



**HAL**  
open science

## **SolAB : Limiter le travail du sol et évaluer la fertilité des sols en agriculture biologique**

Laetitia Fourrié, Josephine Peigné, Hélène Védie, Alain Garcin, Nathalie Goma-Fortin

### ► To cite this version:

Laetitia Fourrié, Josephine Peigné, Hélène Védie, Alain Garcin, Nathalie Goma-Fortin. SolAB : Limiter le travail du sol et évaluer la fertilité des sols en agriculture biologique. Innovations Agronomiques, 2013, 30, pp.125-138. 10.17180/3ef8-q274 . hal-04659648

**HAL Id: hal-04659648**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04659648v1>**

Submitted on 23 Jul 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

## **SolAB : Limiter le travail du sol et évaluer la fertilité des sols en agriculture biologique**

**Fourrié L., Peigné J.<sup>2</sup>, Védie H.<sup>3</sup>, Garcin A.<sup>4</sup>, Goma Fortin N.<sup>5</sup>**

Avec la collaboration d'Y. Capowiez, C. Etienne, X. Coquil, C. Bussi (INRA), A. Dupont (CRA Bretagne), J-P Gouraud, T. Quirin (AgroBio Poitou-Charentes), F. Clerc (Adabio), J-M. Lhôte (Acpel), David Grébert (PLRN), S-J. Ondet, C-E. Parveaud, M. Chovelon (GRAB), N. Corroyer (CA 76), N. Dupont, H. Breisch (CTIFL), L. Gontier et C. Gaviglio (IFV) et O. Malet (Cave de Die Jaillance)

<sup>1</sup> ITAB, Station Expérimentale, 2485 Route des Pécolets, 26 800 Etoile-sur-Rhône

<sup>2</sup> ISARA-Lyon, AGRAPOLE, 23 rue Jean Baldassini, 69364 Lyon Cedex 07

<sup>3</sup> GRAB, Site Agroparc - B.P 1222 -84 911 Avignon Cedex 9

<sup>4</sup> Ctifl - 751 chemin de Balandran - 30127 Bellegarde

<sup>5</sup> Chambre d'agriculture de l'Hérault. Antenne de Montblanc- Quartier des entreprises de l'Europe Lot N°9 – 34290 Montblanc

Correspondance : [laetitia.fourrie@itab.asso.fr](mailto:laetitia.fourrie@itab.asso.fr)

### **Résumé**

En agriculture biologique, la préservation de la fertilité du sol est essentielle car le sol est le pivot du système de production. Le projet SolAB (2009-2011), associant 22 partenaires, a porté sur la gestion des sols et son impact sur la fertilité dans les systèmes de production végétale. A partir d'un réseau expérimental de 18 sites, la faisabilité et la durabilité de différents modes innovants de gestion du sol ont été étudiées : les techniques culturales simplifiées (TCS) en Grandes Cultures, les planches permanentes et autres TCS en Maraîchage et les alternatives à l'entretien mécanique sous le rang en Arboriculture et Viticulture. Par ailleurs, quatre outils de diagnostic simplifiés ont été proposés pour évaluer la fertilité des sols de Grandes Cultures, Maraîchage, Arboriculture et Viticulture: le test bêche pour évaluer la structure du sol et trois bio-indicateurs liés aux populations ou à l'activité des vers de terre.

**Mots-clés** : Fertilité des sols, travail du sol, outils d'évaluation.

### **Abstract: Limiting tillage and assessing soil fertility in organic farming**

In organic farming, preservation of soil fertility is essential because soil is the backbone of production systems. SolAB project (2009-2011), gathering 22 partners, focused on soil management and its impact on fertility in plant production systems. From an experimental network of 18 sites, feasibility and sustainability of different innovative modes of soil management were studied: simplified cultivation techniques (CHT) in field crops, permanent and other simplified cultivation techniques in vegetable production and alternatives to mechanical weeding under the row in orchards and vineyards. In addition, four simplified diagnostic tools were proposed to assess soil fertility in field crops, vegetable production, orchards and vineyards: spade test to assess soil structure and three bio-indicators related to populations or earthworms activity.

**Keywords**: Fertility of the soil, tillage, assessment tools.

## Introduction

Les agriculteurs biologiques s'interrogent sur l'impact de leurs techniques culturales sur la qualité du sol car les problèmes de structure peuvent être particulièrement importants alors que la fertilité des sols, son entretien voire son amélioration, sont un des fondements de l'Agriculture Biologique. Dans le cas du maraîchage, la succession rapide de plusieurs cultures sur l'année entraîne des passages d'engins répétés dans des conditions de ressuyage et de portance parfois inadaptées, à l'origine de problèmes de lissage et de compaction. L'altération de la fertilité du sol se retrouve de la même façon dans les systèmes de grandes cultures, où les passages d'engins peuvent être nombreux, en lien avec la lutte contre les adventices. En cultures pérennes, les problèmes de dégradation de structure se doublent d'effets négatifs des opérations mécaniques sur le système racinaire des arbres.

L'objectif du projet SolAB était double : non seulement les travaux ont visé à approfondir les connaissances sur les modes de gestion du sol, innovants en grandes cultures, maraîchage, arboriculture et viticulture, mais ils ont également permis de proposer quatre outils simplifiés d'évaluation de la fertilité des sols.

**Titre :** Etude des effets de différents modes innovants de gestion du sol en AB sur la fertilité et ses modes d'évaluation

**Durée du projet:** 2009-2011

**Budget:** 1480 K€

**Partenariat :**

*Animation et Chef de projet :* ITAB

*Grandes cultures:* AgroBio Poitou-Charentes, Chambres d'agriculture de la Drôme, de l'Isère, de Bretagne, INRA ASTER-Mirecourt, ISARA Lyon

*Maraîchage:* ADABio, GRAB, SERAIL, PLRN, ACPEL, Chambre d'agriculture du Rhône.

*Arboriculture:* Chambre d'agriculture de Normandie, CTIFL, IFPC, INRA Gotheron, GRAB

*Viticulture:* Chambre d'agriculture Hérault, Cave de Die Jaillance, GRAB, IFV

*Expertise scientifique :* INRA Avignon et Alénia

**Financeurs:** CAS DAR, co-financements et auto-financements

**Types de production:** Grandes cultures, maraîchage, arboriculture, viticulture

**Mots clés:** sol, agriculture biologique, techniques culturales, outils de diagnostic, fertilité



Figure 1 : Carte d'identité du projet SolAB

### 1. Un réseau de sites expérimentaux grandes cultures, maraîchage, arboriculture et viticulture

Le projet SolAB a reposé sur une double démarche :

- La consolidation des connaissances sur la faisabilité et la durabilité des modes de gestion du sol en AB, via l'acquisition de données sur l'impact de ces techniques sur un ensemble d'indicateurs de durabilité (agronomiques, environnementaux, économiques) et sur la fertilité du sol (fonctionnement global du sol), enjeu fort pour les praticiens de l'AB.

- La construction et la validation d'outils de diagnostics agronomiques simples, s'appuyant sur des mesures de terrain.

Pour mettre en œuvre cette démarche expérimentale, le projet SolAB s'est appuyé sur un réseau de parcelles représentatives des quatre principaux systèmes de production végétale (grandes cultures, maraîchage, arboriculture et viticulture) et conduites selon différents modes de gestion des sols visant tous à diminuer les façons culturales (Figure 2).

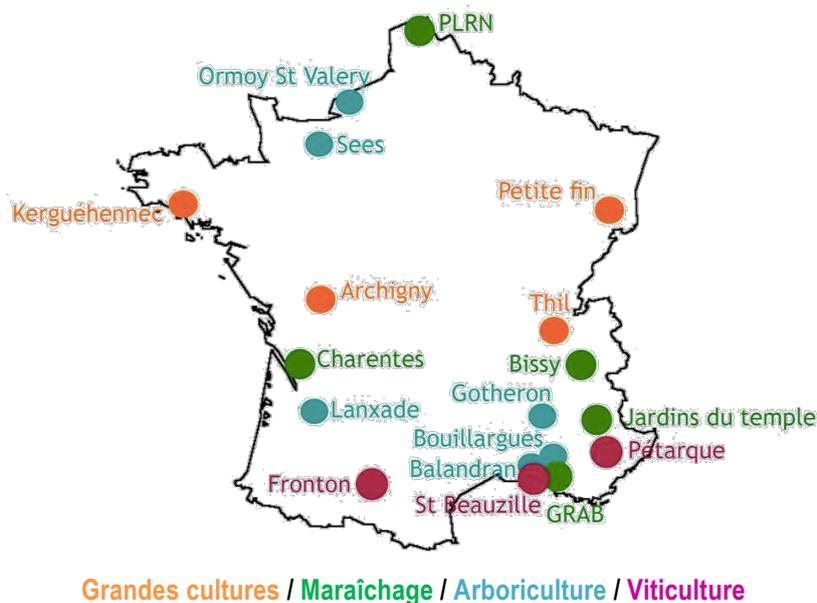


Figure 2 : Les 18 sites expérimentaux du projet SolAB

## 2. Etude des effets de différents modes innovants de gestion du sol en AB

Le suivi de ces parcelles avec des méthodes et outils harmonisés a permis d'évaluer l'intérêt de modes innovants de gestion du sol :

- La suppression du labour en cultures annuelles (semis direct en grandes cultures, planches permanentes en maraîchage),
- La mise en place des plantes de couverture et des mulchs en alternative à l'entretien mécanique des rangs des cultures pérennes.

Ces méthodes de gestion du sol sont évaluées sur leur efficacité agronomique (rendement, adventices, maladies, ...), économique et environnementale (calculs de volumes d'intrants, coûts économiques et énergétiques, mais surtout sur l'impact qu'elles ont sur les paramètres physiques, chimiques et biologiques affectant la fertilité du sol (teneur en eau du sol, analyse physico-chimique, suivi d'azote du sol, profil cultural, densité apparente du sol, biomasse microbienne du sol et dénombrement des populations de vers de terre, arthropodes).

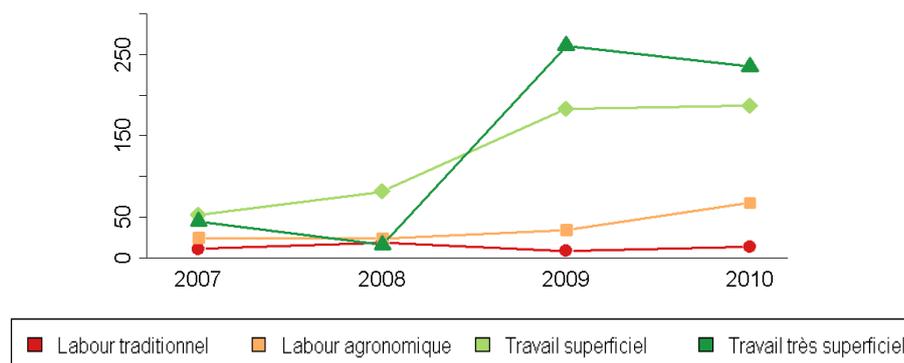
### 2.1 Techniques culturales simplifiées (TCS) en grandes cultures

En grandes cultures, différentes techniques ont été testées dans plusieurs sites expérimentaux en France (Kerguéhennec par la chambre d'agriculture de Bretagne, Archigny par AgroBio Poitou-Charentes, Mirecourt (Petite Fin) par l'INRA, Thil par l'ISARA Lyon) et des réseaux de parcelles (suivis par l'ISARA-Lyon) :

- Le labour traditionnel à environ 30 cm de profondeur,

- Le labour agronomique (sol retourné à 18 cm),
- Le travail superficiel, encore appelé non labour (outils à dents, sans inversion du sol, à profondeur de travail réduite, de l'ordre de 10-15 cm),
- le travail très superficiel, proche du travail superficiel mais à une profondeur de travail du sol très réduite (de 5 à 7 cm),
- Le semis direct sous couvert végétal (vivant ou non).

Les résultats obtenus au bout de quelques années (de 4 à 7 ans) (Peigné et al., 2012) montrent que les techniques de travail superficiel peuvent être utilisées en AB mais avec un risque accru de problèmes d'adventices. En absence d'accident (de type climatique, ravageurs,...), l'abondance d'adventices est au même niveau qu'avec des labours. Mais, si une année donnée, l'abondance augmente, alors il est beaucoup plus dur de contrôler l'infestation à long terme avec le travail superficiel. La figure 3 illustre ce phénomène : de 2005 à 2007 (données non montrées) le nombre d'adventices à la levée était équivalent entre les techniques de travail superficiel et très superficiel et les labours. Suite à un problème de pigeons et de mauvaises conditions climatiques en 2008, le nombre d'adventices à la levée a augmenté les années suivantes (plus de stock semencier) et les effets sont durs à enrayer.



**Figure 3** : Nombre d'adventices à la levée par m<sup>2</sup> sur le site de Thil (ISARA-Lyon)

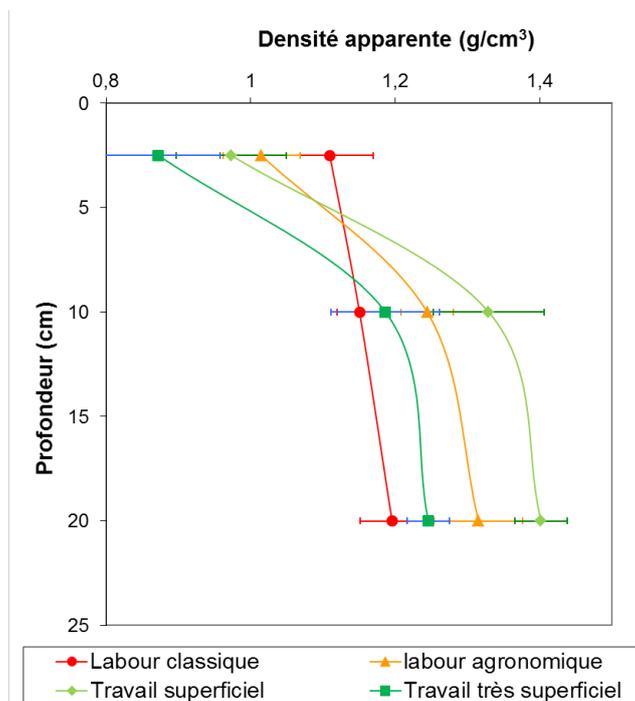
La fertilité du sol est améliorée d'un point de vue chimique et biologique. On observe une stratification des éléments (Carbone, Azote, Phosphore) sur les 30 premiers cm du sol, se traduisant par une augmentation des teneurs dans l'horizon 0-15 cm du sol avec le travail superficiel. On observe également plus d'organismes vivants du sol en surface avec les techniques de travail superficiel. Par exemple, les vers de terre sont plus importants en biomasse pour le travail du sol très superficiel ou semis direct. Toutefois, l'évolution des populations de vers de terre, année après année, semble être plus corrélée à la rotation et au couvert végétal qu'à la seule pratique de travail du sol.

Au niveau de la fertilité physique, les techniques de travail superficiel et très superficiel ont eu tendance à dégrader la fertilité physique des sols dans tous les sites les premières années de mise en place de ces techniques, avec une tendance à plus de tassement observées en dessous de la profondeur de travail (soit après 5-15 cm).

Après 7 ans de travail superficiel sur le site de Kerguehenec (Dupont, 2012) (résultats confirmés par le site de Thil), une première amélioration de la fertilité physique apparaît avec ces techniques. Ainsi, le travail très superficiel (très peu de perturbation du sol) tend à diminuer le tassement du sol, avec comme l'illustre la Figure 4, une densité apparente de sol plus faible en TTS sur les premiers horizons de sol et comparable au labour en profondeur.

Il est nécessaire de poursuivre ces essais afin de vérifier les évolutions sur le long terme (à 10 ans). De même, plusieurs essais de type « système » sont prévus pour compléter ces essais afin de mieux

prendre en compte l'ensemble des contraintes et des leviers des agriculteurs, et notamment d'étudier la faisabilité du semis direct en AB (les résultats obtenus par les essais analytiques conduits dans le cadre de SolAB n'étant pas satisfaisants).



**Figure 4** : Densité apparente du sol en g/cm<sup>3</sup> mesurée pour les quatre techniques de travail du sol du site de Kerguehenec après 7 ans d'essais.

## 2.2 Etude des planches permanentes en maraîchage

En maraîchage, cinq sites expérimentaux (menés par l'ADABIO (Bissy), le PLRN, le GRAB et l'ACPEL [deux sites en Charente]) ont permis d'étudier le travail du sol en planches permanentes (avec passages de roues identiques depuis le début de l'essai et utilisation préférentielle d'outils à dents sur la planche de culture) et un itinéraire plus classique avec labour (quatre sites) ou non et utilisation d'outils rotatifs. Un sixième site (conduit par l'ADABIO, Les Jardins du Temple) a également permis d'étudier l'impact de différents mulchs végétaux en couverture sur le sol.

Ces essais, mis en place entre 2001 et 2007, montrent que les planches permanentes ressortent comme une technique intéressante sur plusieurs critères (Védie et *al.*, 2012). La Figure 5 illustre ce résultat sur la structure du sol dans l'essai du GRAB. Ces différences sont toutefois plus ou moins nettes selon les sites et les critères mesurés (résultats culturaux [rendements, adventices], activité biologique du sol [vers de terre, minéralisation du sol, ...]). Les autres itinéraires sans labour évalués dans le cadre de ce programme ont donné soit de meilleurs résultats que les planches, soit de moins bons.

Les résultats dépendent du contexte étudié : type de sol, cultures pratiquées, outils utilisés pour les planches, et itinéraires de référence variables. Il n'y a pas de tendances nettes pour une technique donnée, ni une convergence systématique des nombreux indicateurs mesurés.

Il semblerait cependant que le type de sol soit un facteur de réussite crucial : si les résultats sont clairement positifs en sols où la structuration physique est facilitée par les éléments grossiers (cailloux, sables), ils sont beaucoup moins tranchés sur sols plus lourds et sensibles aux tassements, où les outils rotatifs sont quasiment incontournables pour affiner la surface en vue d'une plantation, ou *a fortiori* d'un semis. La multiplicité des passages sur certains itinéraires planches permanentes (pour la

préparation de sol, pour le désherbage) peut être trop contraignante en régions très humides où le calendrier d'intervention est parfois restreint. Le facteur temps est aussi un élément à prendre en compte : il intègre à la fois la durée d'adaptation et d'appropriation d'une nouvelle technique de travail du sol, et le temps de réaction du sol à ce nouveau système de gestion.

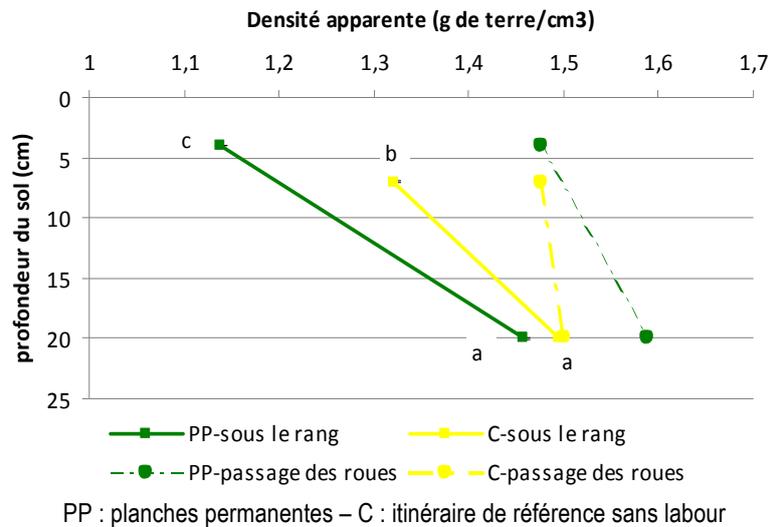


Figure 5 : Densités apparentes 2010 – Grab

Ces résultats se traduisent par des avantages pour les planches permanentes dans l'organisation du travail : plus grande souplesse de calendrier d'intervention grâce à une portance plus importante sur les passages de roues et un ressuyage plus rapide sur les planches de culture ; meilleure organisation des assolements et des chantiers car la planche devient l'unité de production, facilement identifiable dans le temps.

### 2.3 Alternatives à l'entretien mécanique sur le rang en arboriculture

En arboriculture, les différentes façons culturales testées pour entretenir le sol sur le rang étaient les suivantes : travail mécanique, système sandwich, enherbement naturel ou couverture végétale permanente, mulch (et même bâche tissée).

Parmi les différentes techniques d'entretien du rang étudiées dans le cadre du projet, aucune ne peut prétendre apporter une solution universelle à la gestion du sol des vergers (Garcin et al., 2012). Le choix de la technique la plus appropriée dépend largement des contraintes propres à chaque arboriculteur (contraintes économiques, disponibilité en eau, fourniture en intrants, présence de bioagresseurs tels que les campagnols, espèce fruitière et porte-greffe).

Si certaines techniques sont séduisantes du fait de leurs performances vis-à-vis de la qualité physique, chimique et biologique du sol, elles ne sont pourtant pas toujours adaptées.

Ainsi, l'enherbement du rang (voir les intérêts et limites de l'enherbement sur le rang des vergers, présenté dans le Tableau 1) ne peut être envisagé que sur un verger adulte, la concurrence pour l'eau et les éléments minéraux étant trop forte avec des arbres nouvellement plantés. De plus, le choix des espèces de plantes couvre-sol est capital pour minimiser cette concurrence. Le mulch de BRF entraîne à court terme une diminution de la disponibilité en azote du sol mais est bénéfique à plus long terme par l'augmentation importante du taux de matière organique (voir les intérêts et limites du mulch sur le rang des vergers, présenté dans le Tableau 2).

En conclusion, il semble que l'alternance des techniques dans l'espace (le système sandwich est un bon compromis entre le travail mécanique et l'enherbement) et dans le temps (par exemple un travail

du sol ou un mulch les premières années de la vie du verger, puis un enherbement avec des espèces peu concurrentes) soit la meilleure garantie pour assurer la durabilité d'un système de culture.

Intérêts	Inconvénients, limites
<b>Incidence sur l'arbre</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de perte de vigueur sur arbres adultes</li> <li>• Rendement équivalent au témoin sur arbres adultes</li> <li>• Qualité des fruits identique</li> <li>• Amélioration de l'état sanitaire des arbres [sites de <i>Gotheron et Lanxade</i>]</li> <li>• Azote dans les feuilles égal à supérieur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perte de vigueur et de rendement les 1ères années si implantation sur arbres jeunes arbres [site de <i>Balandran</i>], même avec espèces peu concurrentes</li> </ul>
<b>Présence d'adventices</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peu présentes les premières années si bonne réussite du semis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Invasion plus ou moins rapide, sauf sur fétuque ovine arbres [site de <i>Bouillargues</i>]</li> <li>• Espèces de lumière difficiles à planter [site de <i>Bouillargues</i>]</li> </ul>
<b>Physique du sol</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meilleure porosité (infiltrométrie)</li> <li>• Meilleure structure (test bêche, profil)</li> <li>• Moins de tassement (pénétromètre)</li> <li>• Pas de stress hydrique en situation d'irrigation de confort</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Attention en situation de restriction hydrique, prévoir apports plus tôt et plus fractionnés</li> </ul>
<b>Composition chimique du sol</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilité en azote équivalente à meilleure (légumineuses, restitution estimée à 45 U sur le site <i>Gotheron</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restitution en azote pas toujours synchrones avec les besoins de l'arbre</li> <li>• Moins de phosphore dans le sol mais ne se traduit pas par baisse sur feuille [site de <i>Gotheron</i>]</li> </ul>
<b>Biologie du sol</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plus de vers de terre (sites 6) ou équivalent</li> <li>• Macroarthropodes : plus d'individus [site de <i>Sées et Osmoy St Valéry</i>]</li> <li>• Mésofaune : + d'abondance et de diversité [site de <i>Balandran et Lanxade</i>]</li> <li>• Biomasse microbienne : pas de différences.</li> <li>• Meilleur indice d'activité microbienne [site de <i>Balandran</i>]</li> <li>• Augmentation du taux de MO</li> </ul>	
<b>Incidence économique</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faible coût énergétique</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Besoin d'être équipé de matériel de fauche déporté adapté</li> <li>• Si herbe semée, pérennité pas assurée, sauf fétuque ovine [site de <i>Bouillargues</i>] : coût supplémentaire</li> </ul>

Tableau 1 : Intérêts et limites de l'enherbement sur le rang des vergers

### 2.3 Alternatives à l'entretien mécanique sur le rang en viticulture

Les trois sites viticoles du réseau SolAB situées en Midi-Pyrénées (Fronton, conduit par l'IFV), Languedoc-Roussillon (St Beauzille, par la Chambre d'agriculture de l'Hérault) et PACA (Pétarque, par le GRAB) ont permis de tester différentes façons d'entretenir le sol sur le rang : travail mécanique, enherbement naturel ou couverture végétale permanente, mulch et paillage. Un réseau de parcelles suivies par la cave de Die-Jaillance a également permis de renforcer ce réseau expérimental.

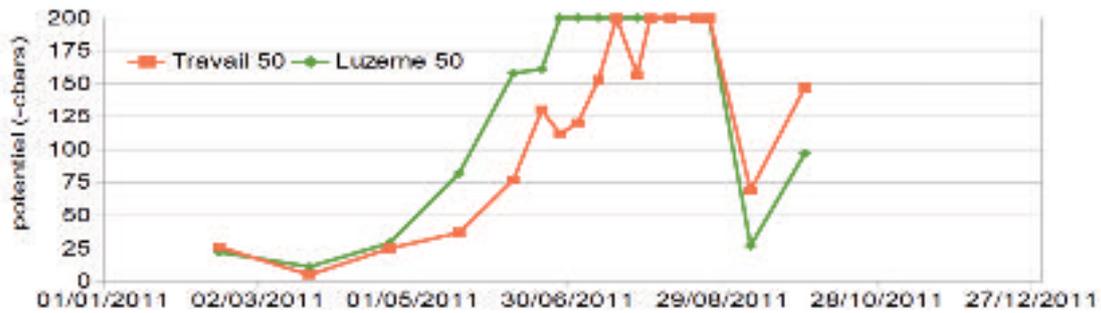
L'ambition initiale des essais était de donner des réponses à la couverture du rang. Mais les difficultés rencontrées d'implantation limitent considérablement les conseils possibles sur ces techniques (Goma-Fortin et al., 2012).

Une fois installés, paillages ou enherbements influent sur le sol (disponibilité différente en eau et en azote, protection de la température du sol, cf. exemple sur le site de Saint-Beauzille présenté en Figure 6) et la plante (concurrence induite en eau, azote). Ces conséquences sont à bien prendre en compte avant de décider une utilisation à l'échelle de la parcelle. Les techniques doivent être mises en place chez le vigneron dans une réflexion globale à l'échelle de l'exploitation.

Intérêts	Inconvénients, limites
<b>Incidence sur l'arbre</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enracinement très dense en surface</li> <li>• Gain de vigueur</li> <li>• Rendement équivalent au témoin</li> <li>• Qualité des fruits supérieure (calibre, 1er choix, sucres [site de Lanxade])</li> <li>• Moins de tavelure avec paille [site de Lanxade]</li> <li>• Azote dans les feuilles équivalent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chevelu racinaire superficiel</li> <li>• Plus de bitter-pit avec paille [site de Lanxade]</li> </ul>
<b>Présence d'adventices</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effet herbistatique intéressant en saison</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Invasion plus ou moins rapide si non renouvelé</li> <li>• Sélection de certaines espèces (liseron en 2009, avec BRF sur site de Balandran)</li> </ul>
<b>Physique du sol</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porosité moyenne (infiltrométrie)</li> <li>• Bonne structure (test bêche, profil)</li> <li>• Tassement moyen (pénétrömètre)</li> <li>• Meilleure disponibilité en eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>
<b>Composition chimique du sol</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilité en azote plus régulière après décomposition</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilité en azote moindre pendant 1 à 2 ans pour le BRF</li> </ul>
<b>Biologie du sol</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plus de vers de terre (surtout épigés) ou équivalent.</li> <li>• Mésofaune : + d'abondance et de diversité [site de Balandran et Lanxade]</li> <li>• Biomasse microbienne : pas de différences.</li> <li>• Meilleur indice d'activité microbienne [site de Balandran]</li> <li>• Augmentation du taux de MO</li> </ul>	
<b>Incidence économique</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût en approvisionnement (BRF)</li> <li>• Faible coût énergétique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Besoin d'être équipé de matériel d'épandage adapté</li> </ul>

**Tableau 2** : Intérêts et limites du mulch sur le rang des vergers

Toute modification sur le sol demande du temps pour être perceptible. Les trois essais viticoles de SolAB ont été mis en place pour le projet et sont certainement trop jeunes pour donner toutes leurs informations.



Echelle : 0 : sol humide, 200 : sol asséché  
 Juin juillet assèchement plus rapide sous la luzerne à 50cm,  
 Ré-humidification plus rapide en septembre

Figure 6 : Suivi des tensiomètres sur le site de St-Beauzille

### 3. Evaluation de la fertilité des sols : proposition d'outils simplifiés

La fertilité des sols est analysée grâce au suivi de plusieurs indicateurs des composantes physiques, biologiques et chimiques du sol, qui sont mis en relation afin de proposer des outils de diagnostic simplifiés aux agriculteurs et conseillers.

En effet, il y a, d'un côté un grand besoin de références sur le fonctionnement du sol, et de l'autre un manque d'outils, ceux existants étant soit limités (analyses de terre physico-chimiques « classiques »), soit lourds à mettre en place (profil de sols, interventions de pédologues et d'agronomes).

Pour améliorer le diagnostic agronomique et environnemental apporté aux agriculteurs, les travaux ont donc porté sur la mise au point d'outils de diagnostic simplifiés utilisables en grandes cultures, maraîchage, arboriculture et viticulture (Fourrié et Coulombel, 2012) :

- Diagnostic de la structure du sol avec le test bêche,
- Bio-indicateur évaluant les populations de vers de terre avec le prélèvement et l'identification simplifiés des vers de terre,
- Bio-indicateurs évaluant l'effet de l'activité des macro-organismes du sol sur la structure avec le test d'infiltrométrie de Beer Kan et le test des macropores.

La mise au point de ces outils s'est effectuée en quatre étapes : construction du test, évaluation de la faisabilité dans différentes situations culturales, validation et transfert.

#### 3.1 Test "bêche"

Il s'agit de diagnostiquer l'état de la structure du sol à partir d'une bêche de sol, c'est-à-dire un volume de sol prélevé à la bêche. La réalisation de ce test est simple et peu destructive. A l'aide d'une bêche, le test consiste à prélever une bêche à observer. Il faut d'abord examiner la tenue du bloc de terre prélevé puis, en fractionnant progressivement le bloc, observer les racines, les cailloux, la terre fine, les mottes et leur mode d'assemblage. Au préalable, il est possible de réaliser une observation de la surface du sol (Figure 7).

##### 3.1.1 Intérêt du test

Le test bêche est intéressant car il est facile à mettre en œuvre et non destructif. De ce fait, il a été particulièrement apprécié en arboriculture car les arboriculteurs sont plutôt réticents à réaliser des profils culturaux dans leurs vergers.

Ce test est très démonstratif et stable au niveau des résultats. Il permet une évaluation représentative de la structure du sol et de ses variations durant la campagne culturale. Il est aussi possible d'évaluer le tassement du sol. Les observations du test "bêche" sont cohérentes avec celles du profil cultural. Enfin, ce test permet aussi d'appréhender l'enracinement superficiel des cultures, des arbres notamment.



1. Prélever la bêchée



2. Observer la fragmentation du bloc et des mottes



3. Estimer la proportion de cailloux, de terre fine et des différents types de mottes

**Figure 7** : Réalisation du test "bêche"

### **3.1.2 Limites du test**

Même si ce test est simple à mettre en place, il peut nécessiter du temps si l'on multiplie les répétitions (ce qui est recommandé).

La caractérisation des classes de mottes et l'estimation des pourcentages ne sont pas évidentes pour les premiers tests réalisés et prennent beaucoup de temps. C'est en manipulant que l'on acquiert les compétences. De plus, l'observation peut être différente selon la personne qui manipule. Pour faciliter l'interprétation, des notations « standardisées » sur mottes ont été proposées.

La profondeur du test "bêche" (0-25 à 30 cm) n'est peut-être pas suffisante. L'utilisation d'un pénétromètre (même une simple tige métallique) peut être recommandée pour compléter le test et pour repérer les zones de tassement (semelles). Pour contourner le problème de profondeur, un partenaire a fait construire une bêche-drain de 50 cm de long par un artisan.

A noter qu'en sol caillouteux, sec ou très tassé, le test bêche n'est pas réalisable.

### **3.1.3 Usages et suites**

Ce test peut être utilisé par les agriculteurs ou en accompagnement avec un technicien. Le test "bêche" est aussi utile en expérimentations. Pour une réelle appropriation, une simple démonstration n'est pas suffisante, une formation est nécessaire.

Il est intéressant d'associer ce test à d'autres observations du sol (vers de terre par exemple).

## ***3.2 Test "vers de terre"***

Ce test consiste à observer les populations de vers de terre en triant manuellement les vers de terre d'un volume de sol donné puis à déterminer les catégories des vers « capturés » (mesure de l'abondance et de la biomasse des vers).

Pour identifier les catégories de vers de terre, un guide de détermination, accessible à tous, est disponible. Très vite, après quelques observations, l'expérience et la prise de confiance rendent cette étape plus rapide et précise.

### 3.2.1 Intérêt du test

Ce test ludique permet de connaître les vers de terre d'un sol (et éventuellement de les relier aux pratiques, comme le travail du sol et l'apport de la matière organique). Le ver de terre est un organisme qui suscite l'intérêt des agriculteurs, surtout en AB.

La période optimale de réalisation du test varie selon ce que l'on souhaite observer. Il faut, en effet, prendre en compte les conditions pédoclimatiques puis le travail du sol qui impacte directement sur les populations de vers du sol. Si on effectue ce test en automne, on peut alors observer l'effet global d'une campagne culturale sur les vers de terre.



1. Prélever rapidement le volume de sol



2. Trier manuellement les vers de terre de façon méticuleuse. Prêter une attention particulière aux chevelus racinaires

3. Placer les vers capturés dans une boîte avec un couvercle. La détermination peut se faire sur place ou à l'intérieur sous un bon éclairage

**Figure 8** : Réalisation du test "vers de terre".

### 3.2.2 Limites du test

Le tri manuel des vers est très long en sols argileux. Il faut également prendre le temps de bien examiner les zones où le chevelu racinaire est dense car de nombreux vers peuvent être présents.

La détermination des catégories des vers de terre est délicate et longue. Il est quasi-indispensable de suivre une formation en amont (ne serait-ce que pour prendre confiance).

Ce test est très intéressant pour un site donné mais il ne présente aucun intérêt de comparer plusieurs sites. La cohérence des résultats est améliorée en couplant le test avec la mesure de l'humidité du sol. En effet, la présence de vers est très dépendante de l'humidité dans le sol.

### 3.2.3 Usages et suites

Ce test peut être utilisé par des techniciens, voire des agriculteurs. C'est un outil de sensibilisation. Ce test est pertinent en relatif, pour comparer sur un même site différentes « modalités ».

### 3.3 Test Beer Kan

Le test d'infiltrométrie de Beer Kan simplifié permet d'évaluer l'effet de la macroporosité sur le temps d'infiltration de l'eau dans le sol, en condition de sol humide et ressuyé.

Concrètement, ce test consiste à mesurer la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol, en condition de sol humide et ressuyé. Un volume déterminé d'eau est versé dans un cylindre enfoncé à la surface du sol.

Le temps nécessaire à l'infiltration complète du volume d'eau versé est noté. L'opération est répétée jusqu'à ce que le temps d'infiltration se stabilise



1. Se munir du matériel nécessaire

2. Enfoncer le cylindre PVC dans le sol (1 à 2 cm) après avoir scalpé ou coupé à ras la végétation

3. Verser le volume d'eau. Chronométrer jusqu'au ressuyage complet de l'eau. Répéter l'opération

**Figure 9** : Réalisation du test Beer Kan

### **3.3.1 Intérêt du test**

Ce test est facile à mettre en œuvre car assez simple. En sol argileux, même si les résultats sont pertinents, la mise en œuvre du test peut être très longue (contrairement à des sols sableux).

Les résultats obtenus sont en général cohérents avec le type de sol. Les résultats, présentés sous forme de graphiques sont facilement interprétables. En arboriculture, on a observé une bonne corrélation entre l'infiltrométrie et le tassement du sol. En viticulture, la réponse est rapide et visuelle mais la différence entre les modalités de travail du sol n'est pas significative voire inexistante.

### **3.3.2 Limites du test**

Le temps de réalisation du test est long car il nécessite de nombreuses répétitions (entre 6 et 10) pour prendre en compte l'hétérogénéité du sol. A noter qu'il est difficile en arboriculture d'atteindre un régime constant même après de nombreuses itérations.

Les résultats du test peuvent être biaisés en cas de présence de campagnols (ou autres animaux créant de la macroporosité).

Pour assurer de bons résultats, il faut veiller à effectuer le test sur une surface plane (test impossible en butte) et dans les meilleures conditions de sol (sol humide et ressuyé).

Les résultats obtenus peuvent être variables et difficiles à relier avec l'infiltrométrie classique (ce n'est pas la même porosité qui est concernée). Il apparaît que ce test discrimine plus les sols que les modalités de travail du sol.

### **3.3.3 Usages et suites**

Ce test est intéressant pour un suivi expérimental. L'usage par ou avec des agriculteurs est plus discutable. Il présente un intérêt pédagogique certain : il permet de « visualiser » les propriétés physiques du sol que sont la porosité et l'infiltrabilité (capacité d'infiltration).

## ***3.4 Test Macropores***

Le test des macropores évalue l'activité des vers de terre sur la structure du sol. Il consiste à compter les macropores ( $\varnothing > 3\text{mm}$ ) à mi-profondeur (mini-fosse) ou en profondeur (profil cultural) et de compter aussi les turricules de vers de terre (Figure 10). L'observation peut se faire à deux profondeurs de sol pour évaluer l'impact d'une rupture de perméabilité (semelle de labour, tassement...).

Ce test ne présente pas de difficulté particulière. Les macropores peuvent être un indicateur du passage des racines dans le sol. En semis direct, la présence de mottes delta et de fissurations permet aux racines de passer : le passage des racines est-il alors plus en lien avec la couverture végétale ?



**Figure 10** : Visualisation des macropores de vers de terre.

Il faut rester prudent quant à l'observation et le comptage des turricules. En effet, les turricules sont très fragiles et dépendent de l'effet sol. Ainsi, plus le sol est dense et plus les vers de terre font de turricules. C'est donc un indicateur qui n'est pas encore fiable. Pour ces différentes raisons, ce test n'a pu être validé.

Il est donc nécessaire de poursuivre les travaux sur ce test, qui, à ce stade, ne peut être vu comme un test unique mais plutôt comme une étape vers un autre test. Une des pistes serait d'établir des corrélations entre les macropores et l'enracinement des cultures les racines (mesures, cartographie,...). Il conviendra de vérifier les points suivants :

- Les macropores sont-ils seulement liés aux racines et aux vers de terre ?
- On connaît un peu le taux de destruction (climat, labour, vers de terre,...) des macropores mais qu'en est-il du taux de création ?
- Quels sont les liens entre macropores et fertilité du sol ?

### 3.5 Synthèse

Les quatre outils développés dans le cadre de SolAB sont intéressants et constituent des outils de sensibilisation à l'observation du sol, pertinents à utiliser par ou avec des agriculteurs. Alors qu'ils ont été calés sur des situations conduites en AB, ces outils ne sont pas forcément spécifiques de l'observation des sols en AB et peuvent être utilisés dans d'autres situations culturales. Le test "bêche" et le comptage des vers de terre en particulier peuvent être associés pour aboutir à un conseil.

Si les travaux menés durant les trois années du projet ont permis de souligner l'intérêt de ces outils, ils ont également permis de pointer leurs faiblesses. Une des principales limites de ces tests est l'absence de référentiel pour interpréter les résultats dans l'absolu.

A ce stade, il est donc important que chacun se crée son propre référentiel, en fonction du milieu (notamment le type de sol de la parcelle et les conditions d'observation) et du système de culture (type de culture et effet des pratiques).

L'étude du test "bêche" est poursuivie dans le cadre du projet CASDAR n°1116 AgrInnov, piloté par l'Observatoire des Sols Vivants. Une variante du test "vers de terre" est quant à elle proposée dans le cadre de l'Observatoire Agricole de la Biodiversité.

## En conclusion

L'approche transversale aux productions développée dans ce projet a été riche pour tous les partenaires.

L'appropriation de ces connaissances et de ces outils au-delà du partenariat de SolAB est facilitée par la production de divers supports techniques (vidéos, guides et protocoles techniques) et relayées par les partenaires, notamment à travers des démonstrations et des manifestations sur les sites expérimentaux.

L'ensemble des résultats du projet sont disponibles sur <http://www.itab.asso.fr/programmes/solab.php>.

### Remerciements



*Le projet SolAB (n°8037) a reçu l'appui financier du Compte d'Affectation Spéciale du Développement Agricole et Rural (CASDAR) géré par le ministère chargé de l'agriculture.*

### Références bibliographiques

<http://www.itab.asso.fr/programmes/solab.php> (dernière mise à jour : décembre 2012)

Dupont A., 2012. Techniques de travail du sol en Agrobiologie. Brochure INTERBIO BETAGNE.

Fourrié L., Coulombel A. (coord), 2012. Gestion du sol en AB. Dossier Alter Agri n° 116. Nov-déc 2012. (articles téléchargeables sur la page web de SolAB)

Garcin A., Bussi C., Corroyer N., Dupont N., Ondet S-J., Parveaud C-E., 2012. Résultats en arboriculture. Alter Agri n° 116. Nov-déc 2012.

Goma-Fortin N., Gontier L., Chovelon M., Gavivlio C., Malet O., 2012. Résultats en viticulture. Alter Agri n° 116. Nov-déc 2012.

Peigné J., Dupont A., Etienne C., Coquil X., Gouraud J-P., Quirin T., 2012. Travail sans labour en grandes cultures AB : bilan du programme SOLAB. Alter Agri n° 116. Nov-déc 2012.

Védie H., Clerc F., Lhote J.-M., Grébert D., 2012. Cultiver sans labourer en maraîchage biologique de plein champ : Quels résultats sur planches permanentes ? Alter Agri n° 116. Nov-déc 2012.