

Gestion du sol en agriculture biologique

1^{ère} partie : comparaison de méthodes d'entretien du sol et évaluation de la fertilité des sols en agriculture biologique en verger adulte

Le projet national SolAB (voir encadré) mené pendant 3 ans a porté sur la gestion des sols et son impact sur la fertilité dans les systèmes de production végétale. La faisabilité et la durabilité de différents modes innovants de gestion du sol ont été étudiées. En arboriculture, l'étude a porté plus particulièrement sur des méthodes alternatives ayant pour objectif de limiter

l'érosion, d'augmenter l'activité biologique du sol, d'améliorer l'état sanitaire des arbres mais aussi pour la pomme à cidre, de favoriser le ramassage des fruits au sol. Sur les 6 parcelles d'expérimentation en arboriculture fruitière, deux étaient en verger cidricole : Osmoy-Saint-Valéry (Seine-Maritime) et Sées (Orne). L'article reprend les résultats de ces 2 parcelles.

Le verger cidricole biologique est la plupart du temps enherbé totalement. Il est cependant préférable d'être en contexte de sol profond avec une pluviométrie suffisante. Par ailleurs, en jeune verger, la concurrence de l'enherbement pénalise le développement des arbres. Il existe d'autres méthodes d'entretien du sol sous les arbres. Le binage mécanique d'environ 50 cm de part et d'autres du tronc (lycée agricole de Sées - IFPC) et la bâche tressée recouvrant 80 cm de large (Osmoy-Saint-Valéry - CRAN) ont été retenus comme éléments de comparaison à l'enherbement total dans le cadre de l'étude. Ces méthodes de gestion du sol ont été évaluées sur leurs efficacités agronomique, économique et environnementale mais surtout sur l'impact qu'elles ont sur les paramètres physiques, chimiques et biologiques de la fertilité du sol. Les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

L'observation des macro-arthropodes du sol

Trois types de macro-arthropodes ont été observés : (i) les carabidés (ii) les staphylinidés (iii) les araignées. Au cours de ces 3 années, les relevés des pièges Barber (*photo 1*) montrent toujours un plus grand nombre de macro-arthropodes dans la modalité enherbée sur les deux sites suivis (*figure 1*).

Deux raisons à cela : l'enherbement permet à ces derniers de mieux se dissimuler de la prédation ; le passage des outils mécaniques ou la présence de bâche perturbent l'habitat de certaines espèces.

Dans l'essai d'Osmoy, la bâche semble plus favorable aux carabes alors que les staphylinidés sont plus nombreux dans l'enherbement. Les staphylinidés et les carabidés ont été perturbés par le passage de la bineuse mais aussi par les tontes. Sur les 3 années de l'étude, les populations d'araignées ont for-

tement augmenté alors que celles des staphylinidés et des carabidés ont chuté à Sées.

Deux hypothèses sont avancées :

- les staphylinidés et des carabidés sont plus sensibles à la sécheresse que les araignées (particularité des conditions de 2010 et 2011) ;
- les captures bi-hebdomadaires sur plusieurs mois et sur 3 années consécutives dans les pièges de Barber des staphylinidés et des carabidés ont réduit leurs populations.

Même si le nombre total d'arthropodes n'a cessé d'augmenter durant les 3 années, dû à une augmentation importante des araignées, la biodiversité s'est amenuisée.

Suivi de l'azote du sol

Ces observations sont l'occasion de tester une méthode rapide de dosage à l'aide d'un appareil portatif (Nitrachek®).

Au cours des 3 années de l'étude, les mesures réalisées sur le verger de Sées (*figure 2*) montrent que l'azote sous forme nitrique (principale forme assimilable par les plantes) est détecté aux 2 périodes habituelles de minéralisation (en juin et à l'automne), là



Photo 1 - Exemple de piège Barber.

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

- Durée : 2009-2011

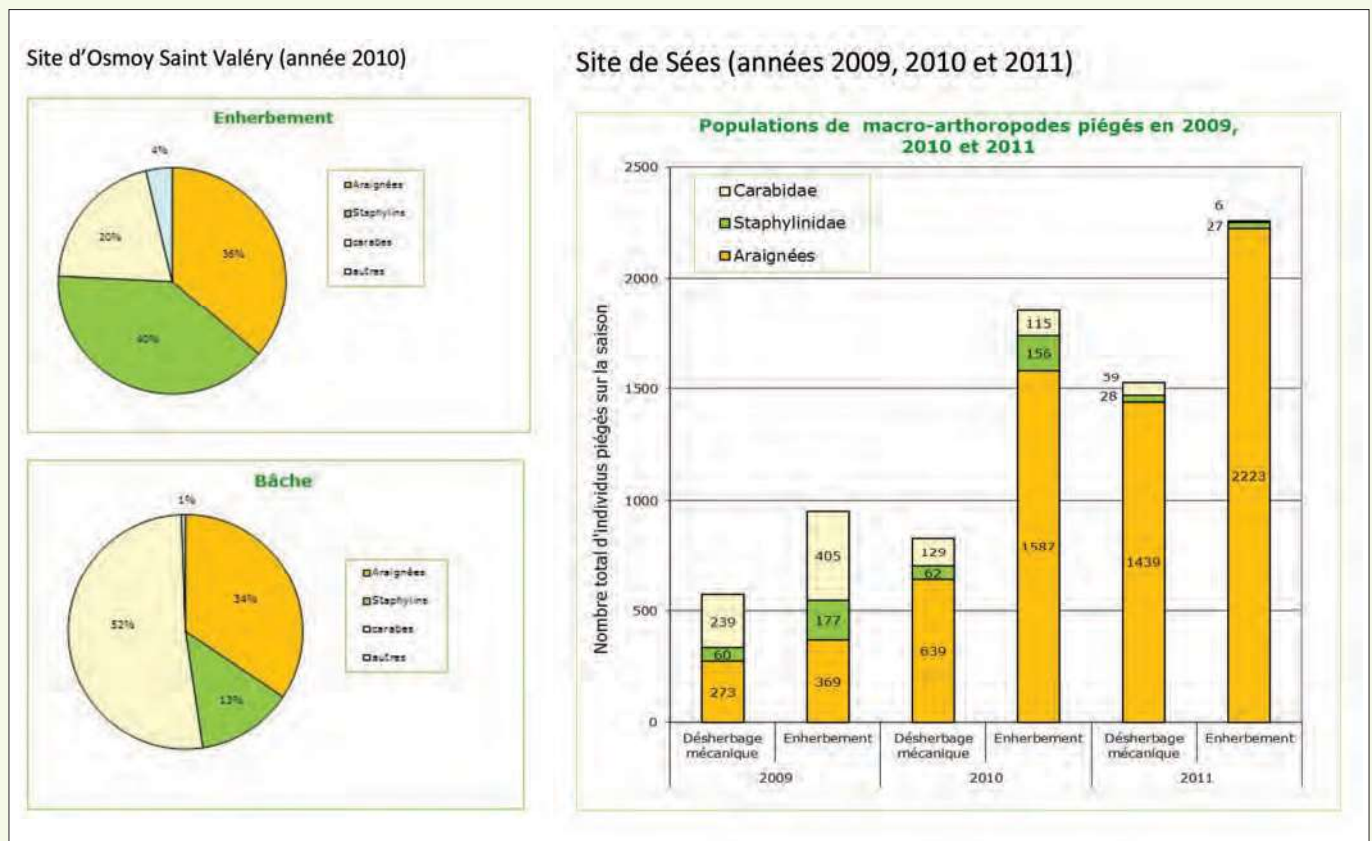
- Partenaires : ITAB- Institut Technique de l'Agriculture Biologique (chef de file), IFPC, CRAN, EPLEFPA Alençon Sées, CTIFL, GRAB d'Avignon, INRA de Gothenon pour l'arboriculture + viticulture, grandes cultures et maraîchage.

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

Les résultats de l'ensemble du projet, les protocoles, les fiches et vidéos sont consultables sur internet :

<http://www.itab.asso.fr/programmes/solab.php>

Figure 1 - Répartition des populations de macro-arthropodes sur les deux sites



où le pommier a des besoins particulièrement importants : derrière la floraison et à l'automne au moment de la mise en réserve (effet sur l'alternance de production).

En 2009 et 2010, le Nitrachek montre qu'à ces périodes, les quantités d'azote nitrique sont plus élevées dans la modalité désherbage mécanique pour les raisons suivantes :

- l'enherbement permanent consomme l'azote et rentre en concurrence directe avec les pommiers ;
- le passage de la bineuse favorise la nitrification en permettant la dilution de la matière organique dans le sol et l'activité bactérienne par l'aération du sol.

Sur le verger situé à Osmoy (figure 3), les valeurs d'azote nitrique dans le sol sont relativement élevées en 2010, supérieures à celles mesurées sur le verger de Sées ce qui est dû à une différence de sol. Ce suivi a permis de mettre en évidence un effet très net du mode d'entretien du sol : l'azote assimilable est à des niveaux plus élevés sous la bâche ce qui peut s'expliquer par :

- soit un moindre lessivage de l'azote nitrique sous la bâche ;
- soit une consommation de l'azote par l'enherbement.

En 2011, les teneurs en azote sont très faibles sur les deux sites, le manque d'eau est probablement à l'origine des problèmes de minéralisation de l'azote dans le sol. Les valeurs sont très faibles voire non-détectable par le Nitrachek (les valeurs < 5 mg/L ne sont pas détectées par le Nitrachek), il est difficile de conclure pour cette dernière année.

Nutrition azotée

La comparaison de la richesse azotée des 2 modalités de Sées (figure 4) au travers de la teneur en azote des feuilles montre des feuilles toujours plus riches dans la modalité "désherbage mécanique" liée probablement à une moindre concurrence des adventices.

La teneur en azote des feuilles a été mesurée avec l'appareil N-Tester (photo 2). Cet appareil, à l'origine destiné au blé, déter-



Photo 2 - N-Tester

Figure 2 - Résultats du Nitrachek à Sées (>= 5 mg/L)

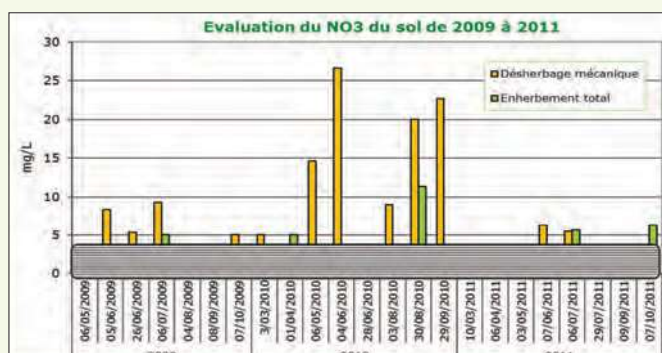


Figure 3 - Résultats 2010 à Osmoy-Saint-Valéry (>= 5 mg/L)

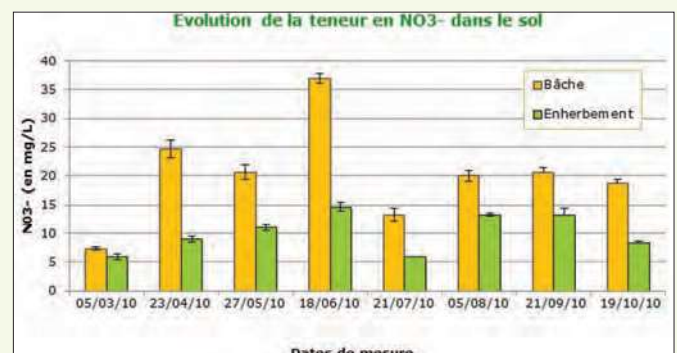
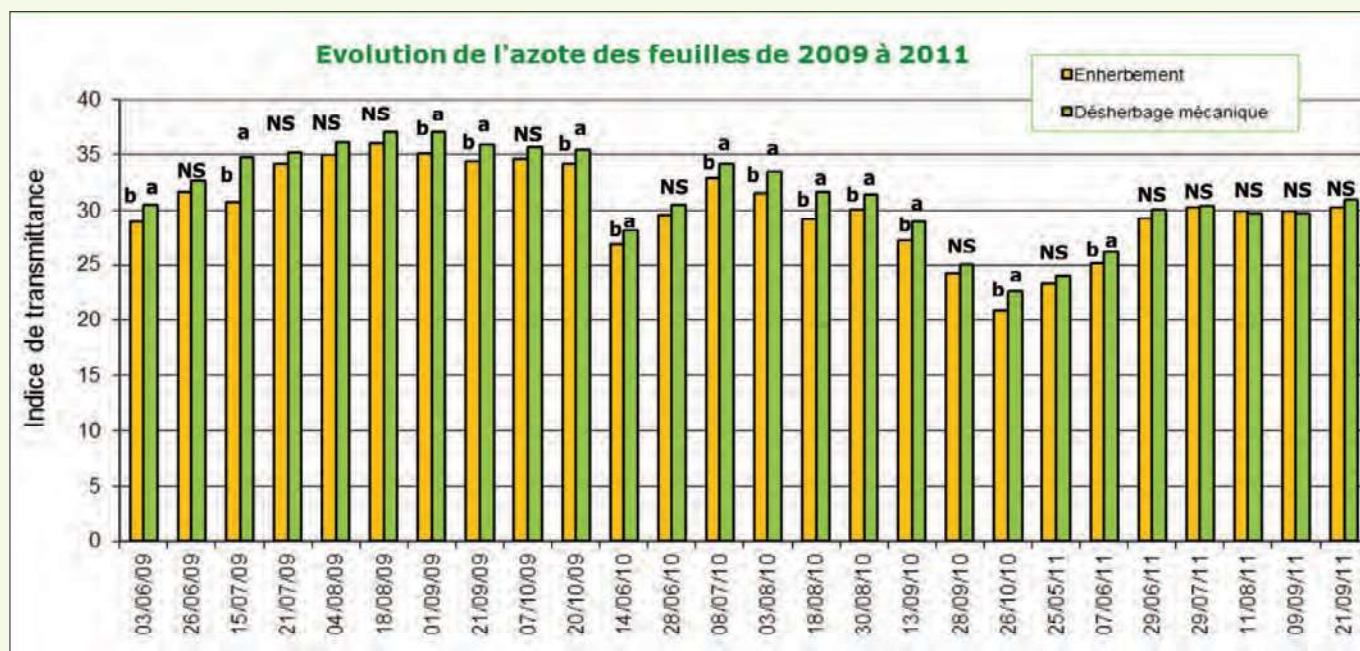


Figure 4 - Résultats du N-tester entre 2009 et 2011 à Sées



Traitement des données statistiques statbox (ANOVA) : les nombres suivis de lettre différente sont significativement différents (S) au seuil de 5 % Newman keuls (NS= non significatif)

mine la concentration en chlorophylle de la feuille par une mesure de sa transmittance ; celle-ci est fortement corrélée avec l'état de nutrition azotée de la plante. L'outil est testé depuis quelques années sur d'autres cultures.

Sur le verger d'Osmoy, les mesures effectuées sur les 3 ans ne montrent pas de différence entre la bâche et l'enherbement. Les résultats d'analyses foliaires (non présentés ici) montrent un niveau d'azote similaire dans les feuilles entre les deux modalités. Les différences de valeur observées au niveau du sol n'ont donc eu aucune conséquence sur l'alimentation azotée dans la situation du verger.

En revanche, l'analyse de feuilles sur le site d'Osmoy montre un effet très net de l'enherbement sur la potasse avec une teneur plus faible en potasse des feuilles pour les arbres enherbés. Ceci est sans doute à mettre en relation avec les carences potassiques observées dans les vergers enherbés, surtout en conditions de sécheresse (printemps 2009 et 2011).

Infiltrométrie

Le principe du test dit "de Beerkan" est simple : un cercle en PVC de 30 cm de diamètre est disposé sur une surface plane puis enfoncé d'1 cm dans le sol. Une quantité d'eau équivalente à 1 cm d'eau de hauteur dans le cylindre (684 ml) est versée dans le cylindre. Le temps d'infiltration totale de l'eau est chronométré avant de verser à nouveau un même volume d'eau : l'opération est répétée sept fois. Six répétitions par modalité sont effectuées. Les temps d'infiltration de chaque modalité sont ensuite comparés. Les résultats du test Beerkan à Sées (figure 5) montrent une meilleure infiltration de l'eau dans le sol avec l'enherbement. La zone de tassement liée au travail mécanique freine l'infiltration de l'eau. Le test Beerkan le met bien en évidence.

Sur le verger d'Osmoy, le sol montre sensiblement les mêmes niveaux d'infiltrométrie sous la bâche et sous l'enherbement (résultats non présentés ici).

Vers de terre

A Sées, au cours des 3 années, l'observation des vers de terre (figure 6) a montré des quantités toujours plus faibles dans la modalité désherbée mécaniquement.

Les vers épigés, vivant principalement dans le chevelu racinaire, sont plus présents dans le rang enherbé ; le désherbage mécanique intervenant dans leur zone d'activité, ils sont les premiers pénalisés. Ils ont été très majoritairement observés au printemps et particulièrement en 2009.

La catégorie des endogés est la plus représentée à partir de l'automne 2009 avec parfois un effet du désherbage mécanique

Figure 5 - Infiltrométrie (tests de Beerkan simplifiés) année 2010 à Sées

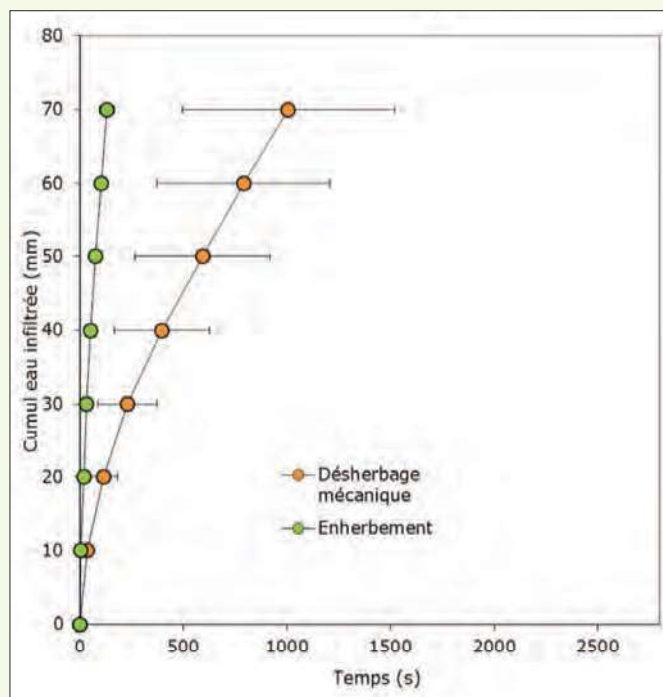
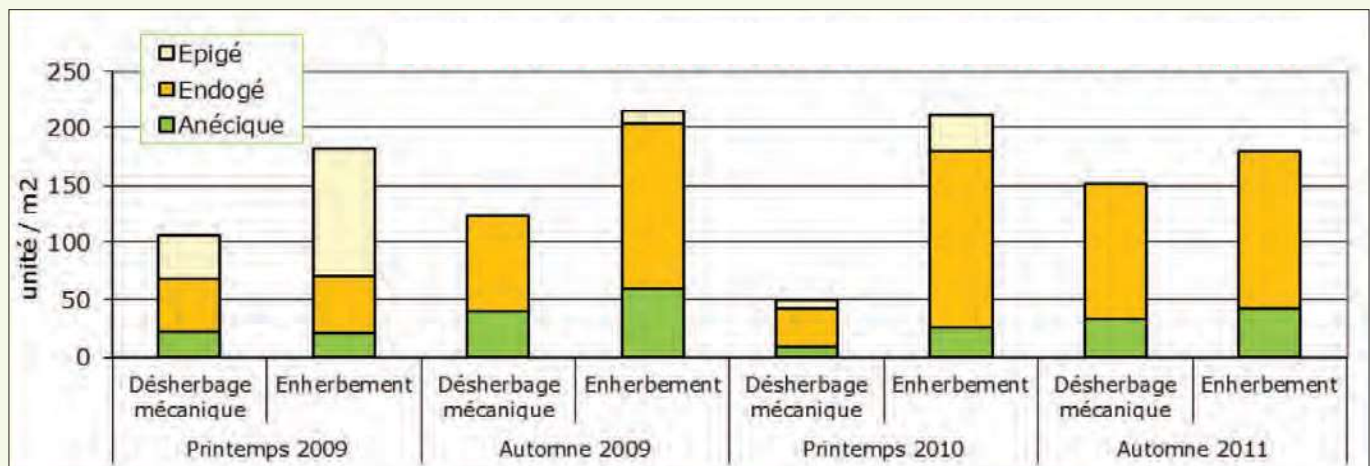


Figure 6 - Répartition des vers de terre par catégorie



quand ce dernier a été réalisé peu de temps avant l'observation des vers de terre (ex : printemps 2010).

Le type d'entretien du sol influence moins la catégorie des anéciques dont la zone d'activité est surtout en deçà du passage de la bêche mécanique.

Les observations prévues initialement au printemps et à l'automne, n'ont été réalisées que partiellement en 2010 et 2011 quand le sol trop sec ne permettait pas de réaliser les prélèvements dans de bonnes conditions. En période sèche, les vers de terre sont en état de léthargie et toute observation est faussée. Sur le verger d'Osmoy (figure 7), on observe en 2009 davantage de vers de terre sous la bêche. Ceci est dû à la pose récente de la bêche 15 jours avant l'observation des vers de terre qui a engendré une décomposition importante des végétaux présents avant son emplacement. Ils ont constitué une source importante de nourriture pour les vers de terre, expliquant les fortes populations de vers de terre sous la bêche en 2009. En revanche, en 2010 et 2011, après cette phase d'installation, les effectifs de vers de terre sous la bêche sont nettement moins importants que sous l'enherbement ce qui est à mettre en relation avec un sol plus sec sous la bêche (observé au moment du comptage et avec les relevés tensiométriques) et une absence de végétation. En 2011, l'observation a été réalisée dans des conditions sèches où les mottes étaient très difficiles à casser, surtout sous la bêche. Dans ce dernier cas, on observe surtout des vers de terre endogés. Globalement, sur l'ensemble du suivi, les vers de terre endogés sont prédominants sur cette parcelle ; en revanche, on trouve très peu de vers épigés. La bêche constitue donc un milieu

défavorable aux vers de terre (sauf juste après son installation). En revanche, l'enherbement favorise le nombre et la diversité des vers de terre.

Intérêts et limites des différents modes d'entretien

Le tableau 1 reprend une synthèse de l'ensemble des résultats obtenus sur les 2 essais.

Les techniques se sont révélées en grande majorité pertinentes. Mais elles ne nous semblent pas directement transférables aux agriculteurs car certaines exigent trop de temps de mise en œuvre (cas de pièges Barber pour les macroarthropodes qui doivent être relevés 1 fois/semaine) ou sont délicates à effectuer au bon moment (cas du dénombrement des vers de terre qui est assez fastidieux et doit être réalisé dans des conditions de sol humide mais ressuyé difficiles à trouver).

Conclusion

Ainsi l'enherbement est favorable à la fertilité du sol comparativement au désherbage mécanique et à la bêche tressée. En effet, il favorise les vers de terre, les macroarthropodes et l'infiltration de l'eau. Ses effets concurrentiels sont peu mis en évidence au terme des 3 années d'étude si ce n'est sur le verger de Sées.

Concernant les deux autres modes d'entretien du rang :

- la bêche est moins favorable à la fertilité du sol et elle n'augmente pas les performances agronomiques. Son seul effet positif est de favoriser la disponibilité en eau en début de saison et d'azote assimilable dans le sol. Mais après 3 ans, on observe un problème de réhumectation en profondeur sous la bêche en été et

Figure 7 - Répartition des vers de terre par catégorie sur le verger d'Osmoy

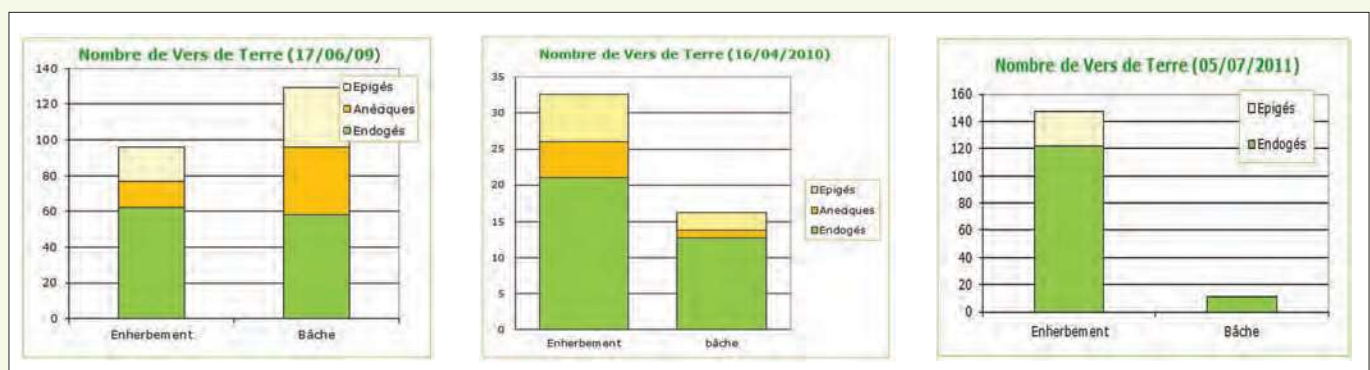


Tableau 1 - Résumé de l'ensemble des résultats obtenus sur les 2 parcelles

	Intérêts	Inconvénients, limites
Enherbement total (semis naturel)	• Pas de perte de vigueur sur arbres adultes (suivi sur 3 ans) • Qualité des fruits identique sur arbres adultes • Propriétés physiques du sol : meilleure porosité, meilleure structure, moins de tassement, pas de stress hydrique si situation de confort • Biologie du sol : plus de vers de terre, plus de macroarthropodes • Faible coût énergétique	• Perte de rendement (-10 % sur 3 ans à Sées dû au calibre plus faible) • Présences d'adventices très concurrentielles • Attention en situation de restriction hydrique, prévoir apports plus tôt et plus fractionnés • Disponibilité moindre en azote • Nécessité d'être équipé de matériel de fauche adapté (satellite)
Bâche tressée au sol	• Hygrométrie du sol plus élevée au printemps • Beaucoup de carabes mais peu de staphylins • Matériel de travail du sol habituel	• Envahissement par vivaces après 2 ans (chiendent,...) • Assèchement sous la bâche en système non irrigué (problème de réhumectation) • Incidence sur l'arbre ? • Moins de vers de terre • Gestion plus difficile des campagnols • Coût élevé de la bâche tissée pour une durée de vie limitée • Enlèvement et/ou renouvellement de la bâche (et recyclage)
Travail mécanique	• Pas de perte de vigueur et de rendement sur arbres adultes (sur 3 ans) • Meilleure disponibilité de l'azote	• Blessures sur les jeunes arbres • Favorise légèrement le puceron cendré • Propriétés physiques du sol : phénomène de tassement avec le passage répété de l'outil entraînant problèmes de porosité, de structure et d'alimentation hydrique • Moins de vers de terre • Moins de carabes, peu de staphylins et d'araignées

en début d'automne qui pourrait présenter à long terme un effet négatif sur le calibre des fruits. Ce type de couverture du sol serait donc à envisager avec une irrigation de complément ;

- le désherbage mécanique avec la bineuse Relion provoque une compaction du sol qui est peu favorable à la fertilité du sol : effet négatif sur les vers de terre, les macro-arthropodes.

Ainsi, la technique "idéale" en matière d'entretien du sol n'existe pas. Toutes les pratiques ont une influence sur le sol. D'autres systèmes, non adaptés à la récolte des pommes à cidre au sol, ont été testés par les autres partenaires du projet SolAB : le mulch de BRF (bois raméal fragmenté) entraîne à court terme une diminution de la disponibilité en azote du sol mais à plus long terme augmente le taux de matière organique, le système sandwich (bande centrale enherbée et travail du sol de chaque côté) entraîne des pertes de vigueur et rendement les 1^{ères} années et présente les

mêmes inconvénients que l'entretien mécanique intégral (tassement du sol).

La technique la plus appropriée dépend largement des contraintes propres à chacun (contraintes économiques, disponibilité en eau, fournitures en intrants, présence de campagnols...). La meilleure garantie pour assurer la durabilité du système de culture repose certainement sur une alternance de techniques à adapter selon l'âge des arbres. Les 2 essais conduits dans le cadre de SolAB étaient sur verger adulte. La seconde partie de cet article (à paraître dans le prochain numéro) portera sur l'étude en jeune verger menée dans le cadre d'un programme de recherche de références pour la production de pommes à cidre en AB en Normandie.

NATHALIE CORROYER (CHAMBRE RÉGIONALE D'AGRICULTURE DE NORMANDIE)

NATHALIE DUPONT (IFPC)