseur. Dans le cas de l'isothérapie, la substance employée sera la maladie elle-même. Cette méthode peut par exemple être employée sur l'oïdium, la tavelure, le carpocapse, etc.

## Pré-requis



- Certaines substances sont commercialisées, mais des essais peuvent également être faits par les agriculteurs en suivant les principes de l'homéopathie (voir fiche), même si l'extension de leur domaine d'application aux plantes n'a pas encore été confirmée.

## Points de vigilance & synergies



- Les connaissances en homéopathie et isothérapie appliquées aux plantes sont encore peu nombreuses. Beaucoup de travaux restent encore à faire.
- Potentiel d'efficacité sur les variétés non résistantes ?



- + L'homéopathie pourrait également avoir des effets bénéfiques sur la vie du sol.
- + Cela permettrait de réduire les doses de produits de traitement utilisés.

# Réduction des passages d'engins, de leur poids et de la pression de leurs pneus



Ornières en verger de pommiers



# Réduction des passages d'engins, de leur poids et de la pression de leurs pneus

## Services attendus

- ◆ Utiliser des pneumatiques basse pression et ayant un grand volume d'air permet de limiter la pression appliquée sur le sol, donc de diminuer le risque de tassement de surface.

Utiliser des engins plus légers et réduire le nombre de passages permet de limiter les risques de tassement en profondeur.

## Pré-requis



- Disponibilité du matériel
- Equiper l'ensemble du parc matériel de pneus basse pression (et non que les roues arrières des tracteurs)

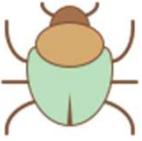
## Points de vigilance & synergies



- Cela nécessite de trouver des stratégies alternatives de gestion des adventices, maladies et ravageurs.



- + Diminution des charges de mécanisation
- + Diminution du temps de travail



# Gestion de l'irrigation pour minimiser la pression en bioagresseurs



Irrigation par aspersion

C.- E. Parveaud



# Gestion de l'irrigation

## Services attendus

- ◆ Selon le système d'irrigation utilisé et la dose apportée, la prolifération des adventices, maladies et de certains ravageurs sera plus ou moins défavorisée.

Les systèmes d'irrigation mouillant le feuillage (aspersion sur frondaison) ou favorisant un microclimat humide dans le verger (aspersion sous frondaison) favorisent le développement des maladies (ex. monilioses, tavelure, ...). L'aspersion sur frondaison peut malgré tout présenter un intérêt dans la lutte contre certains ravageurs (acariens). La durée d'aspersion peut également être réduite à une durée ne favorisant pas le développement fongique.

Les systèmes d'irrigation de type goutte à goutte, en particulier le goutte à goutte enterré qui permet de ne pas humecter le sol en surface, sont les plus à même de limiter le développement des adventices. À l'inverse, le maintien d'un sol humide par aspersion permet de protéger la vie du sol en période de sécheresse.

## Pré-requis



- Possibilité de mettre en place un système d'irrigation
- Le contrôle de l'humidité du sol (tarière, sondes) est indispensable pour connaître la diffusion de l'eau dans le sol.

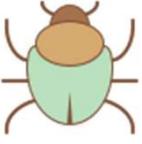
## Points de vigilance & synergies



- Le choix du système d'irrigation résulte d'un compromis entre la possibilité d'utilisation pour la protection anti-gel, l'efficacité agronomique (rendement et qualité des fruits, impact sur les bioagresseurs), le coût du matériel, les contraintes d'organisation du travail, etc.
- Dans les régions où l'aspersion anti-gel est obligatoire, l'acquisition d'un système d'irrigation alternatif représente un double investissement.
- La méthode de gestion de l'enherbement peut également impacter ce choix (système d'irrigation obligatoirement suspendu pour la méthode sandwich par exemple).
- Les systèmes d'irrigation par aspersion pourraient favoriser le tassement des sols.
- Les durées d'aspersion nécessaires pour favoriser le développement de certains pathogènes ne sont pas bien connues.



- + Possibilité d'utiliser les systèmes d'irrigation par aspersion pour lutter contre les risques de gel. Les systèmes d'irrigation goutte à goutte permettent de localiser, et donc de diminuer, les apports en eau.

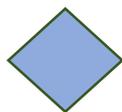


# Introduction d'animaux dans les vergers enherbés



J. Le Gall

Oies en verger



# Introduction d'animaux

*Le pâturage peut être temporaire (de quelques jours à quelques mois) ou permanent.*

## Services attendus

-  Les fumures animales contribuent à l'activité biologique des sols et au maintien de la biodiversité floristique et faunistique.
-  Le pâturage remplace entre 1 et 3 gyrobroyages, tontes ou débroussaillages du couvert, et limite donc les risques de tassement. Cet effet est cependant discuté, puisque les animaux pourraient également être à l'origine d'un risque de compaction des sols, en particulier en périodes humides.
-  Les déjections animales représentent un apport organique fertilisant le verger, variable selon la charge en animaux. L'estimation de la quantité d'éléments nutritifs apportée reste encore complexe.
-  Le pâturage permet l'élimination des fruits contaminés donc la limitation de l'inoculum primaire des maladies, ou des populations hivernantes de ravageurs. Les campagnols peuvent être éliminés par prédation ou piétinement.

## Pré-requis



- Partenariat avec un éleveur si pas d'atelier d'élevage à la ferme
- Clôture fixe ou gardiennage pour surveiller que le troupeau ne consomme que la partie souhaitée du couvert et qu'aucun animal ne se blesse
- Protection contre les prédateurs (renards, chiens errants ...)
- Le choix de l'espèce à introduire dépend des objectifs souhaités, des caractéristiques du verger et des potentiels débouchés.

## Points de vigilance & synergies



- Risque d'écorçage en jeune verger de pommier
- La fréquence et l'intensité des traitements au cuivre est à adapter (résidus toxiques)
- L'installation d'un atelier d'élevage sur la ferme implique une augmentation de la charge de travail
- Manque de références
- Interdit par certains cahiers des charges (risques de contaminations).



- + Entretien et maîtrise de l'enherbement
- + Diminution des coûts de mécanisation
- + Réduction du temps de travail si le pâturage est géré par un éleveur
- + Economie de la ressource fourragère pour l'éleveur
- + Diversité des productions



# Prophylaxie par gestion de la litière foliaire



C.- E. Parveaud

Opération de broyage de la litière foliaire



# Prophylaxie par gestion de la litière

*Sur l'inter-rang, les feuilles tombées au sol peuvent être retirées par une balayeuse ou broyées. Sur le rang, les feuilles peuvent être soufflées ou brossées vers l'inter-rang, ou enfouies sur le rang par une décavaillonneuse à disques.*

## Services attendus

- ◆ Enlever ou dégrader la litière foliaire afin de limiter l'inoculum de certaines maladies (tavelure en particulier). Ces pratiques sont à mettre en place après la chute des feuilles, hors périodes trop humides.

Le broyage permet également de limiter les populations de mineuses et autres ravageurs, et l'enfouissement détruit les adventices présentes.

## Pré-requis



- Disponibilité de l'équipement adapté (en particulier pour le retrait et l'enfouissement)

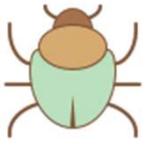
## Points de vigilance & synergies



- L'enfouissement peut, s'il est combiné à un travail du sol systématique, affecter la pédofaune.
- Le retrait des feuilles peut pénaliser la balance en matière organique.



- + L'enfouissement peut être combiné avec une opération d'incorporation d'apports organiques.



# Méthode sandwich



M. Millan

Méthode sandwich



# Méthode sandwich

## Services attendus

- ◆ Lutter contre les adventices en verger adulte en travaillant le sol de chaque côté du rang (40 cm minimum, jusqu'à 1 m pour des plantations larges en fruits à noyaux) avec un outil simple en laissant la bande centrale du rang enherbée (semée ou spontanée) de 20 cm de largeur minimum.

Le travail du sol de chaque côté du rang détruit également les galeries superficielles des campagnols.

## Pré-requis



- Ce système nécessite de posséder un outil de travail du sol et un outil de gestion des couverts (herbanet ou tondeuse).

## Points de vigilance & synergies



- Porosité faible et risque de tassement en fond de travail pour la partie travaillée.
- Impact négatif sur la vie du sol pour la partie travaillée.
- Les campagnols peuvent se concentrer dans la bande centrale du rang non travaillée.

*+ voir cartes enherbement*



- + Pour compenser la concurrence avec l'enherbement, les racines de l'arbre se concentrent dans les zones travaillées.
- + Il n'y a pas de travail du sol au plus près de l'arbre, ce qui diminue le risque d'endommager le système racinaire.

*+ voir cartes enherbement*

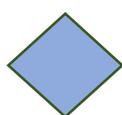


# Apports de matières organiques raisonnés



Agriexpo

Epandage de fumier



# Apports de matières organiques raisonnés

## Services attendus

- ◆ La MO est une source d'éléments nutritifs pour les organismes du sol. Elle stimule ainsi l'activité biologique.
- ◆ La stabilité structurale est dépendante de l'activité biologique des sols et du type de MO apporté. Une MO labile, se décomposant rapidement, aura ainsi un impact structurant plus fort à court terme, d'où le classement : engrais vert > fumier > compost de fumier > compost de déchets verts. Cette stabilité structurale permet de limiter les risques d'érosion, ruissellement et battance. Cet impact sera moins durable dans le temps.
- ◆ L'apport de MO permet d'augmenter les teneurs en éléments nutritifs du sol. Selon l'objectif de fertilisation visé, les produits choisis ne seront pas les mêmes. Les apports pourraient se limiter à équilibrer les différents compartiments de la MO (stable ou libre). Ainsi, un couvert de légumineuse pérenne suffirait à couvrir les besoins azotés des pommiers. Les stocks de phosphore et la présence de mycorhizes assurent l'alimentation phosphatée sans apports. Un enherbement permanent des vergers sans exportation, et la restitution des bois de taille, permettent l'augmentation du stock de carbone dans les sols.
- ◆ Une fertilisation excessive augmente le rythme de croissance, donc le nombre de jeunes feuilles sensibles aux contaminations par la tavelure, d'où des traitements plus fréquents. Certains ravageurs peuvent aussi être favorisés.

## Pré-requis



- Disponibilité de la MO AB
- Disponibilité du matériel d'épandage et possibilité de stockage
- Teneurs en métaux lourds des MO apportées ?

## Points de vigilance & synergies



- Les apports sont avant tout raisonnés en fonction de l'objectif visé (qualité, quantité) et du type de sol.
- La minéralisation peut être influencée par l'aération du sol et le pH.
- Certains types d'apports en MO visant à augmenter la teneur en N peuvent avoir un impact négatif sur la teneur en C (engrais organiques) et inversement (broyage de bois).
- Teneurs en métaux lourds difficiles à connaître pour les produits bruts non issus du commerce.



- + Pour les sols drainants : augmentation de la rétention d'eau et de la CEC.
- + Rétention des micro-polluants.

# Haies



Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales

Haie brise-vent en bord de parcelle



# Haies

## Services attendus

- ◆ Les haies ralentissent les ruissellements, retiennent les sédiments et les matières actives. Leur système racinaire favorise l'infiltration. Elles ne doivent pas présenter de discontinuités pour ne pas créer de couloirs d'érosion.

## Pré-requis



- Choix des espèces et de la localisation de la haie à étudier
- Disponibilité du matériel d'entretien
- Maîtrise technique
- Débouché pour la production de bois ?

## Points de vigilance & synergies



- Temps de travail pour l'entretien
- Perte potentielle d'espace
- Pour qu'une haie devienne admissible dans les déclarations PAC, elle ne doit pas dépasser 10m de large et sans discontinuités de plus de 5m.
- Il n'existe pas encore d'étude sur l'impact de l'implantation d'une haie au cœur d'un verger.



- + Habitat privilégié pour tous les auxiliaires des cultures
- + Les haies et autres infrastructures agro-écologiques (poteaux perchoirs, tas de branches et pierres) attirent notamment les rapaces, principaux prédateurs des campagnols.
- + Lutte contre les pollutions des cours d'eau
- + Effet brise vent
- + Enrichissement des terres en matières organiques (chute des feuilles)

## Test bêche



ISARA

Prélèvement de sol pour un test bêche



## Services attendus



Le test bêche permet d'établir en 20-30 minutes un diagnostic de la structure du sol en observant les mottes présentes dans une bêchée de sol et leur mode d'assemblage. Il est notamment possible d'identifier les problématiques de tassement afin de raisonner la nécessité d'un travail du sol. Moins précis que le profil cultural, ce test est plus simple, plus rapide à mettre en œuvre, et non destructif.

## Pré-requis



- Pour réaliser ce test, il faut s'équiper d'une bêche, d'une bâche pour poser la bêchée, d'un couteau et d'un mètre.
- Le test s'effectue sur un sol correctement ressuyé et en dehors des passages de roues.
- Pour obtenir des résultats représentatifs, il est conseillé de répéter le test bêche à plusieurs endroits de la parcelle.

## Déroulé du test

1. Observer la surface du sol : noter la proportion de sol couverte par des résidus, le taux de cailloux, la présence de croûte de battance...
2. Extraire un échantillon de sol
3. Observer le bloc extrait sur la bêche
4. Observer le bloc extrait sur une bâche

Les détails de la réalisation du test et de son interprétation sont fournis fiche technique n°3.

## Points de vigilance & synergies



- Le test bêche ne permet d'observer que les horizons superficiels (<25 cm généralement) et ne suffit donc pas à déceler un tassement profond (semelle de labour par exemple), contrairement au miniprofil 3D ou au profil cultural.
- La réalisation et l'interprétation du test bêche sont difficiles en sols caillouteux, en sols trop secs ou trop humides.



- + Le test bêche peut permettre de déterminer si un accident de culture est lié à la structure du sol.
- + Un test bêche en interculture peut permettre d'orienter les décisions en termes de travail du sol pour la culture à venir.
- + Une fois le travail du sol réalisé, le test bêche permet de valider l'atteinte de l'objectif de restructuration du sol.
- + Le test bêche permet de suivre les évolutions de la structure du sol suite à la mise en place de nouvelles techniques, par exemple.

## Mini profil 3D



Agrifind

Prélèvement de sol pour un mini profil 3D



# Mini profil 3D

➔ Se référer à la Fiche technique 3 pour plus de détails

## Services attendus

- ◆ Le mini profil 3D permet d'établir en un temps réduit un diagnostic de la structure du sol en observant un bloc de sol prélevé avec les palettes d'un chargeur télescopique ou d'un tracteur équipé avec chargeur frontal. Il est notamment possible d'identifier les problématiques de tassement afin de raisonner la nécessité d'un travail du sol. Moins précis que le profil cultural mais plus que le test bêche, ce test est plus simple, plus rapide à mettre en œuvre, et non destructif.

## Pré-requis



- Pour réaliser ce test, il faut s'équiper de la fourche d'un transpalette ou d'un tracteur
- Le test s'effectue sur un sol pas trop sec, préférentiellement en interculture, à l'automne pour une prise de décision sur le travail du sol ; au printemps pour observer l'enracinement des cultures ; après un chantier contraignant pour observer l'effet des passages de roues
- Pour obtenir des résultats représentatifs, il est conseillé de répéter le test bêche à plusieurs endroits de la parcelle.

## Déroulé du test

1. Prélever un bloc de sol à l'aide du chargeur.
2. Observer le bloc : délimiter les horizons, observer les transitions entre horizons et la structure de chaque horizon.
3. Observer les mottes et leur état de porosité, l'activité biologique, la profondeur d'enracinement

*Les détails de la réalisation du test et de son interprétation sont fournis fiche n°3.*

## Points de vigilance & synergies



- Il est difficile d'observer le sol sur toute une largeur de semoir



+ Observation confortable et en 3D

+ Meilleure observation de la structure et de l'enracinement que pour le test-bêche, en particulier dans les horizons profonds

+ (Tous les avantages mentionnés pour le test-bêche sont également valables pour le mini-profil)

# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## Enherbement du rang :

C. Gomez, GRAB, *L'enherbement permanent en agriculture biologique*, RMT DevAB, 4 pages. Accessible en ligne à [https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/Occitanie/076\\_Inst-Occitanie/Documents/Productions\\_techniques/Agriculture\\_biologique/Espace\\_ressource\\_bio/Enherbement-AgriBio-2009.pdf](https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/076_Inst-Occitanie/Documents/Productions_techniques/Agriculture_biologique/Espace_ressource_bio/Enherbement-AgriBio-2009.pdf)

L. Romet, GRAB, Enherbement du rang de pommier – Situation au bout de la huitième année, 2006, 5 pages. Accessible en ligne à <http://www.grab.fr/cd2006/FicheArboPACA16%20Enherbement%20Pommiers%202006.pdf>

S.-J. Ondet, Enherbement permanent ou travail du sol sur le rang ? dans *Alter Agri* n°55, septembre-octobre 2002, 2 pages. Accessible en ligne à [https://abiodoc.docressources.fr/doc\\_num.php?explnum\\_id=53](https://abiodoc.docressources.fr/doc_num.php?explnum_id=53)

La boîte à outils des agriculteurs, *Fiche technique Gestion sous le rang en arboriculture*. Accessible en ligne à [http://www.boitagri.com/toolbox/production/pomme/Adventices/V\\_Gestion\\_sous\\_le\\_rang/fiche:0060-Gestion+sous+le+rang](http://www.boitagri.com/toolbox/production/pomme/Adventices/V_Gestion_sous_le_rang/fiche:0060-Gestion+sous+le+rang)

Alteragri, *Engrais vert et enherbement permanent en arboriculture*, n°110, novembre-décembre 2011. Accessible en ligne à [https://abiodoc.docressources.fr/doc\\_num.php?explnum\\_id=1547](https://abiodoc.docressources.fr/doc_num.php?explnum_id=1547)

## Enherbement diversifié de l'inter-rang :

C. Gomez, GRAB, *L'enherbement permanent en agriculture biologique*, RMT DevAB, 4 pages. Accessible en ligne à [https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/Occitanie/076\\_Inst-Occitanie/Documents/Productions\\_techniques/Agriculture\\_biologique/Espace\\_ressource\\_bio/Enherbement-AgriBio-2009.pdf](https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/076_Inst-Occitanie/Documents/Productions_techniques/Agriculture_biologique/Espace_ressource_bio/Enherbement-AgriBio-2009.pdf)

L. Romet, GRAB, Enherbement du rang de pommier – Situation au bout de la huitième année, 2006, 5 pages. Accessible en ligne à <http://www.grab.fr/cd2006/FicheArboPACA16%20Enherbement%20Pommiers%202006.pdf>

S.-J. Ondet, Enherbement permanent ou travail du sol sur le rang ? dans *Alter Agri* n°55, septembre-octobre 2002, 2 pages. Accessible en ligne à [https://abiodoc.docressources.fr/doc\\_num.php?explnum\\_id=53](https://abiodoc.docressources.fr/doc_num.php?explnum_id=53)

La boîte à outils des agriculteurs, *Fiche technique Gestion-entretien de l'inter-rang en arboriculture*. Accessible en ligne à [http://www.boitagri.com/toolbox/production/pomme/Adventices/V\\_Gestion\\_de\\_l-inter-rang/fiche:0022-Gestion-entretien+de+l%27inter-rang](http://www.boitagri.com/toolbox/production/pomme/Adventices/V_Gestion_de_l-inter-rang/fiche:0022-Gestion-entretien+de+l%27inter-rang)

Alteragri, *Engrais vert et enherbement permanent en arboriculture*, n°110, novembre-décembre 2011. Accessible en ligne à [https://abiodoc.docressources.fr/doc\\_num.php?explnum\\_id=1547](https://abiodoc.docressources.fr/doc_num.php?explnum_id=1547)

## Paillage ou mulch sur le rang

Laget E., Guadagnini M., Plénet D., Simon S., Assié G., Billote B., Borioli P., Bourguoin B., Fratantuono M., Guérin A., Hucbourg B., Lemarquand A., Loquet B., Mercadal M., Parveaud C-E, Ramade L., Rames M-H., Ricaud V., Rousselou C., Sagnes J-L., Zavagli F. 2015. *Guide pour la conception de systèmes de production fruitière économes en produits phytopharmaceutiques*. GIS Fruits et Ministère de l'agriculture, Paris, 264 p.

La boîte à outils des agriculteurs, *Fiche technique Gestion sous le rang en arboriculture*. Accessible en ligne à [http://www.boitagri.com/toolbox/production/pomme/Adventices/V\\_Gestion\\_sous\\_le\\_rang/fiche:0060-Gestion+sous+le+rang](http://www.boitagri.com/toolbox/production/pomme/Adventices/V_Gestion_sous_le_rang/fiche:0060-Gestion+sous+le+rang)

M. Rosso, *Fiche témoignage n°9 – L'utilisation de la matière végétale en paillage et en enfouissement*, 2014, 4 pages.

# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## Réduction des traitements au cuivre – Ou autre produit nocif pour la vie du sol

Vergers écoresponsables, Outils d'aide à la décision. Accessible en ligne à <http://lapomme.org/vergers-ecoresponsables/outils-d-aide-a-la-decision>

M. Giraud et M. Trapman, Le modèle RIMpro : intérêt dans la gestion de la Tavelure du Pommier, dans Arbo Bio Infos n°108, octobre 2006, 2 pages. Accessible en ligne à <http://www.arbobio.com/Tous%20les%20abi%202006/ARboBio%20n%20108.pdf>

La boîte à outils des agriculteurs, *Fiche technique Gestion sous le rang en arboriculture*. Accessible en ligne à [http://www.boitagri.com/toolbox/production/\\_pomme/\\_maladies/B\\_Biocontr%C3%B4le+laminarine/fiche:0035-Biocontr%C3%B4le+%3A+laminarine](http://www.boitagri.com/toolbox/production/_pomme/_maladies/B_Biocontr%C3%B4le+laminarine/fiche:0035-Biocontr%C3%B4le+%3A+laminarine)

Agrometeo, Le guide arbo d'ACW – produits phytosanitaires – Application de la dose selon la méthode du TRV, 2 pages. Accessible en ligne à [http://www.agrometeo.ch/sites/default/files/documents/trvarbo\\_fr\\_0.pdf](http://www.agrometeo.ch/sites/default/files/documents/trvarbo_fr_0.pdf)

## Désherbage mécanique sur le rang

Laget E., Guadagnini M., Plénet D., Simon S., Assié G., Billote B., Borioli P., Bourgouin B., Fratantuono M., Guérin A., Hucbourg B., Lemarquand A., Loquet B., Mercadal M., Parveaud C-E, Ramade L., Rames M-H., Ricaud V., Rousselou C., Sagnes J-L., Zavagli F. 2015. *Guide pour la conception de systèmes de production fruitière économes en produits phytopharmaceutiques*. GIS Fruits et Ministère de l'agriculture, Paris, 264 p.

La boîte à outils des agriculteurs, *Fiche technique Gestion sous le rang en arboriculture*. Accessible en ligne à [http://www.boitagri.com/toolbox/production/\\_pomme/\\_Adventices/V\\_Gestion\\_sous\\_le\\_rang/fiche:0060-Gestion+sous+le+rang](http://www.boitagri.com/toolbox/production/_pomme/_Adventices/V_Gestion_sous_le_rang/fiche:0060-Gestion+sous+le+rang)

## Désherbage thermique sur le rang

Vidéo Youtube de La Morinière / Idfel Val de Loire, Gestion de l'enherbement en verger de pommiers. Accessible en ligne à <https://www.youtube.com/watch?v=q4CFlwBavOM>

Mon-viti.com, Le désherbage thermique sous le rang – démonstration vitiflam, 2014. Accessible en ligne à <https://www.mon-viti.com/videos/viticulture/le-d%C3%A9sherbage-thermique-sous-le-rang>

La boîte à outils des agriculteurs, *Fiche technique Gestion sous le rang en arboriculture*. Accessible en ligne à [http://www.boitagri.com/toolbox/production/\\_pomme/\\_maladies/B\\_Biocontr%C3%B4le+laminarine/fiche:0035-Biocontr%C3%B4le+%3A+laminarine](http://www.boitagri.com/toolbox/production/_pomme/_maladies/B_Biocontr%C3%B4le+laminarine/fiche:0035-Biocontr%C3%B4le+%3A+laminarine)

## Bioélectronique de Vincent pour diagnostiquer la qualité des sols

Chuine J.-P., *Bioélectronique et quantification de la qualité*, ABE (Association de Bioélectronique de Vincent), 17 pages. Accessible en ligne à [http://www.itab.asso.fr/downloads/colloque-peuv/6\\_chuine.pdf](http://www.itab.asso.fr/downloads/colloque-peuv/6_chuine.pdf)

Agro perspectives, *Diffusion des techniques innovantes en agriculture*, 2017, 5 pages. Accessible en ligne à [https://www.agroperspectives.fr/pub/Chercheurs\\_Dossiers/Aller\\_plus\\_loin\\_que\\_le\\_pH\\_avec\\_la\\_bioelectronique.pdf](https://www.agroperspectives.fr/pub/Chercheurs_Dossiers/Aller_plus_loin_que_le_pH_avec_la_bioelectronique.pdf)

ITAB, *La Bioélectronique de L.C. Vincent*, 31 pages. Accessible en ligne à [http://www.itab.asso.fr/downloads/jt-fl-2018/10\\_1-initiation-bev-jt-itablab2018-min.pdf](http://www.itab.asso.fr/downloads/jt-fl-2018/10_1-initiation-bev-jt-itablab2018-min.pdf)

Biofil, *Comprendre la bioélectronique de Vincent*, n°118 – juillet août 2018, 3 pages.

# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## Traitements homéopathiques et isothérapeutiques

V. Das Kaviraj, *L'homéopathie appliquée au jardin et à l'agriculture – Le traitement homéopathique des plantes et des sols*. Editions Narayana, 2014, 344 pages.

Dahu.bio de Guillaume Bodin, *L'homéopathie au service de l'agriculture – Témoignage de Herbert Tratter*. Accessible en ligne à <https://www.dahu.bio/base-de-connaissance/agriculture/l-homeopathie-au-service-de-l-agriculture>

## Réduction du nombre de passages d'engins, de leur poids et de la pression de leurs pneus

Agro-Transfert Ressources et Territoires en région Hauts-de-France, *Tassements des sols, prévenir et corriger leurs effets*, Résultats du projet Sol-D'Phy, 2018, 21 pages. Accessible en ligne à [http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2019/01/Tassements-des-sols\\_-pr%C3%A9venir-et-corriger-leurs-effets.pdf](http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2019/01/Tassements-des-sols_-pr%C3%A9venir-et-corriger-leurs-effets.pdf)

Terre net, *Influence des pneumatiques sur le tassement du sol*, 2014. Accessible en ligne à <https://www.terre-net.fr/materiel-agricole/tracteur-quad/article/influence-des-pneumatiques-sur-le-tassement-du-sol-207-99149.html>

Chambre d'agriculture d'Aquitaine, *Maraichage – Guide de production Agriculture biologique en Aquitaine – Le matériel*, 2014, 36 pages. Accessible en ligne à [https://pa.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/National/FAL\\_commun/publications/Nouvelle-Aquitaine/64\\_publications/CM\\_C2\\_Materiel\\_web.pdf](https://pa.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Nouvelle-Aquitaine/64_publications/CM_C2_Materiel_web.pdf)

Arvalis Institut du végétal, *Dossier compactage*, Perspectives Agricoles n°397, 2013, 3 pages. Accessible en ligne à : <http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2016/03/Article-PA-Prevention-tassement.pdf>

## Gestion de l'irrigation pour minimiser la pression en bioagresseurs

La boîte à outils des agriculteurs, *Fiche technique Gestion de l'irrigation en arboriculture*. Accessible en ligne à [http://www.boitagri.com/toolbox/production/\\_pomme/\\_maladies/B\\_Irrigation/fiche:0089-Gestion+de+l%27irrigation](http://www.boitagri.com/toolbox/production/_pomme/_maladies/B_Irrigation/fiche:0089-Gestion+de+l%27irrigation)

Laget E., Guadagnini M., Plénet D., Simon S., Assié G., Billote B., Borioli P., Bourgouin B., Fratantuono M., Guérin A., Hucbourg B., Lemarquand A., Loquet B., Mercadal M., Parveaud C-E, Ramade L., Rames M-H., Ricaud V., Rousselou C., Sagnes J-L., Zavagli F. 2015. *Guide pour la conception de systèmes de production fruitière économes en produits phytopharmaceutiques*. GIS Fruits et Ministère de l'agriculture, Paris, 264 p.

L'eau fertile, *L'irrigation goutte à goutte en arboriculture et culture maraîchère*, 2013, 4 pages. Accessible en ligne à [https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ardepi\\_l\\_irrigation\\_goutte\\_a\\_goutte\\_en\\_arboriculture\\_et\\_cultures\\_maraicheres\\_2013.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ardepi_l_irrigation_goutte_a_goutte_en_arboriculture_et_cultures_maraicheres_2013.pdf)

Chambre d'agriculture des Alpes de Haute-Provence, *Fiche témoignage n°6 – Irrigation localisée des vergers pour économiser l'eau*, 2014, 4 pages. Accessible en ligne à [http://www.bio-provence.org/IMG/pdf/fiche6\\_irrigation.pdf](http://www.bio-provence.org/IMG/pdf/fiche6_irrigation.pdf)

## Introduction d'animaux dans les vergers enherbés

Solagro, *Synthèse technique – Réintroduire le pâturage dans les cultures pérennes enherbées*, 25 pages. Accessible en ligne à <https://osez-agroecologie.org/reintroduire-le-paturage-dans-les-cultures-perennes-enherbees>

D. Jammes, *Pâturage en verger, une approche environnementale*, 4 pages. Accessible en ligne à <http://www.grab.fr/wp-content/uploads/2016/01/P%C3%A2turage-en-vergers-doc-de-synth%C3%A8se-version-finale.pdf>

D. Jammes, *Le pâturage en vergers*, 25 pages. Accessible en ligne à <http://www.bio-provence.org/IMG/pdf/livret-references-iraee-2-animaux-dans-le-verger-vdef-w.pdf>

## Prophylaxie par gestion de la litière foliaire

Laget E., Guadagnini M., Plénet D., Simon S., Assié G., Billote B., Borioli P., Bourgouin B., Fratantuono M., Guérin A., Hucbourg B., Lemarquand A., Loquet B., Mercadal M., Parveaud C-E, Ramade L., Rames M-H., Ricaud V., Rousselou C., Sagnes J-L., Zavagli F. 2015. *Guide pour la conception de systèmes de production fruitière économes en produits phytopharmaceutiques*. GIS Fruits et Ministère de l'agriculture, Paris, 264 p.

# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## Méthode sandwich

Laget E., Guadagnini M., Plénet D., Simon S., Assié G., Billote B., Borioli P., Bourgoïn B., Fratantuono M., Guérin A., Hucbourg B., Lemarquand A., Loquet B., Mercadal M., Parveaud C-E, Ramade L., Rames M-H., Ricaud V., Rousselou C., Sagnes J-L., Zavagli F. 2015. *Guide pour la conception de systèmes de production fruitière économes en produits phytopharmaceutiques*. GIS Fruits et Ministère de l'agriculture, Paris, 264 p.

Agridea, *Arboriculture – Système sandwich*, 2009, 2 pages. Accessible en ligne à [https://www.bioactualites.ch/fileadmin/documents/bafr/production-vegetale/arboriculture/FT-systeme-sandwich-avril\\_2012.pdf](https://www.bioactualites.ch/fileadmin/documents/bafr/production-vegetale/arboriculture/FT-systeme-sandwich-avril_2012.pdf)

ITAB, *Alternatives au travail du sol sur le rang et gestion du sol en arboriculture*, dans Alter Agri n°116, novembre décembre 2012, 3 pages. Accessible en ligne à <http://www.itab.asso.fr/downloads/solab/aa116-dossier-solab-arbo.pdf>

## Apports de matières organiques raisonnés

Laget E., Guadagnini M., Plénet D., Simon S., Assié G., Billote B., Borioli P., Bourgoïn B., Fratantuono M., Guérin A., Hucbourg B., Lemarquand A., Loquet B., Mercadal M., Parveaud C-E, Ramade L., Rames M-H., Ricaud V., Rousselou C., Sagnes J-L., Zavagli F. 2015. *Guide pour la conception de systèmes de production fruitière économes en produits phytopharmaceutiques*. GIS Fruits et Ministère de l'agriculture, Paris, 264 p.

Chambre d'agriculture d'Occitanie, *Adapter les apports organiques au sol*, septembre 2012, 8 pages. Accessible en ligne à [https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/Occitanie/076\\_Inst-Occitanie/Documents/Productions\\_techniques/Agriculture\\_biolgique/Espace\\_ressource\\_bio/Maraichage\\_bio/Pluri-espece/Fertilisation/AdaptationApportOrgaSol-AlpesMaritimes-2012.pdf](https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/076_Inst-Occitanie/Documents/Productions_techniques/Agriculture_biolgique/Espace_ressource_bio/Maraichage_bio/Pluri-espece/Fertilisation/AdaptationApportOrgaSol-AlpesMaritimes-2012.pdf)

ITAB, *Dossier Matières organiques – Rôles des matières organiques dans le sol*, dans ALTER AGRI n°115, septembre octobre 2012, 4 pages. Accessible en ligne à [https://abiodoc.docressources.fr/doc\\_num.php?explnum\\_id=1595](https://abiodoc.docressources.fr/doc_num.php?explnum_id=1595)

Chambre d'agriculture d'Occitanie, *Les matières organiques du sol, Les produits organiques utilisables en agriculture en Languedoc-Roussillon – Tome 1 chapitre 2*, 12 pages. Accessible en ligne à [http://www.occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/National/FAL\\_commun/publications/Occitanie/GuidePO\\_Tome1\\_chapitre\\_2.pdf](http://www.occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Occitanie/GuidePO_Tome1_chapitre_2.pdf)

## Haies

Chambre d'agriculture du Nord Pas de Calais, *Guide de l'érosion*, 2013, 32 pages. Accessible en ligne à [https://hautsdefrance.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/Hauts-de-France/029\\_Inst-Hauts-de-France/Environnement-et-territoires/Eau\\_sol/Erosion/guide\\_erosion\\_2013.pdf](https://hautsdefrance.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Hauts-de-France/029_Inst-Hauts-de-France/Environnement-et-territoires/Eau_sol/Erosion/guide_erosion_2013.pdf)

Mission Bocage, *Réduire l'érosion des sols avec des haies bocagères*, 2016. Accessible en ligne à <https://missionbocage.fr/reduire-erosion-sols-haies-bocageres/>

Direction Départementale des Territoires DDT de l'Yonne Service Environnement, *Typologie des haies selon la fonction – Anti-érosion*, 2 pages. Accessible en ligne à [http://www.yonne.gouv.fr/content/download/16774/146761/file/fiche%206\\_fonction%20anti-%C3%A9rosion.pdf](http://www.yonne.gouv.fr/content/download/16774/146761/file/fiche%206_fonction%20anti-%C3%A9rosion.pdf)

## Test-bêche :

Arvalis, *Le test bêche : pour un diagnostic rapide de l'état structural du sol*, 2018. Accessible en ligne à <https://www.arvalis-infos.fr/evaluer-la-structure-du-sol-avec-le-test-b-che-@/view-26701-arvarticle.html>

ISARA, *Test bêche – Guide d'utilisation*, 2016. Accessible en ligne à [http://orgprints.org/32099/1/peigne-et-al-2016-GuideTestBeche-ISARA\\_Lyon.pdf](http://orgprints.org/32099/1/peigne-et-al-2016-GuideTestBeche-ISARA_Lyon.pdf)

ARVALIS TV, *Evaluer la structure de son sol grâce à deux méthodes simples*, 2017. Accessible en ligne à [https://www.youtube.com/watch?v=vCH-wxD3\\_NY](https://www.youtube.com/watch?v=vCH-wxD3_NY)

# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## Mini profil 3D :

AgroTransfert, *Guide méthodologique du mini-profil 3D*, 2017. Accessible en ligne à : <http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2017/04/Guide-m%C3%A9thodique-du-mini-profil-3D-version-web-6M.pdf>

Arvalis, *Le test bêche : pour un diagnostic rapide de l'état structural du sol*, 2018. Accessible en ligne à <https://www.arvalis-infos.fr/evaluer-la-structure-du-sol-avec-le-test-b-che-@/view-26701-arvarticle.html>

ARVALIS TV, *Evaluer la structure de son sol grâce à deux méthodes simples*, 2017. Accessible en ligne à [https://www.youtube.com/watch?v=vCH-wxD3\\_NY](https://www.youtube.com/watch?v=vCH-wxD3_NY)

## La bioélectronique de Vincent

### Services attendus pour la qualité des sols

◆ Stimuler l'activité biologique du sol

◆ Rendre les sols moins propices au développement de bioagresseurs



◆ Limiter la biodisponibilité des contaminants

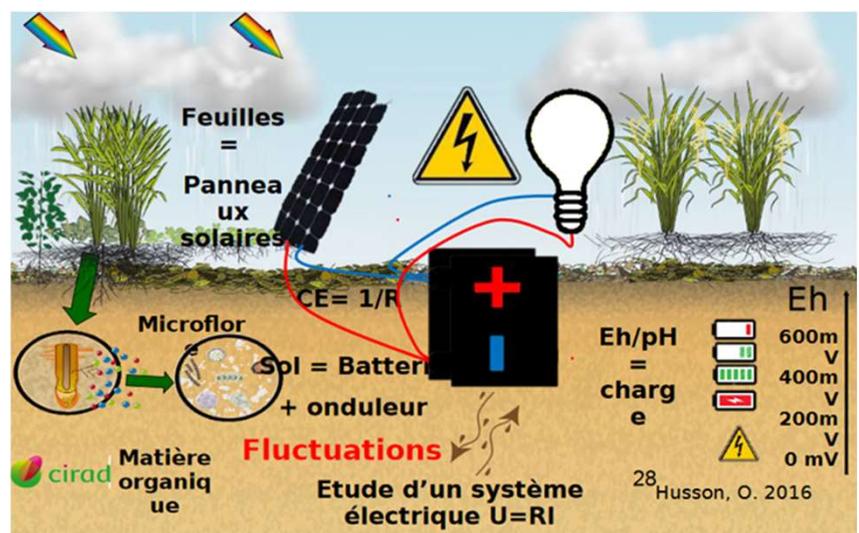
◆ Maximiser la biodisponibilité des éléments nutritifs des cultures

### Fonctionnement

La bioélectronique consiste à analyser le pH, le potentiel d'oxydo-réduction et la résistivité électrique comme un ensemble pour caractériser l'état de santé global d'un corps (sol, bouillie de pulvérisation...).

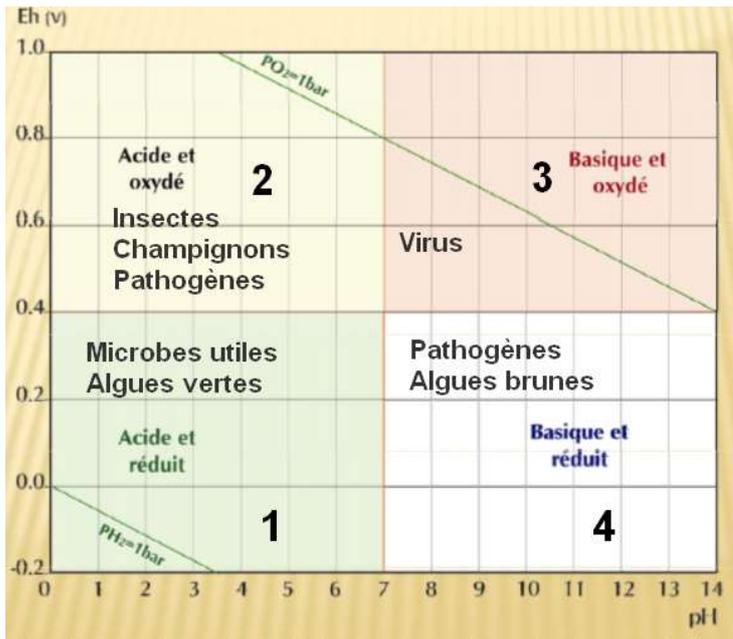
- Le pH indique le potentiel acide ou basique d'une solution (l'eau du sol, dans notre cas).
- Le potentiel redox représente le pouvoir oxydant ou réducteur (anti-oxydant) d'un milieu.
- La résistivité électrique est l'inverse de la conductivité électrique, et représente la charge en ions de la solution. Elle traduit l'aptitude d'un milieu à conduire le courant.

En bioélectronique, le sol est considéré comme une batterie. Cette batterie pourrait être rechargée par l'intermédiaire des feuilles des végétaux qui, à l'image de panneaux solaires, vont capter l'énergie lumineuse, l'utiliser pour leur croissance via la photosynthèse, puis la restituer au sol par l'intermédiaire d'exsudats racinaires ou lors de leur décomposition. Dans cette analogie, Eh et pH seraient les « témoins de charge » de la batterie, indiquant la quantité d'énergie disponible dans le sol pour permettre aux plantes de pousser correctement. La résistivité électrique, elle, traduirait la facilité avec lesquelles la batterie peut se charger / décharger. Si la résistivité est trop faible, la batterie cède rapidement tous ses électrons, et elle sera donc rapidement vide. Si, au contraire, la résistivité est trop élevée, la batterie ne cédera pas ses électrons : elle ne se videra pas, mais les plantes n'auront pas accès à l'énergie qui leur est nécessaire pour pousser.



(d'après O. Husson)

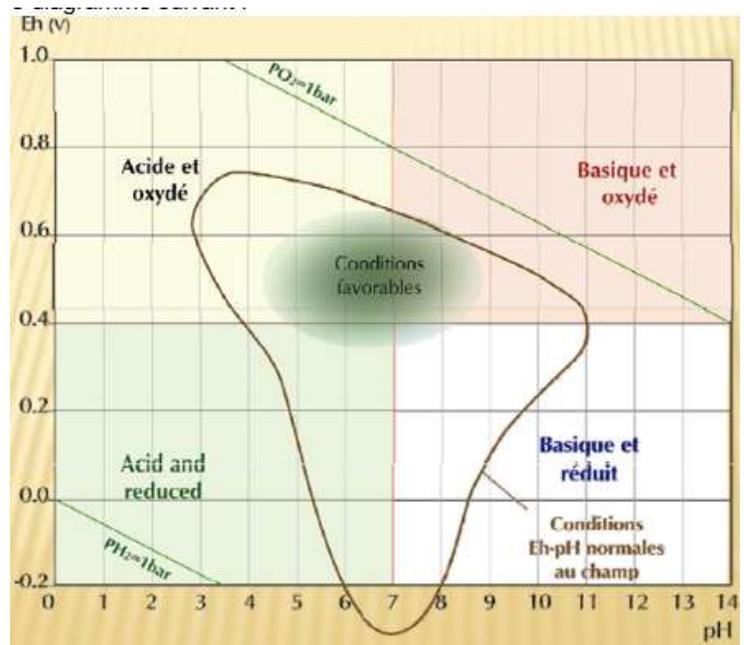
A partir de ces 3 paramètres (pH, Eh et résistivité), Louis-Claude Vincent, l'un des fondateurs de la bioélectronique, a défini des valeurs seuils, délimitant quatre zones propices au développement de différents organismes, comme visible sur la figure.



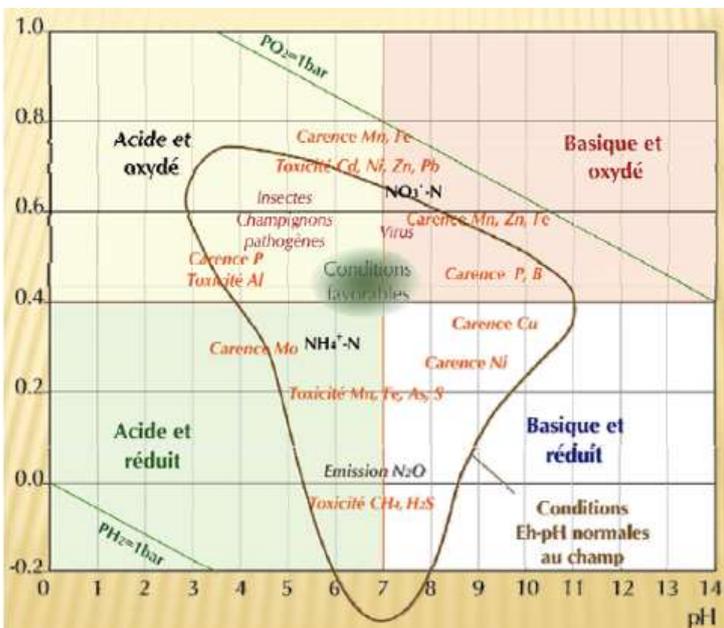
(d'après O. Husson)

- Zone 1 : Construction de la vie
- Zone 2 : Croissance
- Zone 3 : Dégénérescence
- Zone 4 : Destruction

Les mécanismes d'oxydo-réduction jouent des rôles essentiels dans la croissance des plantes. Celles-ci peuvent fonctionner pour des pH compris entre 4,5 et 9, idéalement situés autour de 7 ; et des potentiels redox de 300 à 700 mV, idéalement à 400 mV. Ces valeurs sont, bien sûr, dépendantes des espèces cultivées et variétés choisies. En réalité, les valeurs mesurées dans les sols sont souvent différentes des valeurs de croissance optimales des plantes. C'est pour cela qu'elles régulent le redox du milieu environnant via leurs exsudats racinaires, afin de le rendre plus propice à leur développement et à l'assimilation des éléments nutritifs. Toutefois, cette régulation induit une consommation énergétique pour la plante. Il est donc intéressant d'essayer d'équilibrer le sol de façon à se rapprocher au plus possible des conditions favorables à la plante (voir figure).



(d'après O. Husson)



Les modifications de pH et Eh entraînent également des variations de biodisponibilité des éléments minéraux nécessaires aux cultures, mais aussi des potentiels contaminants présents dans les sols (risque à surveiller encore plus étroitement en babyfood). En croisant le diagramme précédent avec les diagrammes de Pourbaix des principaux éléments présents dans les sols, on peut obtenir une délimitation des zones de risque de carences / toxicité pour ces éléments (voir figure).

(d'après O. Husson)

Différents facteurs permettent d'expliquer l'équilibre pH / Redox d'un sol. Par exemple, la teneur en matière organique jouera un rôle tampon. La présence d'un couvert végétal, quant à elle, limitera l'exposition au soleil, et donc l'oxydation (puisque le soleil est un très fort oxydant). Le tassement et l'humidité du sol impactent également ces paramètres.

La bioélectronique peut également permettre de contrôler l'état d'un produit, notamment lors de la réalisation de préparations « maison » comme les extraits fermentés, par exemple pour le contrôle de la durée de fermentation. D'après le guide technique des préparations à base de plantes de l'ITAB (2012), l'optimum serait de pulvériser une préparation avec un pH proche de 6 et un potentiel redox entre 30 et 250 mV. L'utilisation au champ de telles préparations acides réductrices (comme des lactofermentations par exemple, mais également de nombreux autres produits), permet de tendre vers un terrain plus propice au vivant.

## Mise en œuvre

Les mesures peuvent être réalisées grâce à des outils combinés, permettant de mesurer les 3 paramètres à la fois (Consort BVBA, Paléoterra), ou à des appareils spécifiques (pH mètre, redox-mètre).

## Points de vigilance

Les mesures des paramètres de bioélectronique ne sont pas faciles à effectuer au niveau d'un sol (fluctuations des valeurs dans le temps, l'espace à courte distance, et en fonction des conditions météo, matériel coûteux, effet des champs électromagnétiques sur les capteurs). Il pourrait ainsi être plus pertinent de réaliser ses mesures sur la plante directement, mais Eh (et pH dans une moindre mesure) varient selon l'âge de la plante, le moment de la journée, l'activité photosynthétique dépendant de la météo, etc.

Il est donc nécessaire d'utiliser un matériel spécifique (sur batterie avec une électrode à hydrogène comme référence), et de se positionner dans l'endroit de la parcelle le moins perturbé par les champs électromagnétiques, risquant d'influencer la mesure d'Eh.

## Retour d'expérience

L'agriculteur A possède une ferme dans le Grand Est, d'une surface de 400 ha, dont 340 ha en AB, sur lesquels il produit des céréales (blé, orge, avoine), de la luzerne et des légumes de plein champ (notamment oignons, carottes, pommes de terre, betteraves).

Avant de se convertir en AB il y a une vingtaine d'années, l'agriculteur A était plus proche des techniques de l'agriculture de conservation : semis direct + glyphosate. Il rencontrait alors des problèmes d'adventices (brome) et de champignons. C'est lors d'une formation à la Bioélectronique de Vincent que l'agriculteur A a compris que c'était le glyphosate, produit acide oxydant, qui rendait ses sols propices au développement des champignons et du brome, d'après le bioélectronigramme de Vincent. Il a donc décidé d'arrêter d'utiliser ce produit, et d'appliquer des préparations acides réductrices pour créer un terrain favorable au développement de la vie. L'agriculteur A a alors progressivement observé la disparition du brome, au profit d'autres adventices se développant, elles, en terrains acides réduits. Comme il le dit à propos du fait de s'appuyer sur la bioélectronique de Vincent pour essayer de tendre vers un terrain propice au vivant « *Ca ne veut pas dire que je n'ai pas de problèmes, simplement j'ai moins de problèmes que j'en aurai autrement* ».

L'agriculteur A ne réalise pas de mesures de bioélectronique de Vincent dans ses sols. Néanmoins, il raisonne ses pratiques culturales en fonction du cadre d'analyse fourni par Louis Claude Vincent. Ainsi, il met en place des actions favorables à la vie du sol, comme un travail du sol réduit, des couverts végétaux et cultures sous couverts, permettant de protéger le sol de l'oxydation. Il utilise également des produits acides réducteurs de façon systématique (lactofermentations, préparations à base de bactéries, etc.), à la plantation pour les carottes et pommes de terre puis à chaque passage de cuivre, afin de compenser les impacts de ces pratiques et de créer de manière artificielle un terrain plus favorable à la vie.

## Autres domaines d'utilisation

La bioélectronique de Vincent est très utilisée en aquaculture, où une différence de potentiel redox de 60 mV peut entraîner la mort des alevins.

## Sources

ITAB, *Actes et présentation de la démarche* lors des journées techniques fruits et légumes, le 25 janvier 2018 à Paris. Accessible en ligne à [http://www.itab.asso.fr/downloads/jt-fl-2018/10\\_1-initiation-bev-jt-itablab2018-min.pdf](http://www.itab.asso.fr/downloads/jt-fl-2018/10_1-initiation-bev-jt-itablab2018-min.pdf)

ITAB, *Bioélectronique et quantification de la qualité*, présentation par J.-P. Chuine, 17 pages. Accessible en ligne à [http://www.itab.asso.fr/downloads/colloque-peuv/6\\_chuine.pdf](http://www.itab.asso.fr/downloads/colloque-peuv/6_chuine.pdf)

Husson O., *Potentiel Redox (Eh) et pH : un cadre global de fonctionnement des systèmes sol / eau / plantes / micro-organismes ?*, lors du séminaire du 10 janvier 2012, Agropolis, 120 pages.

Vidal R., Taupier-Letage B., Conseil M., *Bioélectronique de Vincent : bases scientifiques, domaines d'application et difficultés méthodologiques*, 7 pages.

Agro-perspectives, *Aller plus loin que le pH avec la bioélectronique*, avril 2017, 5 pages. Accessible en ligne à [https://www.agroperspectives.fr/pub/Chercheurs\\_Dossiers/Aller\\_plus\\_loin\\_que\\_le\\_pH\\_avec\\_la\\_bioelectronique.pdf](https://www.agroperspectives.fr/pub/Chercheurs_Dossiers/Aller_plus_loin_que_le_pH_avec_la_bioelectronique.pdf)

BIOFIL, *Bioélectronique de Vincent – Terrain équilibré, clé de la santé*, n°118, juillet – août 2018, 3 pages (p. 32-34).

### Services attendus pour la qualité des sols

Rendre les sols moins propices au développement de bioagresseurs



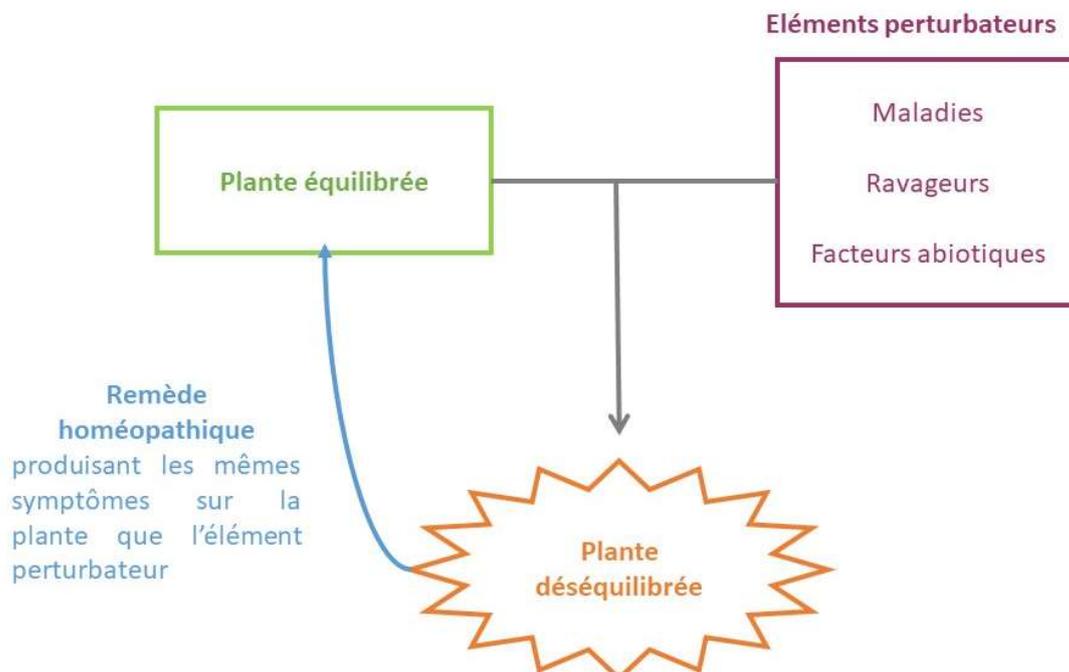
Neutraliser les bioagresseurs présents



« Puisque les maladies sont purement et simplement des modifications et altérations du bien-être de l'individu sain, lesquelles s'expriment par des symptômes, et qu'aucune guérison n'est possible sans la conversion de l'état de maladie à celui de santé, on concevra sans peine que les médicaments ne pourraient guérir d'aucune façon les maladies, s'ils ne possédaient la faculté de dérégler l'équilibre psychosomatique de l'être humain dans ses sensations et fonctions. C'est même uniquement en cette faculté de changer l'état de santé de l'homme que résident les vertus curatives. »

Organon

L'agro-homéopathie, ou homéopathie appliquée à l'agriculture, permet de renforcer les défenses de la plante, d'équilibrer le sol et l'eau, afin de pallier à tout déséquilibre (maladie ou carence) sans qu'il n'existe d'effets indésirables. Elle consiste à prévenir ou soigner une maladie en administrant une dose très diluée d'une substance qui, en quantité plus importante, aurait le même impact que la maladie (forme de poison). Cela vise à rééquilibrer l'organisme pour stimuler la guérison.



# Fonctionnement

En homéopathie, il existe six concepts de base, pouvant être appliqués au traitement des plantes :

## 1. La cause et la guérison des maladies

En homéopathie, la maladie est vue comme conséquence d'un déséquilibre interne de la plante. Il faut donc, certes, traiter les symptômes de cette maladie, mais surtout en découvrir la cause sous-jacente dont les symptômes sont l'expression.

## 2. La loi de similitude

L'ensemble des signes dénotant un éloignement à l'état de santé doivent être identifiés, afin de trouver le remède unique permettant de remédier à cet état. Ce remède doit provoquer, lorsqu'il est administré à un organisme sain, les mêmes symptômes que la maladie qu'il est censé guérir. C'est la Loi des « semblables soignent les semblables ».

## 3. Le remède unique

Le remède unique. En homéopathie, il est indispensable de n'administrer qu'un seul remède à la fois. Cette règle, présentée dans les documents fondateurs de l'homéopathie (notamment l'Organon, mais aussi différents ouvrages) est parfois remise en question par les pluralistes qui, au contraire, considèrent qu'il est possible, voire préférable, d'administrer différentes substances pour soigner une maladie.

## 4. La dose minimale

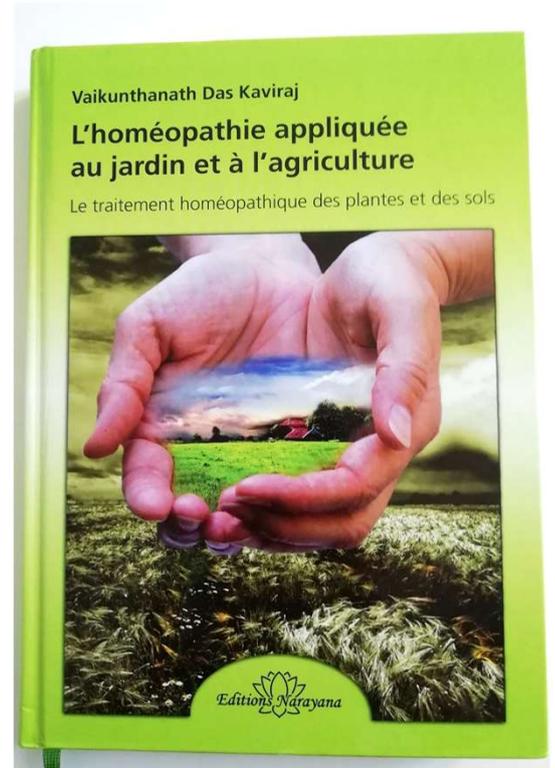
L'homéopathie préconise l'utilisation des remèdes à dose et fréquence appropriées, celles-ci devant être les plus faibles possibles. En effet, un remède, même homéopathique, peut avoir des effets nuisibles s'il est administré en trop grande dose, ou à de trop nombreuses reprises. La dose et la fréquence d'administration des remèdes dépendent de chaque substance.

## 5. L'art du diagnostic

Selon les homéopathes, pour poser un diagnostic, il faut passer en revue les 5 points suivants : le sol, le climat, les nutriments, la faune et la flore, le biome et l'habitat. Le diagnostic peut être établi à partir des cinq sens de l'être humain, les analyses de laboratoire et examens microscopiques sont des éléments complémentaires permettant d'appuyer le diagnostic, mais n'y sont pas indispensables. Le diagnostic retenu devra reposer sur l'observation d'au moins trois critères caractéristiques de la maladie.

## 6. La totalité des symptômes

En homéopathie, il est nécessaire d'avoir une vision complète du « tableau de la maladie ». Il faut ainsi identifier tous les symptômes, même les moins préoccupants, pour pouvoir trouver le remède unique reproduisant l'intégralité de ces symptômes. Pour cela, il est nécessaire d'observer la pathologie, d'identifier les parties atteintes, ainsi que les facteurs qui ont pu prédisposer à la maladie ou la déclencher, indiquant la rapidité de développement de la maladie.



Les remèdes agro-homéopathiques sont élaborés à partir d'éléments minéraux, végétaux, animaux (principalement les prédateurs ou parasitoïdes des ravageurs des cultures) ou encore de micro-organismes. Ces remèdes sont caractérisés par la substance active utilisée (nom latin) et leur niveau de dilution.

Dans le cas de l'isothérapie, c'est le facteur à l'origine du déséquilibre (maladie, ravageur) qui sera utilisé comme substance active, à très faibles doses, pour ramener la plante à son état d'équilibre.

## Exemples de traitements

Cible	Substance active	Mode d'action
Nématodes à galles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Teucrium Marum</i> (Germandrée des chats)</li> <li>• Calendula</li> </ul>	Action répulsive
Escargots et limaces	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trituration de coquilles grillées de <i>Rumina decollata</i> (Bulime tronqué), prédateur pour les autres escargots et limaces</li> <li>• Teinture du ver plat <i>Leucochloridium paradoxum</i> (Yeux de la mort), vers parasite des escargots</li> <li>• <i>Artemisia absinthium</i> (Armoise)</li> </ul>	Action répulsive
<u>Chez les astéracées :</u> Oïdium, mildiou, botrytis, alternaria, septorioses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trituration de sulfate de fer</li> </ul>	Action préventive et curative
Toutes les adventices	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Silicea</i> (Silice pure)</li> </ul>	Action curative (à appliquer avant le semis)
Chardons	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Tingis cardui</i> (Tigre du chardon commun)</li> </ul>	Action curative

*Une liste très fournie de traitements homéopathiques pour lutter contre différentes maladies, ravageurs et adventices est disponible dans l'ouvrage de V. Das Kaviraj cité en référence.*

## Mise en œuvre de la pratique

La préparation des remèdes agro-homéopathiques repose sur deux étapes essentielles : la dilution et la dynamisation. Ces opérations seront répétées successivement le nombre de fois nécessaire pour obtenir le niveau de dilution souhaité. La dilution permet d'abaisser progressivement la concentration de la préparation en substance active, afin de respecter le principe de « la dose minimale ». La dynamisation, quant à elle, permet l'homogénéisation de la préparation suite à la dilution. Elle serait à l'origine de l'efficacité des traitements homéopathiques malgré les faibles substances de matières actives appliquées. Ainsi, un remède homéopathique à 30 CH (dilué à  $10^{30}$ ) aurait un potentiel curatif plus élevé qu'un remède en 9 CH (dilué à  $10^9$ ), même si la concentration en substance active y est largement inférieure.

Les traitements peuvent être appliqués avec tout outil de distribution de liquides (pulvérisateur, arrosoir, système d'irrigation à condition de contrôler la quantité appliquée, etc.), de préférence non métallique. Il est essentiel que ces outils ne présentent pas de résidu de traitements précédents risquant d'impacter l'efficacité de la préparation agro-homéopathique. Pour s'en assurer, il est possible de dédier des outils à l'application des traitements homéopathiques, ou d'utiliser du peroxyde d'oxygène pour décontaminer le matériel d'application.

Il est déconseillé d'appliquer des pesticides, fongicides ou engrais pendant 10 jours après l'application d'un traitement homéopathique pour pouvoir profiter de son effet.

## Points de vigilance

Les connaissances en homéopathie appliquée aux plantes sont encore peu nombreuses, et surtout peu disponibles, en particulier en ce qui concerne la gestion des adventices. Elles reposent principalement sur les essais et expériences d'agriculteurs.

## Synergies

Les traitements homéopathiques permettent de limiter les doses de produits nocifs pour la vie du sol appliquées. Ils peuvent également permettre de stimuler la vie du sol.

## Retour d'expérience

L'agriculteur A possède 2 hectares de vergers dans les Dolomites italiennes, plantés de nombreuses variétés de pommiers, poiriers, noyers et abricotiers, sur lesquels il réalise des essais en homéopathie et isothérapie depuis 1986. Il utilise l'isothérapie contre l'oïdium, la tavelure, le carpocapse, la cochenille San José et le puceron cendré, et n'utilise plus de cuivre ni de soufre. Sur une année moyenne, l'agriculteur A réalise entre 15 et 20 traitements isothérapeutiques, à des dates similaires à celles de traitements au soufre ou au cuivre.

Pour élaborer sa teinture mère en isothérapie, l'agriculteur A prélève entre 15 et 20 champignons microscopiques ou vers vivants dès qu'ils commencent à apparaître sur les arbres. Il met ensuite les champignons ou insectes vivants dans 25 mL d'alcool neutre, et les laisse 28 jours au soleil. Après filtration, il obtient la teinture mère. Une teinture mère est propre à une maladie (celle à partir de laquelle elle est élaborée), les mélanges ne sont pas possibles.

Il réalise ensuite les dilutions successives. Pour cela, il prélève 1 mL de teinture mère, qu'il dilue dans 999 mL d'eau. Il secoue le mélange 100 fois pour homogénéiser, puis prélève 1 mL de cette solution, qu'il dilue dans 999 mL d'eau ... Et répète cette opération 7 fois en tout. Il obtient ainsi la solution finale.

Avant chaque traitement, l'agriculteur A mélange 1L de cette solution finale à 900 L d'eau (quantité pour traiter 2 hectares), et dynamise la solution pendant 30 min. Pour cela, il tourne le mélange pendant 1min30 à 2min30 dans un sens, à l'aide d'un bâton en bois, fait une pause, puis tourne dans l'autre sens, etc. Pour cette phase, il est possible d'incorporer plusieurs solutions finales, traitant des maladies différentes, dans la même cuve de dynamisation. Le traitement est appliqué de la même façon qu'un traitement au cuivre ou au soufre (pulvérisateur par exemple).

## Sources

V. Das Kaviraj, *L'homéopathie appliquée au jardin et à l'agriculture – Le traitement homéopathique des plantes et des sols*. Editions Narayana, 2014, 344 pages.

Hpathy, *Perspectives oh Agro-Homeopathy*, 2008. Accessible en ligne à <https://hpathy.com/homeopathy-papers/perspectives-of-agro-homeopathy/>

Toledo M. V. et al., *Homeopathy for the control of plant pathogens*, 2011, 5 pages.

Dahu.bio de Guillaume Bodin, *L'homéopathie au service de l'agriculture – Témoignage de Herbert Tratter*. Accessible en ligne à <https://www.dahu.bio/base-de-connaissance/agriculture/l-homeopathie-au-service-de-l-agriculture>

A. Yaacoubi, *Document technique pour une initiation à l'agro-homéopathie*, Association de promotion de la médecine Homéopathique, SD, 34 pages.

### Services attendus pour la qualité des sols

- ◆ Diagnostiquer l'état structural des sols, conditionnant les conditions de levée, de développement et d'enracinement des cultures, la présence et l'activité des auxiliaires des sols, les risques de présence de bioagresseurs, les stratégies culturales à mettre en place, etc.

## I. Le test-bêche

Le test bêche permet de diagnostiquer la structure du sol dans les horizons supérieurs à partir d'un prélèvement à la bêche afin de détecter les éventuels problèmes impactant la culture (tassement notamment) et de prendre les décisions adaptées en termes de travail du sol. Facile, accessible et ne nécessitant pas de matériel spécifique, il peut être utilisé par les techniciens, les conseillers et les agriculteurs.

### Fonctionnement

#### Quand réaliser un test bêche ?

Le test bêche peut s'effectuer à plusieurs périodes de l'année, dans la mesure où la structure du sol impacte le potentiel de rendement tout au long du cycle cultural. Les conditions d'humidité du sol vont déterminer le moment de réalisation du test. En effet, ce dernier ne peut être réalisé que sur un sol ni trop sec (possible de creuser), ni trop humides (possible d'observer).

### Matériel

Pour réaliser un test bêche, il faut une bêche pour extraire le bloc de terre, une bêche pour pouvoir analyser le bloc de sol extrait, un couteau pour rafraîchir le bloc prélevé et un mètre afin de mesurer la profondeur du prélèvement.



Bêches (ISARA)

## Réalisation du test

### 1. Délimitation de la zone de prélèvement et observation de la surface du sol

Avant tout, il est nécessaire de délimiter la zone dans laquelle le prélèvement va être effectué. Cette zone doit être indemne de piétinement afin de ne pas endommager la structure du sol en amont du prélèvement.

Une fois cette zone délimitée, la première étape consiste à observer la surface du sol, et à noter différents indicateurs définis par le guide de l'ISARA : pourcentage de recouvrement du sol par les adventices et la culture et/ou le mulch en place, pourcentage de la surface du sol occupé par les éléments grossiers (cailloux), présence éventuelle d'une croûte de battance, de turricules (déjections) de vers de terre et de fissures à la surface du sol).



Croûte de battance fissurée (aquaportail)



Turricules de vers de terre (gerbeaud)

### 2. Extraction du bloc de sol

Pour faciliter le prélèvement, il est recommandé de réaliser une prétranchée à l'aide de la bêche, de 30 cm de profondeur minimum.

#### Prétranchée



(ISARA)

**Zone à prélever**



(ISARA)

### 3. Observation du bloc sur la bêche

Il s'agit de mesurer le bloc de sol et de définir le ou les horizons présents et leur profondeur. Ces derniers sont visibles à l'œil nu et correspondent à différentes profondeurs de travail de sol.



Délimitation des horizons

### 4. Observation du bloc sur la bêche

Déposer ensuite délicatement le bloc de terre sur la bêche, et observer si celui-ci se tient ou s'il se fractionne en plusieurs sous blocs. Cela permet de déterminer le mode d'assemblage des mottes, qui renseigne sur l'état de la macroporosité du sol (infiltration de l'eau et pénétration des racines).

Selon la tenue du bloc sur la bêche et la bêche, 3 modes d'assemblage sont possibles :

- structure ouverte = O (les éléments structuraux du sol sont dissociés)
- structure ouverte à tendance continue = O/C (sol ouvert se reprenant en masse)
- structure continue = C (les éléments structuraux ne sont pas dissociés).

On peut rajouter un ou deux suffixes «R» aux mode d'assemblage C lorsque l'on repère sur la bêche ou la bêche une (R) ou plusieurs (2R) fissures ou sous-blocs. Plus il y a de fissures ou de sous-blocs moins le tassement est important (effet du gel-dégel ou des activités biologiques).



Structure ouverte (ISARA)



Structure continue (ISARA)



Structure continue très fissurée (ISARA)



Motte poreuse (gamma) (Arvalis)



Motte tassée (delta) (Arvalis)



Motte tassée en cours de régénération par l'activité biologique (delta b) (Arvalis)

Trier ensuite chaque motte de la bêche en fonction de son état interne :

- motte poreuse ( $\Gamma$  gamma) : arrondie contenant une surface rugueuse/grumeleuse avec une porosité importante, contenant de la terre fine agglomérée
- motte tassée ( $\Delta$  delta) : surface lisse, plane et sans porosité visible
- motte tassée en cours de régénération par l'activité biologique ( $\Delta b$  delta b) : mêmes caractéristiques que la motte delta mais avec quelques macropores d'origine biologique.

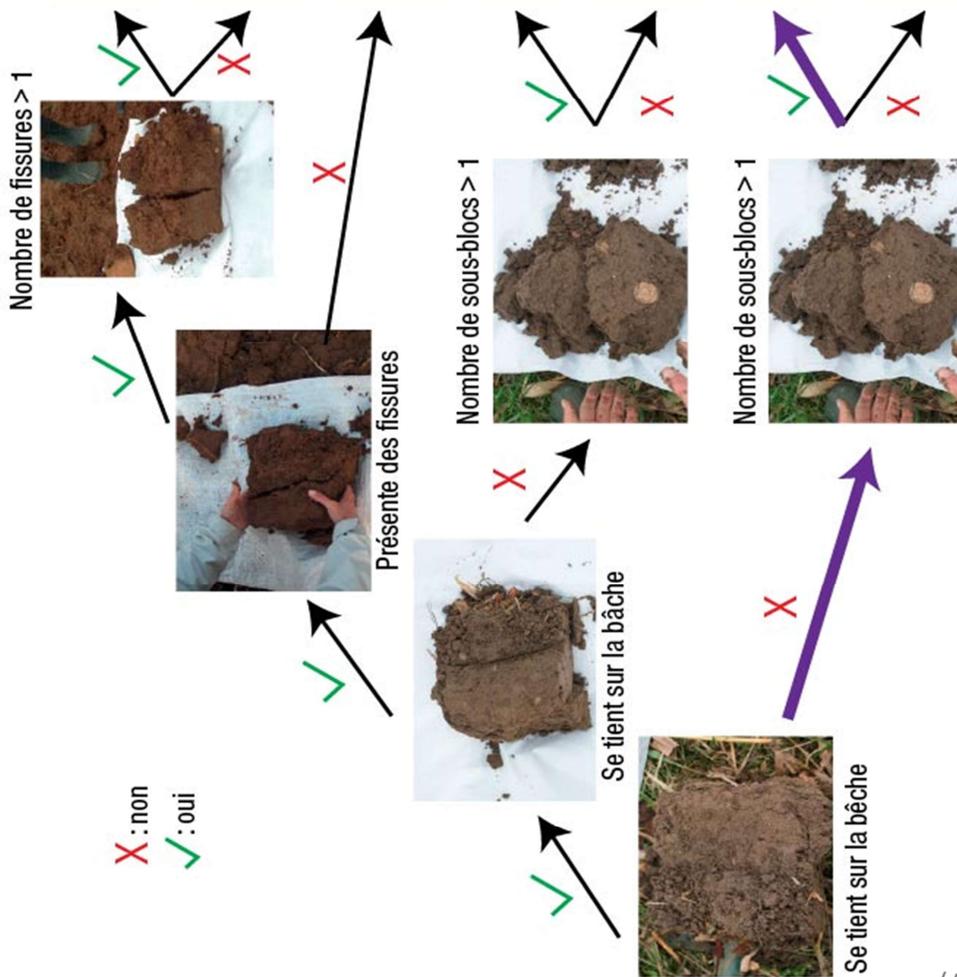
L'état interne des mottes renseigne sur la macroporosité du sol que les racines vont explorer pour assurer l'alimentation hydrique et minérale du sol. Déterminer ensuite quel volume de mottes est dominant.

Sur la base de ces observations, la grille d'interprétations permet de situer l'état structural du sol sur une échelle de 5 classes :

- classe 1 : structure du sol ouverte, très poreuse, aucun tassement
- classe 2 : léger tassement
- classe 3 : tassement modéré, à surveiller
- classe 4 : tassement, à surveiller, envisager une action corrective
- classe 5: structure compactée, peu de porosité, tassement sévère, action corrective nécessaire

Lorsque le tassement est avéré (classes 4 et 5), il est alors recommandé de réaliser un profil cultural pour approfondir le diagnostic, identifier la cause du tassement et déterminer les actions correctives adaptées.

	Dominance terre fine et/ou $\Gamma$	Dominance terre fine et/ou $\Gamma \geq \Delta$	Dominance terre fine et/ou $\Gamma < \Delta$	Dominance terre fine et/ou $\Gamma \geq \Delta b$	Dominance terre fine et/ou $\Gamma < \Delta b$
C2R	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 3	Classe 4
CR	Classe 2	Classe 3	Classe 3	Classe 4	Classe 4
C	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 5
C2R	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 3	Classe 4
CR	Classe 2	Classe 3	Classe 3	Classe 4	Classe 4
O	Classe 1	Classe 1	Classe 2	Classe 2	Classe 3
O/C	Classe 1	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4



## Pré-requis



Le test bêche peut être réalisé en tout point de la parcelle, en fonction de ce que le testeur cherche à observer. Il est pas exemple possible de comparer plusieurs bêchées prélevées dans des zones plus ou moins poussantes d'une parcelle, ou bien de comparer les résultats entre un prélèvement sur le passage de roue du tracteur (plus tassé) et un prélèvement en dehors. Dans tous les cas, il est conseillé de toujours répéter le test plusieurs fois afin d'obtenir des résultats fiables.

## Points de vigilance



Le test bêche est complexe à réaliser et à interpréter dans des sols très caillouteux, où prélever une bêchée sans endommager la structure du sol s'avère complexe. Il est également impossible de le mettre en œuvre dans un sol trop sec ou trop humide. Ce sont principalement ces conditions qui définissent le moment du prélèvement.

En outre, le diagnostic établi grâce à ce test ne porte que sur les 25-30 premiers centimètres du sol, et il n'est donc pas possible de déceler un tassement profond (semelle de labour par exemple). Il faudra pour cela recourir à d'autres méthodes de diagnostic, telles que le miniprofil 3D ou le profil cultural.

## Synergies



Le test bêche peut permettre de déterminer si un accident de culture est lié à la structure du sol. Il devra, dans ce cas, être pratiqué dans une zone poussante et dans une zone moins poussante, dans une optique de comparaison.

Par ailleurs, le test bêche peut être utilisé en interculture pour diagnostiquer la structure du sol et définir l'itinéraire de travail du sol adapté en conséquence. Ainsi, un semis direct est envisageable lorsque la structure du sol est de classe 1, mais ne l'est plus si elle est de classe 3 ou plus, surtout s'il s'agit d'une culture sensible au tassement.

De plus, une fois le travail du sol réalisé, le test bêche permet de valider l'atteinte de l'objectif de restructuration du sol.

Enfin, le test bêche permet de suivre les évolutions de la structure du sol suite à la mise en place de nouvelles techniques, par exemple.

## Sources

Arvalis, *Le test bêche : pour un diagnostic rapide de l'état structural du sol*, 2018. Accessible en ligne à <https://www.arvalis-infos.fr/evaluer-la-structure-du-sol-avec-le-test-b-che-@/view-26701-arvarticle.html>

ISARA, *Test bêche – Guide d'utilisation*, 2016. Accessible en ligne à [http://orgprints.org/32099/1/peigne-et-al-2016-GuideTestBeche-ISARA\\_Lyon.pdf](http://orgprints.org/32099/1/peigne-et-al-2016-GuideTestBeche-ISARA_Lyon.pdf)

ARVALIS TV, *Evaluer la structure de son sol grâce à deux méthodes simples*, 2017. Accessible en ligne à [https://www.youtube.com/watch?v=vCH-wxD3\\_NY](https://www.youtube.com/watch?v=vCH-wxD3_NY)

## II. Le mini profil 3D

Le mini profil 3D permet d'établir en un temps réduit un diagnostic de la structure du sol en observant un bloc de sol prélevé avec les palettes d'un chargeur télescopique ou d'un tracteur équipé avec chargeur frontal. Il est notamment possible d'identifier les problématiques de tassement afin de raisonner la nécessité d'un travail du sol. Moins précis que le profil cultural mais plus que le test bêche, ce test est plus simple, plus rapide à mettre en œuvre, et non destructif.

### Fonctionnement

#### Quand réaliser un mini profil 3D?

A l'instar du test bêche, le mini profil 3D peut s'effectuer toute l'année, en prenant garde à éviter les sols trop secs pour pouvoir observer la structure du sol plus facilement. En fonction de l'objectif recherché pour l'observation, différentes périodes peuvent être privilégiées :

- En **interculture**, à l'automne pour une prise de décision sur le travail du sol
- Au **printemps** pour observer l'enracinement des cultures
- **Après un chantier** contraignant pour observer l'effet des passages de roues

#### Où réaliser un mini profil 3D ?

Il est conseillé de réaliser au minimum deux prélèvements.

Le premier prélèvement peut s'effectuer perpendiculairement au sens de travail, sur une zone représentative de la parcelle, ou bien être centré sur un passage de roue visible si l'objectif est d'évaluer l'effet de tassement sur cette partie de la parcelle.

Le second prélèvement doit être effectué « en décalé » par rapport au premier, pour pouvoir couvrir la variabilité latérale de la structure du sol.



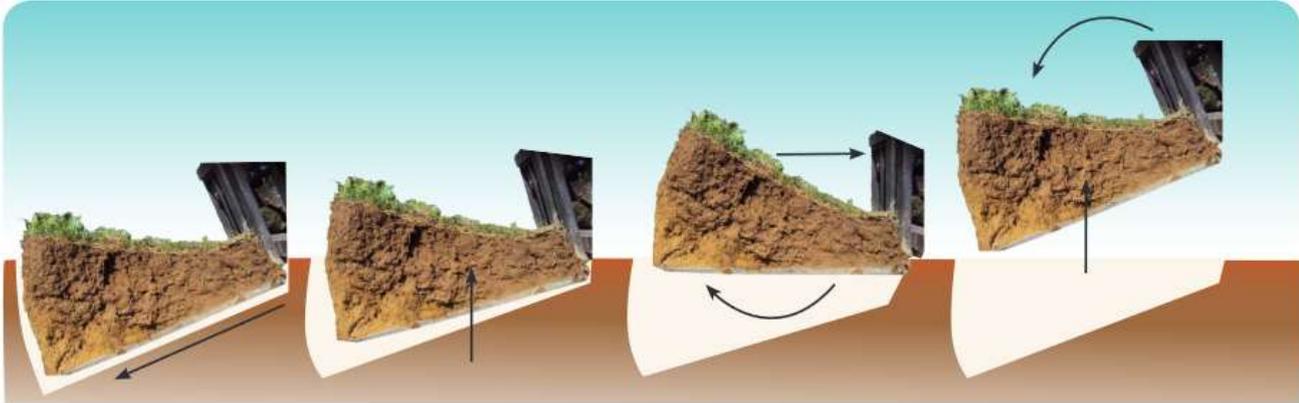
Si le second prélèvement donne un résultat différent du premier, il est conseillé d'effectuer un troisième prélèvement.

### Matériel

Pour réaliser un mini profil 3D, il sera simplement nécessaire de mobiliser les fourches d'un tracteur ou transpalette.

# Réalisation du test

## 1. Prélèvement du bloc de sol



Rapprocher les 2 palettes du chargeur avec un écartement de 20 à 30 cm

Enfoncer complètement les palettes dans le sol avec un angle de 30° à 45°

Lever légèrement sans à-coups puis redresser les palettes pour éviter l'effondrement du bloc

Lever à la hauteur souhaitée pour l'observation et rebasculer à l'horizontale le bloc

(AgroTransfert)

Le prélèvement effectué fera environ 1 m de surface, 40 cm de largeur et 70 à 100 cm de profondeur.

## 2. Observation du bloc de sol

Délimiter les horizons (zones de rupture dans la continuité structurale) du bloc prélevé, et noter la profondeur de chaque horizon.



Horizons de travail du sol mis en évidence à l'aide du couteau

(AgroTransfert)

Observer également les transitions entre horizons.

**Lissage marqué**  
accompagné d'un défaut  
d'enracinement à ce niveau



↓  
**Corriger avec une dent à 5 cm  
sous la zone de lissage**

**Lissage observé**  
mais les racines  
traversent l'horizon



↓  
**Prévenir en évitant d'intervenir avec le  
même outil dans les mêmes conditions**

(AgroTransfert)

**Pas de discontinuités**  
entre horizons



↓  
**Pas de changement  
de pratiques**

Observer l'apparence du bloc sur une face pour chaque horizon.

### Structure continue et massive - État C (compact, continu)



#### Caractéristiques :

- Bloc compact et massif
- Face de rupture nette, peu rugueuse, absence de mottes ou agrégats visibles
- Très peu de racines, souvent localisées dans les fissures et galeries

➤ **Tassement récent non travaillé**

### Structure en mottes, peu de terre fine - État B (en bloc)



#### Caractéristiques :

- Mélange de mottes (>10 cm), agrégats et de vides
- Colonisation des racines principalement autour de mottes. Présence possible de quelques racines dans les mottes

➤ **Ancien tassement repris par un labour ou décompactage**

### Structure grumeleuse, fragmentaire - État O (ouvert)



#### Caractéristiques :

- Porosité élevée
- Beaucoup d'agrégats, souvent d'origines biologiques (arrondis)
- Présence fréquente de mottes constituées de petits agrégats tenus par des racines
- Colonisation des racines de tout l'échantillon

➤ **Pas de tassement**

(AgroTransfert)

### 3. Observation des mottes



Motte poreuse (gamma) (Arvalis)



Motte tassée (delta) (Arvalis)



Motte tassée en cours de régénération  
par l'activité biologique (delta b)  
(Arvalis)

Prélever des mottes ou des fragments de sol dans chaque horizon et zone homogène et observer l'état de porosité.

Chaque motte peut être définie en fonction de son état interne :

- motte poreuse ( $\Gamma$  gamma) : arrondie contenant une surface rugueuse/grumeleuse avec une porosité importante, contenant de la terre fine agglomérée
- motte tassée ( $\Delta$  delta) : surface lisse, plane et sans porosité visible
- motte tassée en cours de régénération par l'activité biologique ( $\Delta b$  delta b) : mêmes caractéristiques que la motte delta mais avec quelques macropores d'origine biologique.

L'état interne des mottes renseigne sur la macroporosité du sol que les racines vont explorer pour assurer l'alimentation hydrique et minérale du sol. Déterminer ensuite quel volume de mottes est dominant.

Apparence globale majoritaire du bloc et porosité des mottes	Horizon	Observations par horizon	Cause probable	Conseil
<b>État massif et continu</b>  Zones tassées majoritaires (plus des 2/3 du bloc), non fissurées et peu perforées par les vers de terre	Horizon habituellement travaillé	 Structure continue massive dans l'horizon labouré	Tassement récent non repris par un travail du sol	Intervention mécanique recommandée sur l'horizon tassé, quelles que soient les cultures
	Horizon plus profond et non travaillé récemment <sup>1</sup> (sous le labour actuel)	 Structure continue massive sous le labour	Tassement profond issu d'un chantier lourd en conditions humides	Décompactage recommandé sous la semelle, en particulier avant cultures sensibles, en conditions bien ressuyées  Identifier les causes du tassement pour les prévenir
<b>État continu ou en bloc</b>  Alternance de mottes tassées (1/3 à 2/3 du bloc) et de zones plus fragmentaires, ou État majoritairement tassé mais fissuré et/ou avec de nombreuses galeries de vers de terre	Horizon habituellement travaillé	 Structure en bloc, dans l'horizon labouré, 50 % de zones tassées	Ancien tassement repris par un labour ou un décompactage	Intervention mécanique recommandée avant cultures sensibles et avec une forte exigence de conformation racinaire
	Horizon plus profond et non travaillé récemment <sup>1</sup> (sous le labour actuel)	 Structure continue massive sous le labour, mais fissurée et perforée	Ancien tassement qui se restructure par le climat et/ou l'activité biologique	État structural à surveiller Pas d'intervention mécanique utile en profondeur
<b>État fragmentaire ou en bloc</b>  Peu de zones tassées (moins de 1/3 du bloc)  <i>NB : si sol trop meuble et creux            ➤ effet négatif sur le système racinaire</i>	Horizon habituellement travaillé	 Structure fragmentaire dans l'horizon labouré	Pas ou peu de tassement	Pas d'intervention mécanique, sauf éventuel rappuyage, si le sol est trop meuble juste avant une implantation
	Horizon plus profond et non travaillé récemment <sup>1</sup> (sous le labour actuel)	 Structure en bloc, peu tassée, sous l'horizon labouré	Pas de tassement profond	Pas d'intervention mécanique utile en profondeur

<sup>1</sup> : Horizon entre le travail actuel et le labour ou décompactage le plus profond sur la parcelle

(AgroTransfert)



En complément des avantages mentionnés pour le test bêche, le mini-profil 3D permet une observation confortable (à hauteur du regard) et en 3D. L'observation de la structure et de l'enracinement est meilleure que celle du test bêche, avec en particulier un accès à l'observation des horizons profonds. Elle reste toutefois moins précise que dans le cadre d'un profil cultural. En particulier, avec ce type d'observations, il n'est pas possible d'avoir accès à la totalité de la surface correspondant à une largeur du semoir.

### Sources

AgroTransfert, *Guide méthodologique du mini-profil 3D*, 2017. Accessible en ligne à : <http://www.agrotransfert-rt.org/wp-content/uploads/2017/04/Guide-m%C3%A9thodique-du-mini-profil-3D-version-web-6M.pdf>

Arvalis, *Le test bêche : pour un diagnostic rapide de l'état structural du sol*, 2018. Accessible en ligne à <https://www.arvalis-infos.fr/evaluer-la-structure-du-sol-avec-le-test-b-che-@/view-26701-arvarticle.html>

ARVALIS TV, *Evaluer la structure de son sol grâce à deux méthodes simples*, 2017. Accessible en ligne à [https://www.youtube.com/watch?v=vCH-wxD3\\_NY](https://www.youtube.com/watch?v=vCH-wxD3_NY)