



**Le réchauffement du sol a des répercussions sur le développement des cultures de printemps, notamment celles dont le zéro végétatif est élevé.**

**Le démarrage de ces cultures est lent dans les sols lourds et humides ou dans les sols clairs (craie, buttes de blanc). Les techniques sans labour (TSL) ont tendance à ralentir le démarrage des cultures, en semis direct notamment, sans répercussion sur le rendement dans la majorité des cas.**

Jérôme Labreuche

jlabreuche@itcf.fr

Delphine Bouttet

dbouttet@itcf.fr

**ARVALIS-  
Institut du végétal\***



\*ARVALIS - Institut du végétal, né de la fusion, le 18 décembre 2002, de l'ITCF et de l'AGPM-TECHNIQUE.

## Semis direct

# Des sols plus difficiles à réchauffer

Les TSL peuvent avoir un impact sur la température du sol. Certaines observations montrent en effet une vigueur moindre du maïs en semis direct. La coloration des sols clairs, par un accroissement du taux de matières organiques en surface, suscite au contraire quelques espoirs en Champagne.

L'absence de retournement du sol modifie de nombreux paramètres physiques. Certains d'entre eux sont susceptibles d'agir sur la température du sol qui résulte d'un bilan thermique entre sources et pertes d'énergie (encadré). Certaines TSL modifient fortement les caractéristiques du sol, en semis direct notam-

ment, avec des répercussions sur le bilan thermique (tableau).

### Des sols humides plus froids

Des mesures de température du sol ont été réalisées sur l'essai travail du sol de Boigneville (91) les printemps 2001

**Impact des TSL sur le bilan thermique du lit de semences (tableau)**

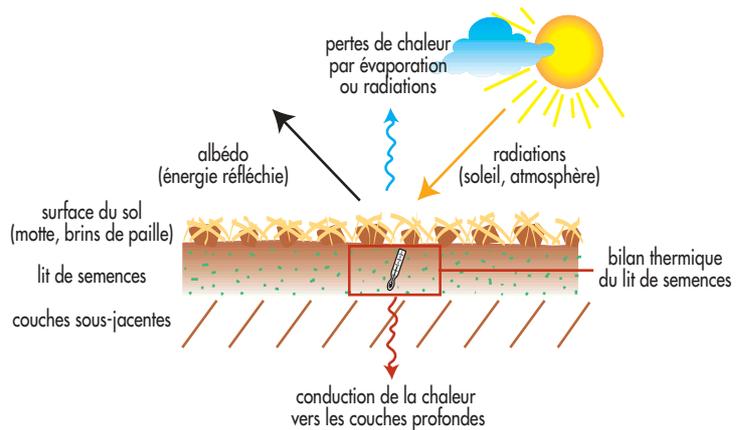
Facteur physique modifié par les TSL	Situations concernées	Conséquences sur le bilan thermique
Mulch en surface	Pailles, couvert végétal en surface Semis direct essentiellement Effet des TSL à court terme	Albédo augmenté
Humidité plus forte en surface	Mulch important en surface (effet des TSL à court terme) Concentration de matières organiques en surface (effet des TSL à moyen terme)	Inertie thermique plus forte Conductivité de la chaleur plus forte vers les couches profondes Moindres pertes en énergie par évaporation
Diminution de la porosité sous le lit de semences	Semis direct ou travail superficiel (5 cm)	Conductivité de la chaleur plus forte vers les couches profondes

## Comment un sol se réchauffe-t-il ?

La surface du sol subit plusieurs processus, qui tendent à la réchauffer ou à la refroidir (voir schéma) :

- les radiations, provenant essentiellement du soleil, tendent à réchauffer le sol. Elles fluctuent fortement au cours de la journée et des saisons,
- une partie des radiations arrivant au niveau du sol est réfléchi (albédo). La partie d'énergie perdue dépend de l'angle d'incidence des rayons lumineux par rapport à la surface du sol (hauteur et orientation du soleil, pente). L'état de surface du sol a également un impact : finesse du lit de semences, humidité, couleur du sol, présence de résidus végétaux,
- la partie supérieure du sol perd de l'énergie : transfert de chaleur vers les couches sous-jacentes (ou l'inverse la nuit), perte d'énergie par rayonnement vers l'atmosphère, énergie nécessaire à l'évaporation de l'eau.

L'ensemble de ces processus aboutit à un bilan d'énergie au niveau du lit de semences. Il est très évolutif au fil des heures de la journée, en fonction de l'ensoleillement (figure 1). Les variations de température sont d'autant plus atténuées que l'on va vers des couches profondes. La figure 1 nous montre par ailleurs le décalage qui existe entre les courbes de température de l'air et du sol : ce dernier se réchauffe avec un léger décalage par rapport à l'atmosphère et cela reste vrai pour son refroidissement. On parle de l'inertie thermique du sol. À titre de comparaison, la chaleur spécifique (énergie nécessaire pour réchauffer 1 cm<sup>3</sup> de 1 °C) est de 0,003 cal/cm<sup>3</sup>°K pour l'air, 0,48 pour un minéral sec et 1 pour l'eau. On comprend ainsi vite les raisons de l'inertie thermique du sol, par rapport à l'air, et plus particulièrement des sols humides.



### Comparaison de la température de l'air et du sol à deux profondeurs (Boigneville, avril 2001) (figure 1)



et 2002 (figure 2). Les mesures ont consisté à placer des capteurs de température sur la ligne de semis du maïs, au niveau des semences (3 cm de profondeur). Si on compare labour et travail superficiel, on pourra noter une température plus forte les après-midi sur labour, mais un refroidissement un peu plus prononcé en fin de nuit. Au final, les sommes de température sont plus élevées sur labour de 3,5 % en moyenne sur 2001 et 2002. Les écarts sont limités entre les deux techniques de travail du sol et il faut surtout parler de plus grande inertie thermique en travail superfi- ➔

ciel (moindres fluctuations entre le jour et la nuit). Le semis direct donne des écarts plus marqués par rapport au labour. L'inertie thermique est très forte en 2002 où un semoir spécial à disques a été utilisé sans roues chasse-débris. La perturbation de lit de semis est minime (mulch non écarté ou enfoui, porosité peu modifiée...). Les sommes de températures sont réduites de 8 % en semis direct par rapport au labour, en moyenne sur 2001 et 2002. Pour la première campagne, le semis avait été réalisé avec un rotasemis (outil animé combiné au semoir travaillant uniquement

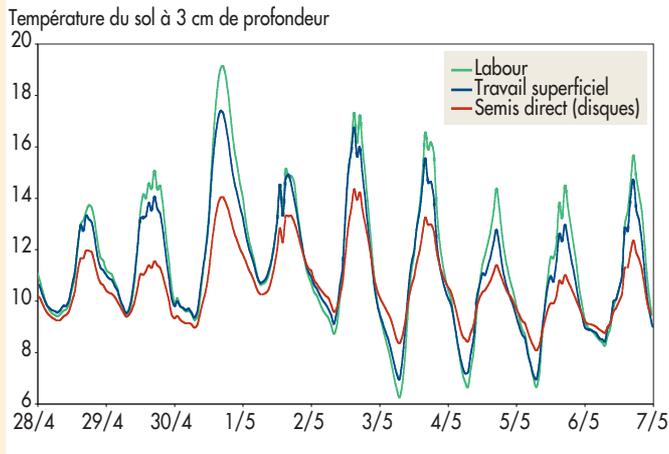
la ligne de semis). Les écarts de températures étaient plus faibles qu'en 2002. A noter qu'une comparaison fortuite avec et sans roues chasse-débris a montré un effet non négligeable de cet équipement sur la vigueur du maïs. Une comparaison avec et sans avoine détruite fin mars en système de semis direct en 2002 n'a pas donné d'écarts significatifs (sachant que le chaume intact a déjà un effet très fort sur l'albédo et l'humidité). Une analyse de l'ensemble des mesures de 2001 et 2002 a montré que l'humidité du sol sur les cinq premiers centi-

mètres est de loin le premier facteur explicatif de la température du sol. Le mulch a essentiellement un effet indirect sur le ressuyage du sol.

### Le cycle des cultures peut être retardé

Les conséquences de la température du sol sur les cultures de printemps sont bien connues, notamment celles dont le zéro végétatif est élevé (maïs, tournesol...). Le suivi du maïs sur l'essai travail du sol de Boigneville a montré une corrélation parfaite température du sol à 3 cm/vitesse de levée, expliquant ainsi des

## Mesure de la température du sol sous maïs (Boigneville, avril 2002) (figure 2)



⇨ retards de levée de deux à quatre jours en semis direct par rapport au labour. Les apex du maïs subissent fortement l'influence de la température du sol jusqu'au stade 6 feuilles environ. Cela explique les écarts de développement du maïs observés à ce stade, au niveau des systèmes racinaires et aériens (voir photos). Le maïs n'est plus influencé par la température du sol au-delà de 6 feuilles. Le retard pris se poursuit cependant par la suite au niveau des stades de développement du maïs. Ainsi, un écart de dates de floraison s'observe entre modalités de travail du sol. Il n'est que de un ou deux jours, en relation avec une augmentation des températures moyennes à cette époque. Il se

retrouve à la récolte, avec un grain légèrement plus humide. La teneur en eau du grain suit la même tendance que les mesures de température du sol. Les écarts au labour sont les plus importants en semis direct sans travail sur la ligne de semis (+2,6 points en 2002). Par contre, l'impact du travail du sol sur la biomasse s'atténue fortement au-delà du stade de 6 feuilles. Les rendements sont identiques sur l'essai de travail entre labour, travail superficiel et semis direct. Les écarts de température n'ont qu'un impact sur la précocité du maïs et pas sur son potentiel de rendement en grain. Rappelons enfin la durée de l'essai (32 ans à ce jour) qui extrême la concentration des matières or-

ganiques en surface et donc les écarts d'humidité du sol sur l'horizon 0-5 cm entre techniques de travail du sol par rapport à ce qu'on rencontre fréquemment sur bon nombre d'exploitations.

### Des techniques pour favoriser le réchauffement

La recherche sur un nombre croissant d'exploitations d'une forte couverture du sol pour le protéger (semis direct, semis sous couvert, destruction tardive du couvert...) rend les interrogations sur le réchauffement du sol de plus en plus nombreuses. Les fortes couvertures du sol ont aussi leur revers de la médaille : ressuyage en surface ralenti, température du sol plus faible... Rappelons cependant que d'autres causes peuvent être à l'origine d'un moindre développement de la culture (avec un impact sur le rendement plus fréquent) : lissage prononcé du sillon, effet dépressif d'un couvert détruit très tard dans quelques cas...

Même si nos observations nous amènent à relativiser l'impact du réchauffement du sol sur le rendement, des solutions existent pour limiter ce phénomène assez impressionnant sur le plan visuel aux stades précoces des cultures :

- un travail superficiel (5 cm)

réalisé à une date cohérente avec la texture du sol,

- un travail localisé à la ligne de semis :

- rotasemis : rotalabour dont les dents ne sont maintenues que sur la ligne de semis. Outil combiné au semoir en général (en décomposé, attention aux difficultés pour semer dans la bande travaillée),

- strip till (travail en bandes, en anglais). Ce système consiste à réaliser un petit billon avec deux disques suivant le passage d'une dent travaillant sur 15-25 cm. Cet outil est utilisé aux Etats-Unis par les « farmers » pour favoriser le réchauffement des sols avant maïs ou soja,

- roues chasse-débris rotatives : elles permettent de dégager le mulch de la ligne de semis pour faciliter ce dernier et favorisent le réchauffement du sol par la même occasion. L'absence de travail du sol rend cependant ce système moins efficace sur la température que les exemples cités précédemment.

Un travail du sol, localisé ou non à la ligne de semis, permettra en outre de favoriser le ressuyage du sol et l'émiettement de la ligne de semis, ce qui facilitera la réalisation du non labour en présence de couverts végétaux dans certains cas.

Développement du maïs le 15 juin 2001 dans l'essai travail du sol de Boigneville (91).



Labour



Travail superficiel



Semis direct