
**MODE INNOVANT DE GESTION DU SOL
EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE ET FERTILITE DES SOLS**

**Claude-Eric Parveaud, Christelle Gomez (GRAB), Aline Fons (stagiaire GRAB)
Claude Bussi (INRA Gotheron)**

1 - PROBLEMATIQUE

La limitation des intrants en agriculture conventionnelle et biologique est un enjeu de plus en plus fort et concret (mise en place de calendrier de retrait des matières actives par exemple). L'utilisation de solutions mécaniques comme par exemple pour le désherbage est couramment utilisé en agriculture biologique. L'effet de ces pratiques sur les caractéristiques du sol et de la production est plus ou moins bien documenté selon les types de culture. Par ailleurs, le travail du sol n'est pas sans inconvénient d'un point de vue pédologique (*e.g.* limitation possible de l'activité biologique du sol), agronomique (*e.g.* limitation de l'enracinement superficiel) ou environnemental (*e.g.* coût énergétique de la traction mécanique). Des techniques alternatives d'enherbement du rang se sont développées mais leur effet sur la fertilité du sol reste peu évalué à long terme dans des dispositifs expérimentaux. Ces résultats sur Pêcher conduit en AB sont d'autant plus intéressants que l'enherbement limite en partie le développement des pourritures *Monilia sp.* (Gomez et Mercier, 2008), principal verrou technique à la production de pêche dans des systèmes en AB.

2 - OBJECTIF

L'objectif est d'évaluer l'effet de l'enherbement du rang sur la fertilité du sol et sur la production de pêche dans un système conduit en agriculture biologique. L'effet de l'enherbement sur plusieurs variables sera quantifié : fertilité physique, chimique et biologique ; rendement, calibre et qualité des fruits ; dégâts sur fruit à la récolte et analyse chimique foliaire. Les temps de travaux seront également notés.

3 - MATERIEL ET METHODE

3.1 - Lieu : INRA Gotheron (26).

3.2 - Matériel végétal

- Variété : 5 rangs de pêche blanche variété Bénédicte et 1 rang de pêche jaune variété INRA 6697 résistante à *Myzus persicae*.
- Porte greffe : Montclar.
- Année de plantation : 1999.
- Distance de plantation : 4 m × 5 m.
- Parcelle conduite en agriculture biologique.

3.3 - Dispositif expérimental

- La parcelle est constituée de 6 rangs de 24 arbres. Les deux rangs extérieurs (un de variété Bénédicte et l'autre de variété 6697) sont des rangs de bordure.
- 4 blocs (= 4 répétitions par modalité) sont disposés selon une orientation Nord Sud.
- Chaque bloc est constitué de 2 parcelles élémentaires. Une parcelle élémentaire est composée de 2 rangs de 6 arbres. La mort de certains arbres explique que le nombre d'arbres par parcelle élémentaire varie entre 9 et 12.
- A la plantation, le nombre total d'arbre par modalité était de 48. En juillet 2009, le nombre total d'arbre par modalité est de 38 : le nombre d'arbre est donc actuellement identique entre les deux modalités.

3.4 - Modalités

Deux modalités sont testées sur la parcelle :

- Modalité « Enherbement total » :
 - L'inter rang est naturellement enherbé.
 - Du trèfle blanc nain variété Huia a été semé sur le rang au printemps 2009. Il a été choisi pour sa résistance à la sécheresse. Ce semis fait suite à un semis de trèfle nain à l'automne 2006, lui-même précédé d'un semis au printemps 2004.
- Modalité « Travail du sol » :
 - L'inter rang est naturellement enherbé.
 - Le rang est désherbé grâce à un outil de travail du sol à disque (Ommas) par buttage et débutage.

3.4 – Pratiques culturales

3.4.1 – Irrigation

- La parcelle est conduite en agriculture biologique.
- L'irrigation est localisée et utilise des mini-diffuseurs (2 diffuseurs ayant un débit de 30 L/h par arbre). En période de grossissement des fruits (du 13 juillet au 9 août), le rythme hebdomadaire d'irrigation était de 4 apports de 6mm ; en dehors de cette période il était de 4 apports de 3mm (Figure 6a). L'installation des tuyaux à la fourche des arbres permet le passage des engins sur le rang.
- La fertilisation de la partie enherbement total est divisée par 2 par rapport à celle du travail mécanique sur le rang. À l'automne 2008 un apport de 2.5 tonnes/ha et de 5 tonnes/ha de compost a été réalisé dans la modalité « enherbement total » et « travail du sol », respectivement. En avril 2009, 20 et 40 unités d'azote ont été apportées sous forme d'engrais organique facilement minéralisable dans la modalité « enherbement total » et « travail du sol », respectivement.
- La protection phytosanitaire suivante a été réalisée :
 - 3 traitements cuivre contre la cloque (20/02-03/03-09/03)
 - 1 traitement à l'huile blanche contre les pucerons (13/03)
 - 5 traitements à base de *Bt* contre la tordeuse orientale (29/04-07/05-15/06-10/07-21/07) complété par la pose de confusion sexuelle
 - 3 traitements soufre contre l'oïdium (07/05-16/05-27/05)

3.5 – Variables observées ou mesurées

3.5.1 – Fertilité physique (structure)

Un profil cultural par modalité a été réalisé le 10 juin 2009. Un profil par modalité sera effectué en 2011. Aucune mesure de pénétrométrie n'a été réalisée à cause de la présence très importante des cailloux.

La porosité du sol a été évaluée grâce à la méthode de Beerkan simplifiée. Cette mesure traduit la porosité du sol, variable principalement déterminée par la structure physique du sol (répartition sable, limon, argile) et à l'activité biologique des vers de terre (présence de galeries). Six répétitions par modalités ont été réalisées en novembre 2009.

3.5.2 – Fertilité chimique

Une analyse de la composition chimique du sol a été réalisée chaque année à l'automne pour chaque modalité.

Un suivi de l'azote minéral dans le sol a été réalisé : prélèvement de sol à la profondeur de 30 cm dans la zone sous influence goutteur (entre l'arbre et le goutteur), une fois tous les 2 mois pendant

la période de végétation, mesure de l'azote nitrique et ammoniacal (laboratoire César à Ceyzeriat dans l'Ain).

3.5.3 – Fertilité biologique

L'observation des vers de terre a été réalisée le 10 juin 2009 lors de la description du profil de sol (vers de terre visible et galerie) à différentes profondeurs.

3.5.4 – Teneur en eau du sol

Le déficit hydrique (ETP – P) a été calculé chaque jour. La tension de l'eau dans le sol a été mesurée par des tensiomètres (Watermark), à raison de 3 tensiomètres à 35 cm et 3 à 50 cm par modalité. Lecture effectuée 3 fois par semaine.

3.5.5 – Evolution de la composition botanique

Une observation qualitative de la couverture végétale sur le rang a été réalisée en 2009.

3.5.6 – Rendement, calibre et qualité des fruits

La vigueur des arbres est évaluée chaque année en période de repos végétatif (novembre) par la mesure de la circonférence de tronc à 20 cm au-dessus du point de greffe. Cette mesure est bien corrélée avec le développement végétatif. La récolte (1^{ère} et 2^{ème} catégorie, déchets) est pesée par bloc et par modalité. Le calibre est estimé sur un échantillon de 150 à 170 fruits de premier choix (soit 3 cagettes de fruits sans défaut visuel) pour chaque bloc. La fermeté et de l'indice réfractométrique des fruits sont mesurés sur un échantillon de 20 fruits par bloc.

3.5.7 – Etat sanitaire des fruits

A la récolte, les dégâts sur fruits produits par les principaux bio-agresseurs (tordeuse orientale, petite Mineuse, pucerons, monilioses, oïdium) ainsi que par les autres sources de dégâts (blessure mécanique, morsure non identifiée, dégâts d'épiderme) sont comptabilisés. L'observation de l'état sanitaire des fruits porte sur un échantillon de 100 fruits par bloc, soit 400 fruits par modalité, quelques jours avant la récolte.

3.5.8 – Composition chimique des feuilles

Des analyses chimiques de la composition des feuilles sont réalisées à partir de feuilles prélevées 105 jours après F2 (début juillet), sur des rameaux de vigueur moyenne, à hauteur d'homme et aux 4 points cardinaux sur 25 arbres par parcelle élémentaire, soit 100 feuilles par échantillon. La feuille située dans la partie médiane de la pousse terminale d'un rameau mixte est prélevée. Les feuilles sont expédiées au laboratoire rapidement. L'ensemble des éléments chimiques est analysé.

3.5.9 – Temps de travail

Les temps de travaux des interventions liés à l'expérimentation de l'entretien du sol sur le rang (semis de l'enherbement, coupe, travail du sol) sont enregistrés.

4 - RESULTATS

4.1 – Fertilité physique (structure)

Les principales caractéristiques observées sur la modalité « travail du sol » sont :

- Une humidité plus importante dans tous les horizons. Celle-ci peut-être expliquée par des prélèvements en eau plus faibles sur la ligne de plantation en l'absence de couvert végétal.
- L'horizon (I) (horizon H5 près du tronc, Figure 1) de la modalité « travail du sol » se note MR avec pseudogley, avec une structure Δ_0 et Γ . Contrairement à la modalité « enherbement » qui est noté F, une fermeture de la structure du sol est observée. Elle peut s'expliquer par un apport d'eau excessif pour cette modalité.

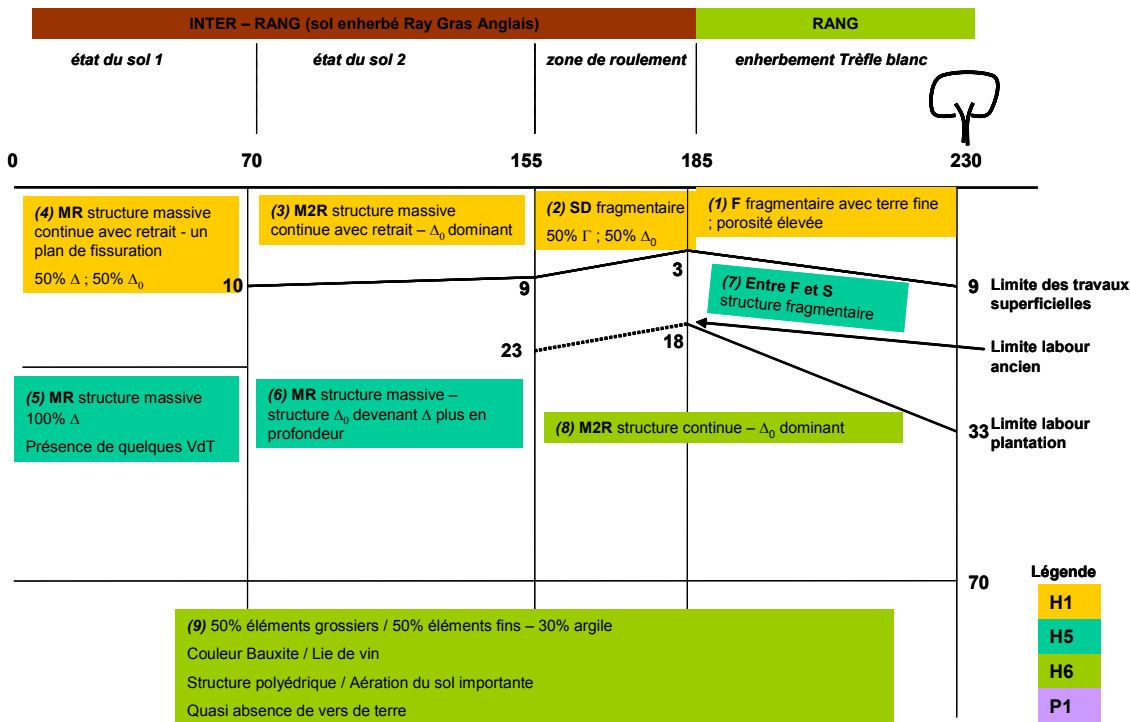


Figure 1 : Profil de sol de la modalité enherbée (Trèfle blanc) dans la parcelle de pêche Bénédicte. Observation réalisée le 10/06/2009. Le profil est perpendiculaire au rang, il a été réalisé à 40 cm du tronc.

L'interprétation de la répartition de la densité racinaire (Figure 2) permet également de dégager des tendances intéressantes. On peut retenir que l'essentiel des racines fines et moyennes (inférieures à 1 cm de diamètre) se situent entre 0 et 40 cm. Des racines sont observées jusqu'à 100 cm, voir 150 cm mais elles ne sont pas représentées sur la figure car la profondeur d'observation a été limitée à 100cm. L'exploration du sol par les racines est représentée par les flèches rouges (Figure 2). Celle-ci est plus étendue dans la modalité « enherbement ». Dans la modalité « travail du sol », l'exploration des racines est davantage horizontale, tandis que dans la modalité « enherbement » celle-ci est horizontale et verticale.

Une hypothèse qui peut expliquer cette différence est le tassement superficiel du sol. Cette différence de structure peut être liée à un apport excessif d'eau dans la modalité « travail du sol » et au rôle favorable des racines du Trèfle blanc sur la structure du sol.

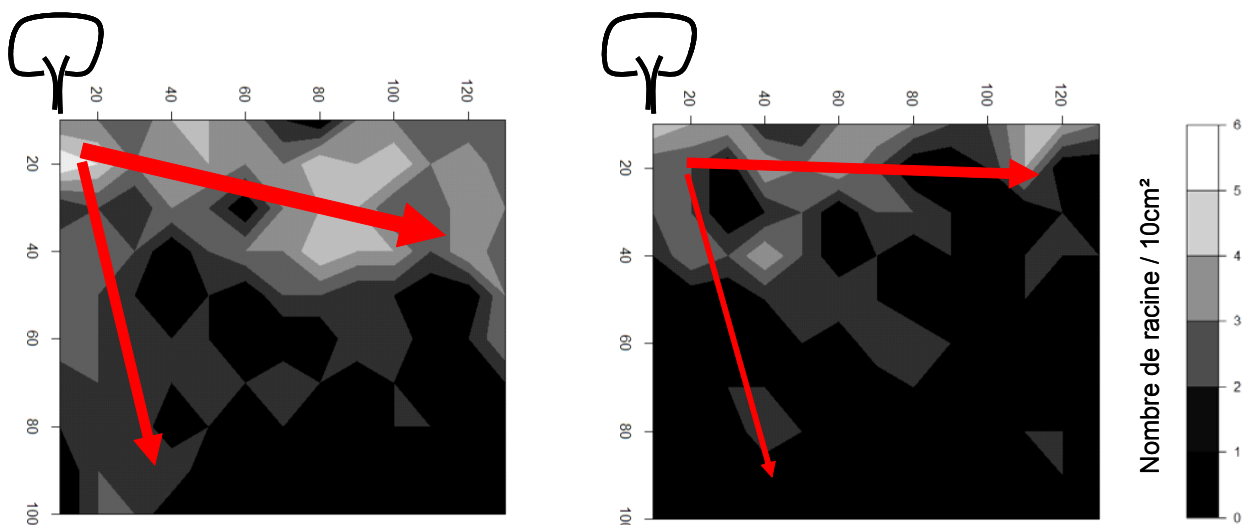


Figure 2 : Densité de racine inférieure à 1 cm dans la modalité « Enherbement » (a) et « Travail du sol » (b). Le dénombrement des racines est réalisé dans des carrés de 10 cm de côté. La légende indique le nombre de racine observé dans 0.01m². Le tronc de l'arbre est positionné à l'origine de repère.

L'infiltration de l'eau est plus rapide dans la partie enherbée comparativement à celle de la partie travaillée (Figure 3). Une porosité plus importante du sol peut être induite par une présence et une activité plus importante de vers de terre. Cette hypothèse sera testée en 2010.

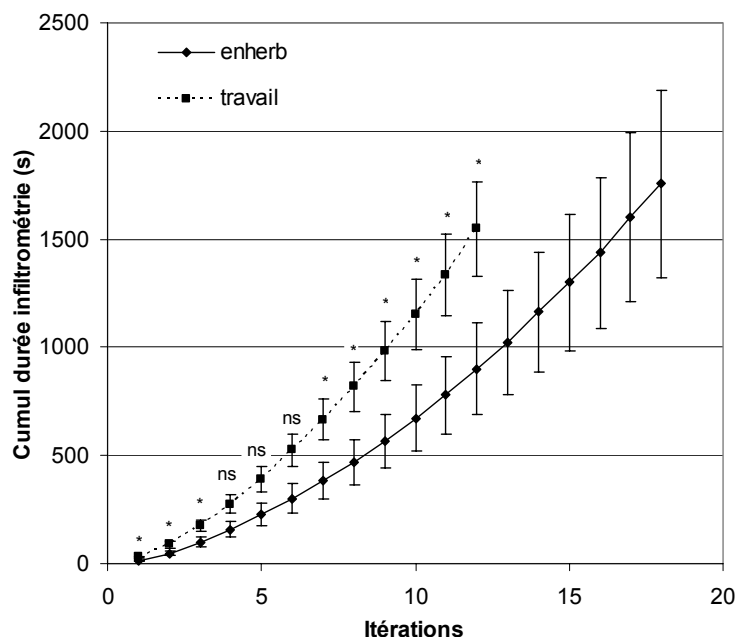


Figure 3 : Cumuls de durées d'infiltration (méthode Beerkan simplifiée) de l'eau dans le sol du rang en fonction de l'entretien du sol sur le rang d'arbres. Dix huit itérations (ou mesures successives) ont été effectuées pour la modalité « Enherbement » et 12 dans la modalité « travail du sol », correspondant globalement à des durées finales similaires. Les barres verticales représentent les erreurs standard des cumuls de durée d'infiltrométrie pour chaque traitement. Un astérisque indique une différence significative à $P < 0.05$. ns, non significatif.

4.2 – Fertilité chimique

Pour les éléments majeurs, la teneur en phosphore du sol diminue pour le traitement enherbement par rapport au traitement travail, cette même tendance commence à apparaître en 2009 pour le potassium (données non présentées). Il sera intéressant d'observer si (1) ces tendances se confirment pour les années suivantes ou (2) s'il s'agit d'une mobilisation temporaire par le Trèfle d'éléments qui pourraient être restitués au sol par la suite. Pour les oligo-éléments, bore et zinc semblent évoluer vers une diminution des concentrations dans le sol pour le traitement enherbement, à confirmer pour les années suivantes.

A l'exception en juin 09, la teneur en ion ammonium est supérieure à la teneur en ion nitrate dans le sol du verger depuis le début des observations en 2008 (Figure 5). Sauf en octobre 2009, la courbe « ammonium enherbement » est toujours au dessus de la courbe « ammonium travail du sol ». Dans le cas du nitrate, les deux courbes sont le plus souvent pratiquement superposées entre les 2 modalités. Ces résultats suggèrent que même en divisant par 2 les apports de fertilisants, les éléments azotés disponibles pour la plante sont au moins aussi élevés dans la modalité enherbement par rapport à la modalité travail. Le trèfle apparaît ainsi susceptible de fournir de l'azote issu de la symbiose pour combler la différence des apports de fertilisants entre les 2 traitements. Près de 80 U d'N sont disponible dans le sol du traitement enherbement en février 2009 ; ce pic est probablement dû à l'enfouissement du trèfle à l'automne précédent.

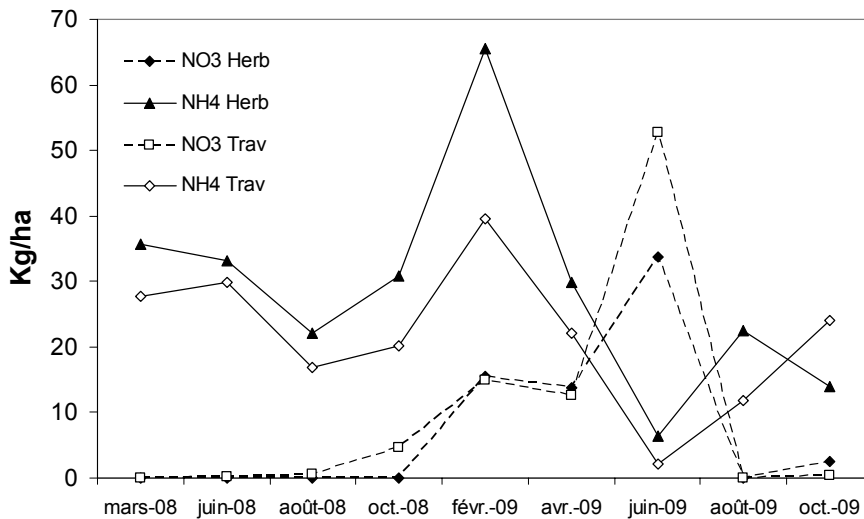


Figure 5 : Reliquat d'azote minéral du sol sous forme nitrique (NO_3^-) et ammoniacal (NH_4^+) pour la modalité enherbée (Herb) et la modalité travail du sol (Trav).

4.3 – Fertilité biologique

Les profils de sols réalisés en juin 2009 sur les deux modalités de la parcelle d'étude ont mis en évidence une très faible population de vers de terre (*Lombrics* visible et galeries) quelque soit la modalité. Des vers de terre anéciques *Nocturna* en diapause ont été observés à 60 cm de profondeur dans la modalité « travail du sol » et non dans celle « enherbée ». Ces résultats sont à considérer avec précautions car les conditions très sèches du sol lors de l'observation ont limité les possibilités d'observations de vers de terre. Des prélèvements en hiver 2009/2010 et printemps 2010 sont prévus afin de se situer des conditions favorables à leur observation.

4.4 – Alimentation hydrique

L'irrigation de mai à septembre 2009 représente 249 mm d'apport (Figure 6a), qui correspondent à 39% du déficit hydrique (ETP-P) sur la même période. Dans le détail, le ratio apport d'eau d'irrigation / déficit hydrique est de 38, 33, 43 et 44 % pour les mois de mai, juin, juillet et août, respectivement.

Ces pourcentages sont faibles par rapport aux préconisations usuelles (100 % de l'ETP à l'approche de la maturité), ce qui indique que malgré l'important déficit en eau de cette année, les irrigations ont été contenues, notamment à l'aide de l'utilisation de tensiomètres (Figure 6b et c). On constate qu'à 35 cm de profondeur (Figure 6b), les tensions évoluent entre 10 cb (qui correspondent à la capacité au champ) et 30 cb. Seules quelques valeurs sont ponctuellement plus élevées pour la modalité travail du sol. A 50 cm de profondeur, les tensions varient de 10 à 70 cb ce qui témoigne d'un dessèchement de l'horizon, notamment en fin de période, ce qui est conforme aux modalités de pilotage de l'irrigation par tensiométrie.

Il est difficile d'établir une différence de valeurs relevées entre les deux modalités, travail du sol et enherbement. Néanmoins, à 35 cm de profondeur, l'herbe semble jouer un rôle tampon pour les variations de tensions de l'eau dans le sol par rapport à la situation de travail du sol pour lesquelles les valeurs semblent plus fluctuantes. Le trèfle sur le rang ne paraît pas concurrencer notablement l'arbre pour son alimentation en eau.

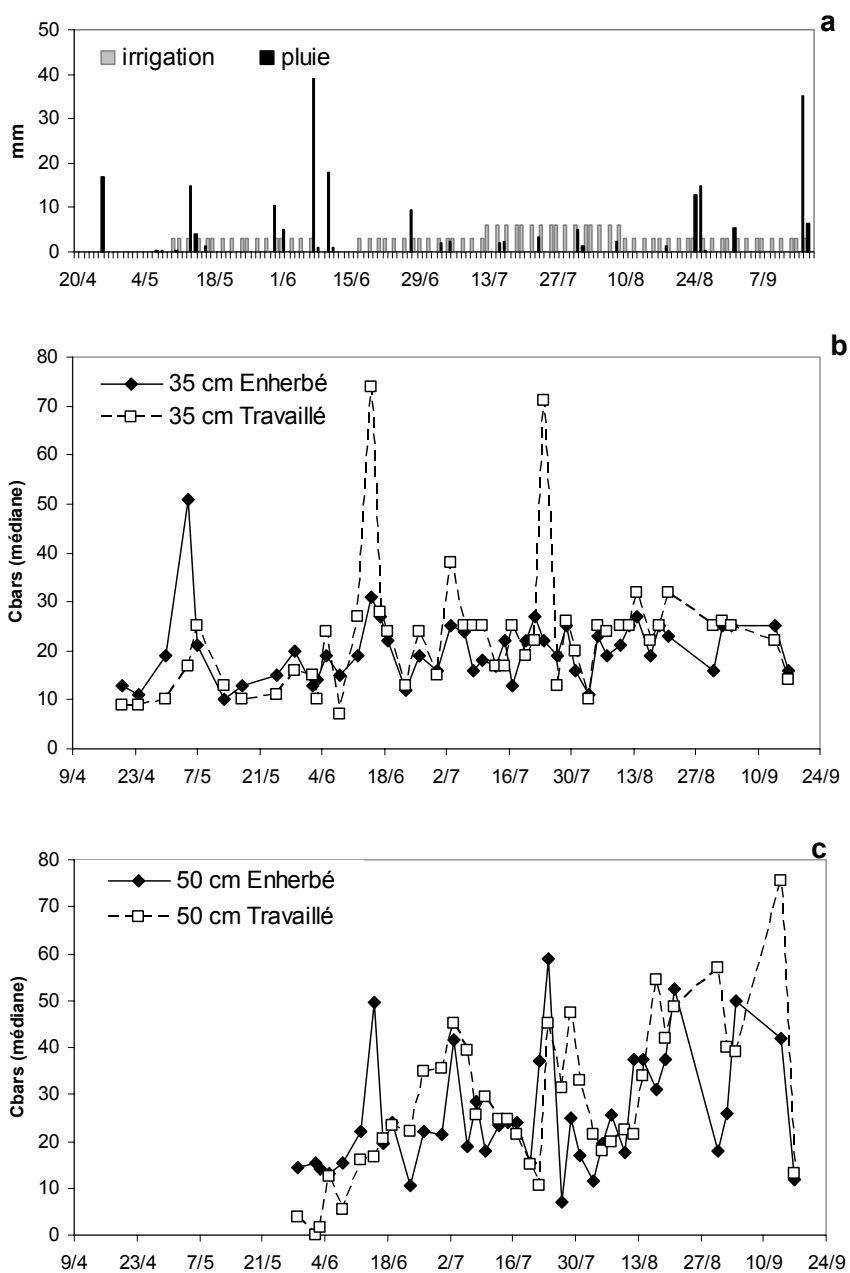


Figure 6 : Pluviométrie et apports d'eau (a) ; évolution des tensions dans le sol à 30 cm de profondeur selon la modalité d'entretien du sol sur le rang (b) ; tensions dans le sol à 50 cm de profondeur (c). Chaque valeur du graphique est la médiane de la lecture sur 3 tensiomètres.

4.5 – Evolution de la composition botanique

L'observation de la couverture végétale sur le rang de la modalité « enherbement » permet de constater que le trèfle est bien implanté. Dans la zone sous influence du goutteur (environ 1 m de diamètre), le Trèfle a un taux d'occupation de la surface du sol de l'ordre de 80 à 90 % et les adventices sont peu nombreuses (renouées, chiendents...). En revanche le Trèfle est beaucoup plus clairsemé dans les zones non arrosées, ce qui indique qu'une bonne implantation de cette légumineuse nécessite la présence d'une alimentation hydrique.

4.6 – Rendement et qualité des fruits

Le rendement moyen calculé à partir des pesées de récolte est de 39.2T/ha et de 39.5 T/ha pour les modalités « Enherbement » et « Travail du sol », respectivement (Tableau 1). Il n’y a pas de différence significative entre les deux modalités. Un effet sur la répartition des fruits par calibre a été mis en évidence (test du chi-deux, $\alpha=0.05$). La proportion de fruits de calibre A et AA est de 55.7% et 62.3% pour les modalités « Enherbement » et « Travail du sol » respectivement. Ce résultat suggère un effet potentiellement négatif de l’enherbement sur la croissance des fruits. L’effet des modalités sur le calibre est cependant variable selon les années : en 2008, par exemple, la tendance inverse était observée. L’analyse des résultats de calibre depuis 2006 ne fait ressortir aucune tendance marquée.

Une différence significative de fermeté des fruits entre les deux modalités a été mise en évidence (Tableau 1, Anova, $\alpha=0.05$). La fermeté des fruits de la modalité « Travail du sol » est de 87.0 ± 6.7 unité durofel (soit environ $5.00 \text{ Kg}/0.5\text{cm}^2$) et celle de la modalité « Enherbement » est de 82.5 ± 8.4 unité durofel (soit environ $4.00\text{Kg}/0.5\text{cm}^2$). Aucune différence de teneur en sucres (indice réfractométrique) n’a été mise en évidence entre les deux modalités. Cette valeur est de 11.6 ± 1.1 et 11.8 ± 1.2 degré Brix pour les modalités « Enherbement » et « Travail du sol » respectivement. Les différences de fermeté peuvent être reliée à une disponibilité hydrique légèrement supérieur dans la modalité « Travail du sol ». Ce résultat doit être vérifié en 2010.

Tableau 1 : Circonférence des troncs (mm), rendement (T/ha), proportion de fruits de calibre A et supérieur (%), fermeté (unité durofel) et teneur en sucres des fruits (degré Brix). Les résultats des comparaisons de moyennes (test de Student, $\alpha=0,05$) sont indiqué par les lettres après les valeurs. Le test appliqué sur les répartitions par calibre est un test du Chi-deux ($\alpha=0,05$).

Modalité	Circonférence tronc (mm)	Rendement (T/ha)	Calibre A et supérieur (%)	Fermeté (unité durofel)	Teneur en sucres (degré Brix)
Enherbement	450 a	39,2 a	55,7 a	82,5 a	11,6 a
Travail du sol	427 b	39,5 a	62,3 b	87,0 b	11,8 a

4.7 – Etat sanitaire des fruits

Les dégâts de ravageurs sur fruit sont peu élevés en 2009 ; aucune différence significative entre les modalités n’a été observée (Figure 7). Les dégâts de moniliose sont inférieurs ou égales à 1%, ce qui est particulièrement faible pour des Pêchers conduits en AB.

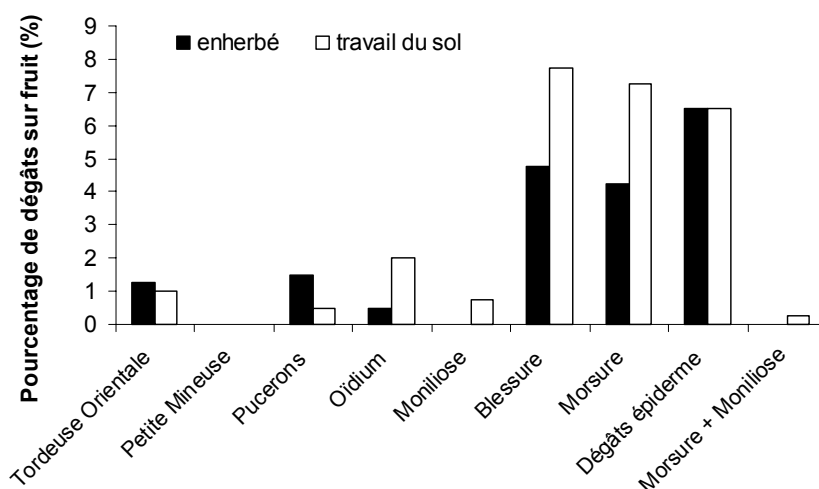


Figure 7 : Pourcentage de dégâts sur fruits à la récolte (%).

4.8 – Composition chimique des feuilles

Aucune différence notable n'est détectée entre les deux modalités pour les différents éléments minéraux mesurés dans les feuilles de pêchers (résultats non présentés). Au cours des prochaines années, il faudra veiller à surveiller le niveau de phosphore qui tend à diminuer au cours du temps et également le niveau des oligo-éléments. Des pulvérisations foliaires d'oligo-éléments au printemps seraient à programmer.

4.9 – Temps de travail

Huit interventions avec traction sont relevées pour l'entretien du sol sur le rang selon la modalité « travail du sol » pour 6 seulement pour la modalité « enherbement », dont 2 pour préparer le semis du trèfle qui sera installé pour plusieurs années. En heures de traction pour l'entretien du sol sur le rang, la modalité « Enherbement » est légèrement inférieure à la modalité « Travail du sol » (41 h/ha contre 42 h/ha). Il faut néanmoins ajouter 30 h/ha de travail pour le semis à la main du trèfle sur le rang de la modalité « enherbement ». Cependant, l'opération n'est pas à renouveler chaque année.

5 - CONCLUSION

Les effets de la gestion du sol sur sa fertilité s'observent généralement sur des pas de temps assez long. Dans ce dispositif nous pouvons observer un effet des modalités en place depuis 5 ans.

Les résultats expérimentaux les plus marquants sont :

- La fourniture d'azote par le Trèfle présent sur le rang. L'enherbement permet sur cette parcelle de diviser par 2 depuis 2005 les quantités d'azote apportées sans pénaliser le rendement et la qualité commerciale des fruits. L'effet de l'enherbement sur la calibre des fruits est variable selon les années : positif (2008), négatif (2007, 2009) ou sans effet (2006).
- Une meilleure répartition de la densité racinaire dans la modalité « Enherbement ». Ce résultat est cependant issu d'une observation, elle sera à confirmer en 2011 par un profil racinaire.
- Une porosité plus élevée dans la modalité « Enherbement » semble être mise en évidence par le test de Beerkan simplifié. Ce résultat est également à confirmer.

ANNEE DE MISE EN PLACE : 2004 - ANNEE DE FIN D'ACTION : 2014

ACTION : nouvelle ● en cours ○ en projet ○

Renseignements complémentaires auprès de : Claude-Eric Parveaud, Christelle Gomez, Gilles Libourel, Sophie-Joy Ondet et François Warlop.

GRAB Agroparc BP 1222 84911 Avignon cedex 9 - tél. 04 90 84 01 70 - fax. 04 90 84 00 37 ou antenne Rhône-Alpes : tél. 04 75 59 92 08 - mail : claudeeric.parveaud@grab.fr

Mots clés du thésaurus Ctifl : Agriculture biologique - Pêcher – Fertilité – Sol - Enherbement

Date de création de cette fiche : décembre 2009