

**OPTIMISATION DU TRAVAIL DU SOL EN AB :  
COMPARAISON DE DEUX ITINERAIRES EN MARAICHAGE**

Hélène VEDIE - Abderaouf SASSI - Gauthier RUIZ (stagiaire)

**1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ESSAI**

La réduction du travail du sol est une problématique de plus en plus importante, d'une part pour des raisons de préservation des sols et d'autre part pour des raisons énergétiques, le prix des carburants s'annonçant devenir une charge croissante dans l'économie des exploitations dans les années à venir.

En maraîchage, les problèmes de structure de sol sont particulièrement importants, car la succession rapide de plusieurs cultures sur l'année entraîne des passages d'engins répétés dans des conditions de ressuyage et portance parfois inadaptées.

L'objectif de cet essai, mis en place en 2005, est donc de tester une nouvelle méthode de travail du sol - les « planches permanentes » - en comparaison avec un itinéraire « classique » de travail du sol. Il s'agit de limiter les zones de compaction de la parcelle aux passe-pieds en empruntant toujours les mêmes passages de roues. Sur la planche, le sol n'est jamais labouré et entretenu en priorité avec des outils à dents. Les outils rotatifs ne sont utilisés qu'en cas de nécessité avérée (enfouissement engrais verts...). Les premières années de l'essai ont donné des résultats culturaux plutôt défavorables aux planches permanentes. Depuis 2008, l'effort est accru pour améliorer l'itinéraire technique sur les planches permanentes et tenter de restaurer la porosité sur cette modalité.

Depuis 2009, cette expérimentation est intégrée dans un programme Casdar « solAB » (2009-2011), piloté par l'ITAB, dont un des objectifs est aussi de mettre au point et valider des méthodes d'observation simplifiées de la fertilité permettant d'évaluer les modifications physiques et biologiques du sol. Cet essai fait donc partie d'un réseau de parcelles expérimentales suivies par différentes stations d'expérimentation régionales en productions légumières : le PLRN dans le Nord, l'ACPEL en Charentes-Poitou et l'ADABIO/SERAIL en Rhône-Alpes. Les protocoles et méthodologies sont harmonisés entre chacun de ces sites, afin d'évaluer les résultats de cette technique de travail du sol dans des conditions pédo-climatiques et pour des systèmes culturaux variés.

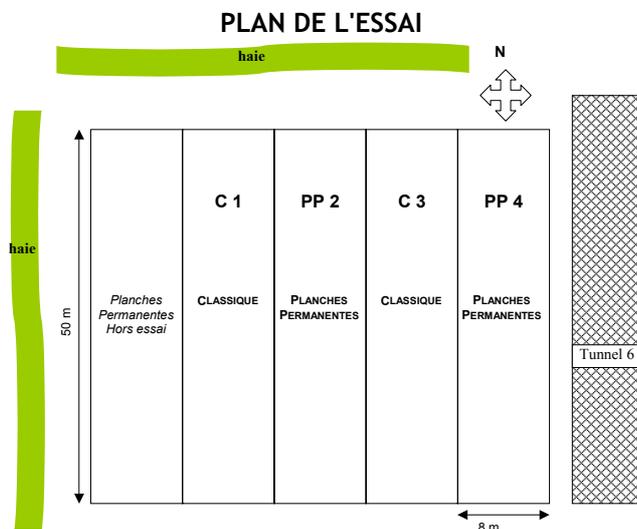
Plus largement, ces essais sont reliés à un réseau de parcelles expérimentales sur l'optimisation du travail du sol en grandes cultures et en cultures pérennes.

En 2009, le suivi a porté sur un épinard d'automne (planté le 13 octobre 2008) et du melon canari.

**2. MATERIELS ET METHODES**

**Dispositif :**

Essai à 2 modalités et 2 répétitions. Parcelles élémentaires de 400 m<sup>2</sup> : 8-10 m (4 à 5 planches) X 50m. Parcelle plein champ sur la station d'expérimentation du GRAB. Sol développé dans des alluvions de la Durance, sensible à la battance et aux compactations. Très profond, de texture Limono-Argileuse (22% A) - Taux de MO : 2,1 % 2005 - 2,5 % en 2007: - pH : 8,3.



## Modalités :

MODALITES	ITINERAIRES	REMARQUE	PRECISIONS
TEMOIN : ITINERAIRE « CLASSIQUE » C	« BIO 2000* » + HERSE ROTATIVE	CULTURE À PLAT	Alternance des zones plantées de façon à varier les zones de passages de roues
« PLANCHES PERMANENTES » PP	« BIO 2000* » + MTCS MARAICHAGE (outil mis au point au GRAB) + Griffon depuis fin 2009	BUTTES ANNEES 1 ET 2 - A PLAT DEPUIS	Passages de roues identiques depuis 2005

*\*Le BIO 2000 est proche de l'Actisol, avec des dents plus grosses - largeur de travail de 1, 4 m et profondeur 20 cm environ*

**Modalité 1 : Itinéraire « classique » :** La culture est mise en place à plat, sur des planches qui sont déplacées d'une année à l'autre pour faire varier les zones de tassements. L'itinéraire de travail du sol comprend un nombre restreint d'interventions pour la préparation du sol : pas de labour, outils à dents (type actisol) et des outils rotatifs peu « traumatisants » pour le sol (herse rotative). Le sol est travaillé sur les 20 premiers centimètres

**Modalité 2 : Planches permanentes :** Des buttes de 15 cm de hauteur et de 1 m de largeur à la base et 70 cm de largeur au sommet ont été formées en 2005 et conservées jusque fin 2006. Les planches de culture sont depuis soit à plat, soit en buttes très légèrement surélevées, de 10 cm de hauteur maximum, car la culture en butte n'était pas adaptée à des cultures estivales, majoritaires sur cette parcelle. Les passages de roues sont conservés d'une année à l'autre. Dans le cadre de cette expérimentation, un outil de travail du sol spécifique a été mis au point : le « MTCS », Matériel de Techniques Culturelles Simplifiées (voir L07 PACA 07).

## Succession culturale

Année	Culture	Observations
2005	<b>Courge</b> (potimarron / butternut)	Culture sur buttes dans la modalité PP. Paillage + irrigation au goutte à goutte
2006	<b>Melon canari</b>	Culture sur buttes dans la modalité PP. Paillage + irrigation au goutte à goutte
	<b>Engrais vert : moutarde automne</b>	Culture à plat
2007	<b>Oignon botte + radis japonais*</b> (+ vesce)	Culture à plat. Paillage + irrigation par aspersion
	<b>Engrais vert : RGI + seigle + vesce</b>	Culture à plat
2008	<b>Epinard d'automne</b> (+ navette fourragère)	Culture sur buttes peu élevées dans la modalité PP. Paillage + irrigation par aspersion
2009	<b>Melon canari</b>	Culture sur buttes peu élevées dans la modalité PP. Paillage + irrigation au goutte à goutte
	<b>Engrais vert : seigle + vesce</b>	Culture à plat

*\* le radis japonais, longue racine d'environ 30 cm, a été implanté sur placettes comme culture "test" de la structure du sol*

## Mesures et observations 2009

### **Suivi agronomique**

- Appréciation de la vigueur du couvert végétal,
- Caractérisation de la présence d'adventices : type et quantité,
- Sensibilité aux attaques de ravageurs et de maladies ;
- Résultats culturaux sur placettes
- Nutrition azotée : Pilazo® sur melons

### **Evaluation de l'évolution de la fertilité des sols**

- Disponibilité de l'eau dans le sol : suivi tensiométrique à 20 et 40 cm de profondeur
- Fertilité physique : profils structuraux réalisés en fin de culture de melon - test d'infiltrométrie (test beerkan simplifié)

- Fertilité chimique : suivi de la minéralisation de l'azote (mesure des nitrates avec le nitracheck sur 0-25 cm)

### Enregistrement des interventions et temps de travaux de travail du sol et d'entretien

#### Traitement statistique des données

- Résultats culturaux : mesures sur 2 placettes -de 1 m<sup>2</sup> pour l'épinard et 10 m<sup>2</sup> pour le melon- par modalité et par bloc, analyse comme un essai bloc à 4 répétitions.  
Analyses de variance au seuil de 5 %, test de Newman Keuls

## 3. RESULTATS :

### 3.1 RESULTATS CULTURAUX

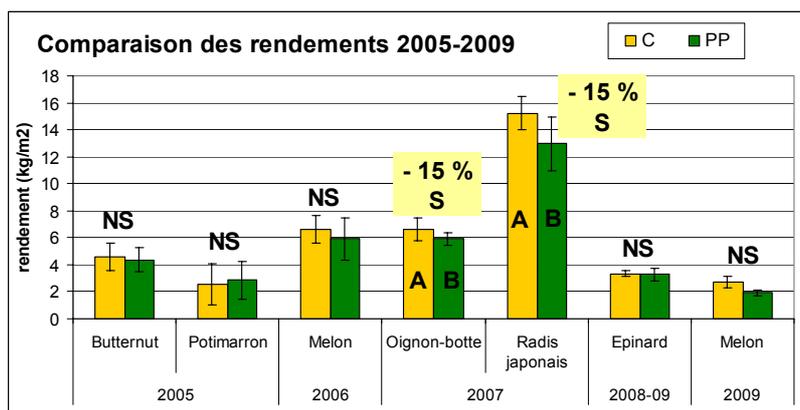
#### Développement des cultures

- l'épinard planté en octobre 2008 s'est mal développé au début de son cycle, à cause d'une mauvaise pose du paillage (sol trop motteux), et à des dégâts de gastéropodes et de pies. Les dégâts causés sur les jeunes plants ont entraîné un retard de la culture, qui s'est ensuite déroulée de façon normale.
- les melons canaris, plantés le 15 mai, ont subi de fortes pertes liées à plusieurs épisodes de violent mistral et à des dégâts de pucerons qui n'ont été régulés qu'à la fin juin. Le nombre de plants a été réduit des 2/3 environ, avec pour conséquence des difficultés pour choisir des placettes de mesures qui soient homogènes !

Les problèmes culturaux rencontrés pendant l'année 2009 n'ont pas été différents sur les modalités de travail du sol.

#### Rendements des cultures

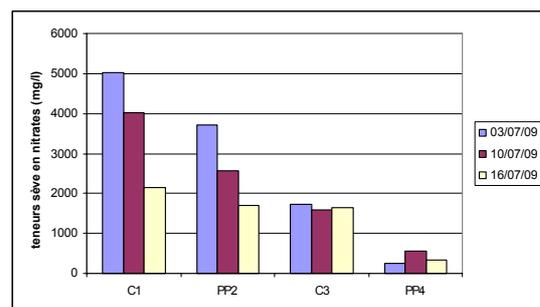
Les résultats obtenus pour l'épinard, 3,3 kg/m<sup>2</sup>, ne sont pas significativement différents.  
Pour le melon, le rendement obtenu est de 2,72 sur C et de 1,92 kg/m<sup>2</sup>. Même si la différence n'est pas statistiquement significative au seuil de 5% (hétérogénéité des résultats), elle n'est pas loin de l'être (p=0,059) en raison d'un nombre de fruits supérieur sur C.



Résultats melons canaris 2009 :

Modalité	Rendement (kg/m <sup>2</sup> )	Nombre de fruits/plante	Poids moyen (kg/fruit)
C	1,92	2,4 (A)	1,05
PP	2,72	1,7 (B)	1,11
proba	0,059	0,028	0,49

#### Nutrition azotée



Les différences de teneurs en nitrates de la sève observées sur les plantes des différentes modalités reflètent davantage l'hétérogénéité spatiale de développement de la culture qu'un effet différencié du mode de travail du sol. En effet, il y a un gradient de maturité croissante de l'Ouest (C1) vers l'Est (PP4). La haie située à l'Ouest de la parcelle a limité les dégâts liés au Mistral, et ombrage davantage les plants qui lui sont les plus proches ; en conséquence, les plants sont plus vigoureux et leur maturité est retardée

par rapport au côté Est de la parcelle. Les attaques de pucerons ont aussi perturbé le développement de la culture, avec des foyers plutôt localisés à l'Est.

### Enherbement - Maladies et ravageurs

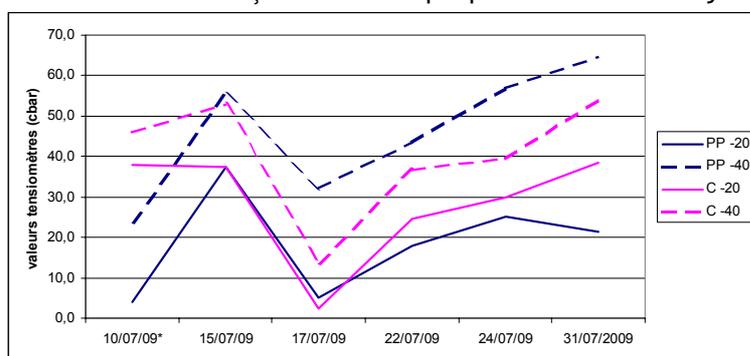
On ne note aucune différence sur le développement de maladies et ravageurs sur les deux modalités de travail du sol.

L'enherbement est équivalent en cas de cultures paillées avec irrigation au goutte à goutte (melon), mais il est plus développé sur les passages de roues en cas d'irrigation par aspersion (épinard). Cette observation sera approfondie en 2010 sur une culture de salades de printemps.

## 3.2 RESULTATS SUR LES INDICATEURS DE FERTILITE

### Suivi de l'humidité du sol

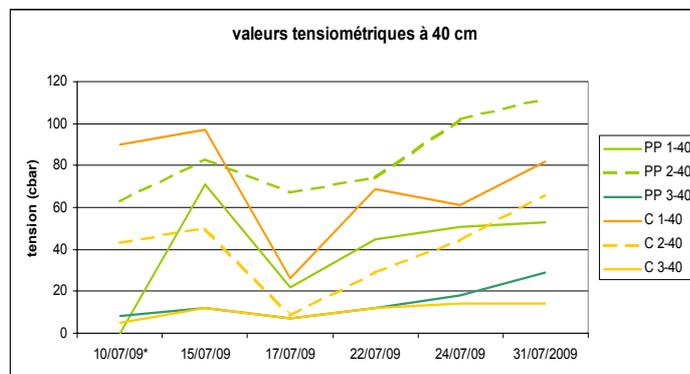
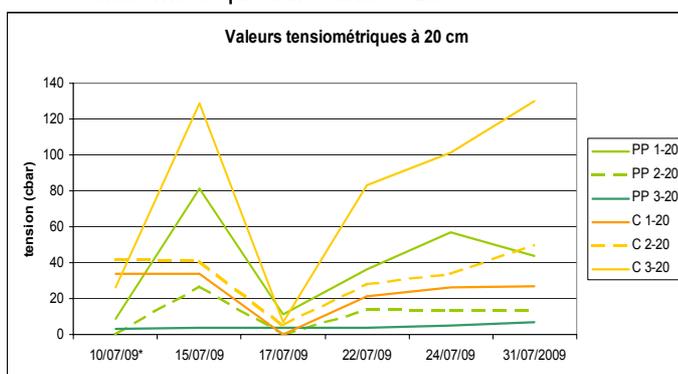
Les tensiomètres ont été installés après plantation des melons, fin mai, à raison de 3 tensiomètres par profondeur (20 et 40 cm) et par modalité. Malheureusement, ils se sont retrouvés pour la plupart près de plants ayant dépéri (mistral + pucerons). Nous les avons remplacé, mais les valeurs n'ont pu être mesurées de façon effective que pendant le mois de juillet.



Le graphique ci-contre représente les valeurs moyennes mesurées sur cette courte période. On constate qu'en profondeur, l'humidité du sol est plus élevée dans la modalité C, alors que les valeurs sont assez proches dans l'horizon supérieur entre les 2 modalités de travail du sol. Ces résultats suggèrent une meilleure réserve

en eau dans la modalité C.

Ces valeurs moyennes masquent cependant de très fortes hétérogénéités des mesures entre les 3 répétitions (voir ci-dessous), qui rendent difficile une quelconque interprétation du suivi tensiométrique sur l'année 2009.



### Profils culturaux

#### 1. Profil modalité classique (réalisé dans la parcelle C1)

##### Etat structural :

L'horizon H1, généré par la herse rotative, est de structure fragmentaire, avec beaucoup de terre fine (50%), et des mottes globalement peu compactées (états internes  $\Gamma$  et  $\Delta 0$  dominants). Le plancher de cet horizon est nettement délimité à 10-13 cm de profondeur, le Bio 2000 (actisol) n'ayant pas laissé d'empreintes plus profondes.

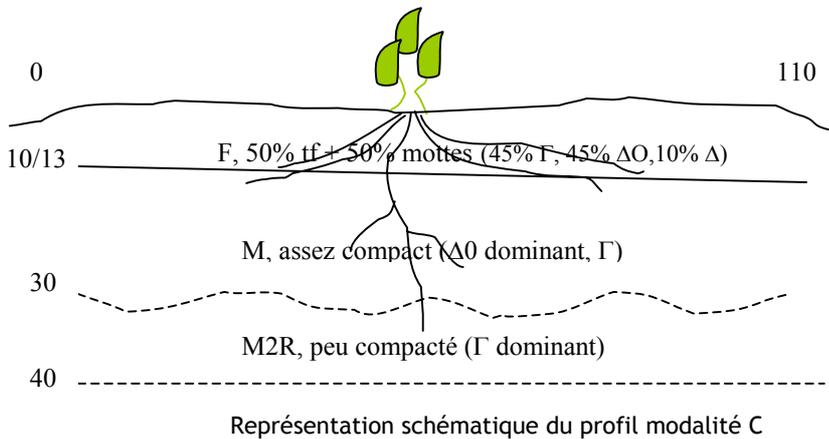
En deçà, jusqu'à 30 cm de profondeur environ (horizon H5), se trouve un horizon massif, composé de grosses mottes difficilement dissociables (SD), d'état interne  $\Delta 0$  dominant. Le fond du profil en dessous de 30 cm est massif également mais les grosses mottes sont facilement dissociables (SF) et d'état interne dominant  $\Gamma$  et  $\Delta 0$ . La limite entre ces 2 horizons inférieurs est floue.

### Activité biologique :

On trouve de nombreuses traces d'activité biologique dans l'horizon H1. Dans les horizons sous-jacents, la porosité d'origine biologique est moyenne, avec de nombreux vers de terre en diapause.

### Racines :

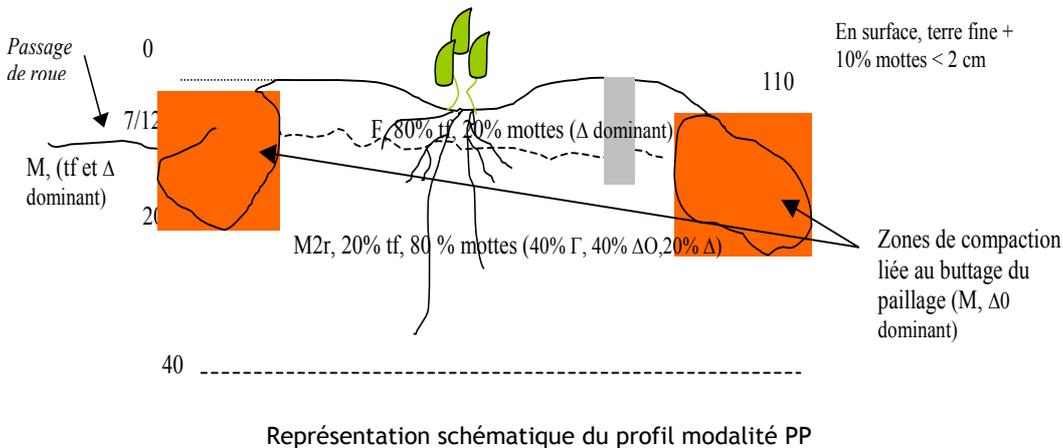
L'essentiel des racines est situé sous le plant, là où le goutte à goutte maintient la plus grande humidité. On observe quelques racines qui poussent à l'horizontale au-dessus du plancher de l'horizon H1, traduisant la rupture de porosité à ce niveau.



En surface, présence de quelques petites mottes compactées



## 2. Profil modalité planche permanente (réalisé dans la parcelle PP2)



En surface, terre fine + 10% mottes < 2 cm

Zones de compaction liée au buttage du paillage (M, ΔO dominant)



### Etat structural :

Les buttes façonnées par le MTCS et volontairement peu surélevées pour cette culture estivale, font environ 10 cm de hauteur par rapport au passage des roues. Le profil n'est pas parfaitement plane au sommet, l'outil ayant créé une légère dépression (d'environ 5 cm) au centre de la planche.

On distingue un horizon superficiel H1, travaillé par le MTCS, dont la limite est nette mais sans lissage. Cet horizon est essentiellement constitué de terre fine (80%) et de petites mottes compactées (Δ).

Cet horizon a une profondeur (par rapport au sommet de la butte) de 7 à 12 cm, l'hétérogénéité de la profondeur étant liée au manque d'agressivité de l'outil, qui a tendance à se soulever en cas d'obstacle.

En deçà (H5), on n'observe pas de discontinuité dans la verticalité du profil. La structure est massive mais très poreuse (M2R), composée de grosses mottes facilement dissociables (SF) et d'états internes dominant Γ (40%) et ΔO (40%). On trouve la trace d'une dent du « bio 2000 » jusqu'à 15 cm de profondeur, qui a créé une structure fragmentaire, mais on n'a pas observé d'autre trace de cet outil à une telle profondeur sur ce profil.

Dans l'horizontalité du profil, on observe cependant d'autres zones :

- deux zones massives compactes sur les bordures de la butte : M,  $\Delta 0$  dominant. Ces zones ont été compactées par les disques du MTCS et lors du buttage du paillage des planches. La seule pailleuse n'a pas créé une dégradation aussi marquée dans la modalité C.
- des zones très compactées sous les passages de roues : M,  $\Delta$  dominant et  $\Delta 0$ . Le griffon du MTCS a créé de la terre fine qui se trouve agglomérée en surface de ces zones.

#### Activité biologique :

On trouve de nombreuses traces d'activité biologique dans l'horizon H5, dont la porosité d'origine biologique est très importante, avec de nombreuses galeries et turricules de vers de terre. On observe plusieurs vers de terre en diapause dans les zones plus profondes.

#### Racines :

Les racines s'enfoncent plus verticalement que dans le profil « C », traduisant l'absence d'obstacle à leur croissance. Cependant, elles se développent peu dans l'horizontalité de la butte, l'humidité étant plus localisée verticalement sous le goutte à goutte que dans l'autre modalité.

#### CONCLUSION sur les profils

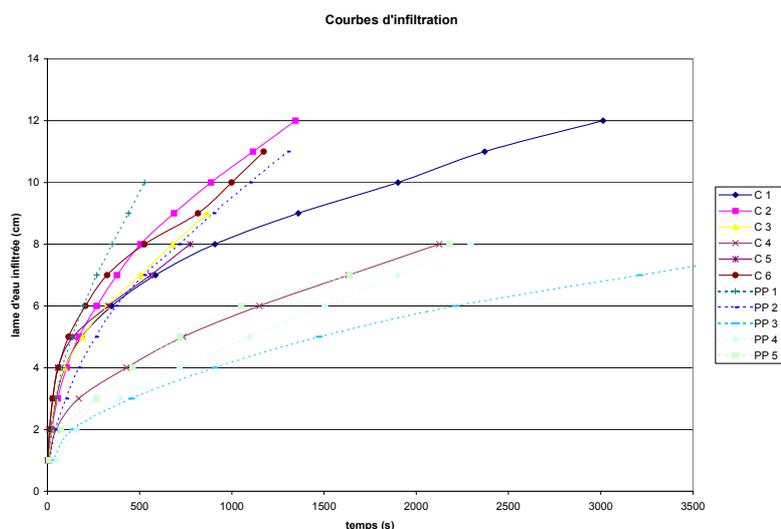
Les deux profils présentent des structururations verticales assez proches, avec un horizon supérieur fragmentaire d'environ 10 cm et des horizons sous-jacents massifs, dont la porosité est plus ou moins bonne. L'horizon supérieur est plus profond et de structure plus favorable dans l'itinéraire classique, la multiplication des passages du MTCS dans la modalité « PP » ayant généré trop de terre fine.

En dessous, la situation a peu évolué dans l'itinéraire « C » par rapport à 2007, avec un horizon massif à porosité intermédiaire sur 10/13-30 cm, et plus poreux en deçà.

En revanche, dans la modalité « PP », la porosité semble croître dans l'horizon 10-40 cm, les nombreux passages d'actisol et de MTCS, mais surtout l'augmentation apparente de l'activité biologique, ayant amélioré l'état depuis 2007. Cependant, la compaction liée aux passages de roues sur les passe-pieds et aux disques de buttage sur les bordures de la butte est très marquée, et semble difficilement rattrapable.

#### Test d'infiltrométrie : méthode Beerkan simplifiée

Des mesures d'infiltrométrie selon la méthode dite de « beerkan simplifiée » ont été réalisées les 21 et 22 juillet. Cette méthode consiste à mesurer la durée nécessaire à l'écoulement d'un volume d'eau correspondant à 1 cm de hauteur dans un anneau de diamètre 30 cm environ. L'opération est répétée jusqu'à ce que l'eau ne s'infiltré plus (saturation). L'opération a été réalisée 5 fois dans les planches permanentes et 6 fois dans l'itinéraire classique. Les courbes d'infiltration de chaque répétition (figure ci-dessous) montrent l'extrême variabilité de cette mesure.



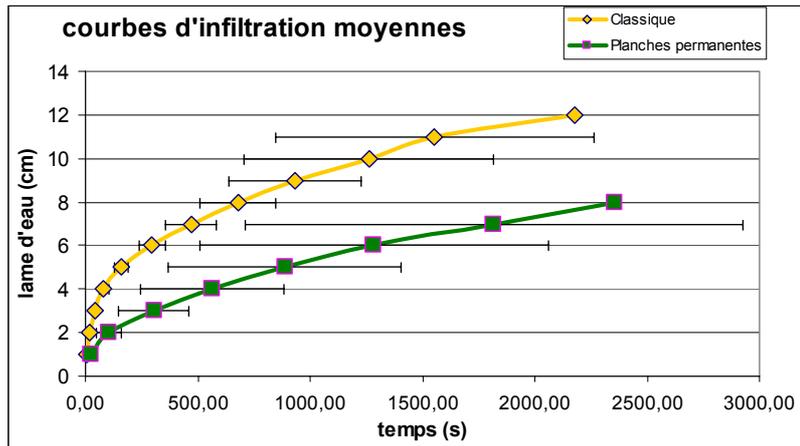
La variabilité s'avère plus importante dans les modalités « PP » que dans les modalités « C », traduisant la plus grande hétérogénéité de la structure du sol dans la modalité planches permanentes. Nous avons éliminé les mesures :...

- PP 1, avec une infiltration extrêmement rapide, l'eau ayant probablement emprunté un chenal de circulation important

- C4 et PP3, avec des infiltrations plus faibles car situées sur des trous de plantation de melon

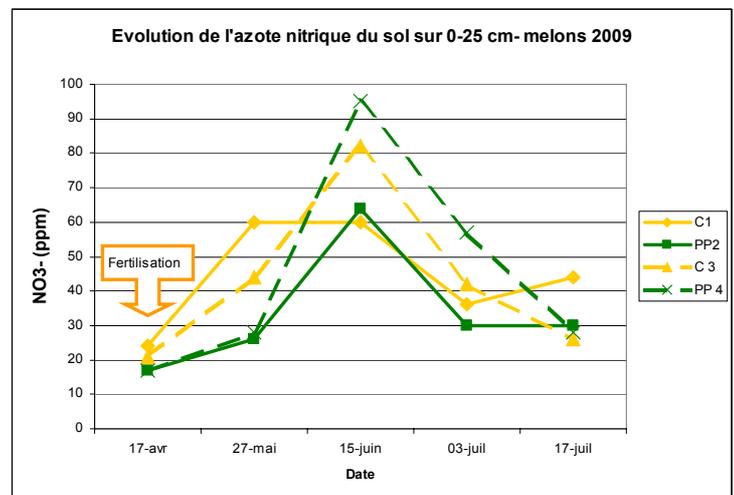
...et réalisé les courbes moyennes (sans doute contestables vue l'hétérogénéité)

Les courbes d'infiltration moyennes montrent une plus grande infiltration de l'eau dans la modalité « C » que dans la modalité « PP ». Mais la variabilité de la mesure est telle, notamment dans les planches permanentes, qu'il faudra renouveler les observations en 2010.



### Suivi de la minéralisation de l'azote du sol

Les mesures réalisées montrent qu'en début de saison, les teneurs en azote nitrique du sol sont supérieures dans la modalité « Classique » que dans la modalité « planches permanentes ». C'est ce que nous avons observé les années antérieures. Mais à partir du 15 juin, les valeurs deviennent équivalentes, avec là encore une hétérogénéité non négligeable.



### 3.3 RESULTATS SUR LES TEMPS DE TRAVAUX

Les temps de travaux sont exprimés en minutes/planche de culture de 50 m de long. Ne sont comptabilisées que les interventions spécifiques à la préparation de sol, qui seules diffèrent entre les 2 modalités :

**2009**

Date	Opération	Outil	Vitesse (km/h)	C			PP		
				Nb passage	Distance (m)	Temps (min)	Nb passage	Distance	Temps (min)
23-mars	Enfouissement Engrais vert 2008	Rotavator 8 cm	1,5	1	50	2			
27-mars	Enfouissement Engrais vert 2008	MTCS	3,0				2	100	2
14-avr	Préparation sol	Bio 2000	1,5	1	50	2	2	100	4
30-avr	Préparation sol	Herse rotative	2,2	2	100	2,7	1	50	1,35
6-7 mai	Préparation sol	MTCS	3,0				4	200	4
6-7 mai	Préparation sol	Herse rotative 6 cm	2,2				2	100	2,70
04-sept	Enfouissement végétation	Herse rotative 6 cm	2,4	1	50	1,25	1	50	1,25
11-sept	fragmentation	griffon 20 cm	1,1				2	100	5,6
11-sept	fragmentation	MTCS	4,8				2	100	1,25
28-sept	fragmentation	Bio 2000	1,5	2	100	4			
29-sept	Préparation semis engrais vert 2009	Herse rotative 10 cm	2,2	1	50	1,25	1	50	1,25
<b>TOTAL temps</b>				<b>13,2</b>			<b>23,4</b>		

On a une augmentation du temps passé aux opérations de travail du sol sur l'itinéraire planches permanentes qui s'explique par un travail plus intensif sur les planches permanentes pour tenter de rétablir l'état structural qui s'était avéré très dégradé en 2007/2008 : on a utilisé le MTCS de façon plus intensive, et adapté un griffon en fin de saison pour le travail en planches de façon à essayer de fragmenter davantage qu'avec le Bio 2000.

## 4. CONCLUSIONS

Sur le site du GRAB, la technique des planches permanentes, évaluée sur un itinéraire à base d'Actisol et de MTCS (outil de préparation finale comportant notamment des disques étoiles), s'est avérée peu adaptée les premières années de mise en œuvre, avec des indicateurs plutôt négatifs : structure compactée, activité microbienne inférieure, fertilité potassique et azotée inférieures et rendements diminués de 15%. Après une année d'engrais vert longue durée en 2008, les résultats obtenus sur épinards puis melon canari en 2009 s'avèrent moins tranchés. Les indicateurs mesurés (tensiométrie, profil cultural, minéralisation de l'azote, rendements) montrent moins de différences entre les modalités - mais une grande hétérogénéité au sein de la parcelle. L'effort est accru depuis cette année pour améliorer l'itinéraire technique sur la modalité « planches permanentes », avec notamment l'utilisation d'un griffon adapté à cette technique pour restaurer la porosité du sol. Il reste cependant très difficile, dans nos conditions de sol très limoneux (66% de limons) d'affiner suffisamment la surface sans utilisation d'outil rotatif dans la modalité planches permanentes

---

ANNEE DE MISE EN PLACE : 2005 - ANNEE DE FIN D 'ACTION : non définie

ACTION : nouvelle ●●

en cours ●

en projet ○

Renseignements complémentaires auprès de : H . Védie - GRAB - Agroparc BP 1222 84911 Avignon cedex 9 - tel 04 90 84 01 70 - fax 04 90 84 00 37 - mail helene.vedie@grab.fr

Mots clés du thésaurus Ctifl : travail du sol - planches permanentes - maraîchage biologique - profil cultural

---

Date de création de cette fiche : mars 2010