

Semis sous couvert

La conduite de a un impact sur les condit

En diminuant l'évaporation de l'eau du sol, les cultures intermédiaires accroissent l'humidité en surface, ce qui peut poser des difficultés de semis de la culture principale au printemps. La conduite de l'interculture, et notamment la date de destruction du couvert, doit être raisonnée pour semer dans des conditions optimales.

Le semis sous couvert végétal correspond au semis sans travail du sol préalable d'une culture principale, à l'aide d'un semoir spécialisé, dans une culture intermédiaire. Celle-ci peut être à l'état de mulch végétal (morte) ou en végétation (vivante). Le semis sous couvert répond à deux principes : la simplification du travail du sol (absence de retournement du sol avant semis) et le maintien d'une forte couverture du sol par une biomasse végétale. La pratique la plus courante est le semis direct d'une culture de printemps dans un couvert détruit au moins deux mois avant le semis de la culture. Le semis sous couvert peut inclure une préparation de sol en été pour l'implantation de la culture intermédiaire. Le semis direct n'est dans ce cas pas réalisé au sens strict du terme. Les motivations des agriculteurs pour le semis sous couvert végétal

combinent les intérêts économiques (gain de temps), agronomiques (comportement des sols) et environnementaux (protection des sols et des eaux) déjà attribués aux techniques sans labour et aux cultures intermédiaires. Les points critiques du semis sous couvert ont été décrits par des agriculteurs lors d'une enquête menée dans le Loiret, l'Essonne et en Loire-Atlantique, en février 2005. Il s'agit de la gestion des ravageurs (mulots, limaces...) et de l'humidité du sol ; les premiers centimètres du sol au printemps sont plus humides en semis direct qu'en semis conventionnel derrière un labour.

Des conditions de semis primordiales

Une des clés de la réussite du semis sous couvert est de savoir attendre des conditions optimales pour semer. Les agriculteurs enquêtés notent une réduction des jours disponibles pour les semis au printemps (orge ou pois), à cause d'une forte humidité des premiers centimètres du sol qui serait liée à la présence d'un mulch végétal en surface. Le semis dans un sol mal ressuyé se traduit par des pertes à la levée liées à une structure grossière du lit de semences et à un mauvais placement des semences (*encadré 1*). Dans des conditions plastiques, les disques des semoirs spécialisés lissent la ligne de semis et le sillon est par conséquent mal refermé. Les semences placées à l'air libre sont alors exposées aux ravageurs.

L'humidité du sol est un facteur de réussite de l'implantation des cultures de printemps en semis sous couvert.

Une des clés de la réussite du semis sous couvert est d'attendre les conditions optimales pour semer.



Effet des couverts sur l'humidité du sol

L'humidité du sol est fréquemment plus forte derrière une culture intermédiaire que sur un sol nu, en sortie d'hiver et au printemps, dans les premiers centimètres du sol (*encadré 2*). Des écarts d'humidité d'environ 2 % sont souvent observés en comparaison à une conduite sans culture intermédiaire. Cela suffit pour avoir parfois des consistances de sol très différentes (friable / plastique) sur les 10 premiers centimètres du sol.

Cet effet est observé principalement avec la destruction tardive des couverts, c'est-à-

Thomas Viloingt
t.viloingt@arvalisinstitutduvegetal.fr

Daniel Couture
d.couture@arvalisinstitutduvegetal.fr

Benoît Beets
b.beets@arvalisinstitutduvegetal.fr
ARVALIS - Institut du végétal

Guy Richard
INRA Sciences du sol - Orléans

l'interculture ions de semis

1 Apprécier les conditions optimales de semis

Les conditions d'implantation peuvent être caractérisées par la consistance du sol. Celle-ci résulte de la combinaison de trois facteurs : la texture, la structure et l'humidité du sol. Pour un type de sol donné, la consistance dépend avant tout de son humidité.

Les conditions de semis sont optimales lorsque, au passage du semoir, le sol s'émiette et forme de la terre fine. Le lit de semences est alors favorable aux levées (attention cependant à un lit de semences trop fin en sols battants). La consistance du sol peut s'apprécier en malaxant à la main une motte de terre prélevée sur les cinq premiers centimètres (volume de terre concerné par les pièces travaillantes du semoir). Si le sol s'émiette sans coller en donnant de la terre fine, il est de consistance friable ; les conditions sont optimales pour semer. Par contre, si la terre est modélabile et colle aux mains, le sol est de consistance plastique ; le semis est déconseillé. La consistance semi-plastique correspond à une situation de semis à risques où la terre s'émiette en collant et forme des boulettes. Dans ce cas, la qualité de

levée des semences est aléatoire, sous l'influence des conditions météorologiques suivant le semis (pluies...). Un second indicateur des conditions de semis est une observation globale de la parcelle qui permet de définir l'homogénéité du ressuyage (homogénéité de la couleur de la surface du sol).

Dans le sol limon argileux de Boigneville (91) (24 % d'argile), les conditions optimales sont caractérisées par une humidité du sol, dans les

Terre friable : situation optimale, semis conseillé



Terre plastique : semis déconseillé



cinq premiers centimètres, inférieure ou égale à 21 % (21 g d'eau pour 100 g de sol sec).

Lit de semences fin : conditions favorables aux levées.



Lit de semences grossier : mauvaises levées et semences exposées aux ravageurs.



dire, pour une destruction quelques jours avant le semis de la culture de printemps. Le mulch végétal est alors important en surface car le couvert n'a pas le temps de se décomposer avant le semis. Au contraire, la destruction précoce des couverts, à la mi-novembre, permet de limiter la modification de la dynamique de ressuyage du sol en février-mars : le couvert est quasiment entièrement dégradé au moment du semis. Il faut cependant noter que la moutarde, même détruite précocement, a un effet sur l'humidité du sol proche de celui observé pour d'autres espèces détruites tardivement.

Avoir un sol avec une forte humidité oblige à retarder le semis de la culture de printemps (orge ou pois) par rapport à un semis conventionnel. Ce décalage peut entraîner des baisses de rendements si le semis est trop tardif. Ce risque est plus limité pour des semis de printemps (maïs, tournesol) que pour des semis de fin d'hiver (orge, pois...).

Les couverts ont aussi un effet sur la température du sol. Le mulch en surface protège le sol du gel.

La modélisation au service du conseil technique

La modélisation permet de reproduire l'évolution de l'humidité du sol. En se basant sur des situations observées, le modèle peut simuler l'humidité du sol pour différents scénarios climatiques. Nous avons utilisé le modèle STICS (encadré 3). Le calage du modèle a été effectué à partir

des valeurs d'humidité mesurées au cours de deux années d'essai sur la station expérimentale ARVALIS-Institut du végétal de Boigneville (91). La parcelle expérimentale a été semée en orge de printemps en 2004 sur un précédent pois, puis en orge de printemps en 2005. Le sol a été déchaumé superficiellement (4-5 cm) en été 2003 et 2004 avant d'implanter la culture intermédiaire. Quatre itinéraires ont été suivis avec des mesures régulières : sol nu (avec résidus de pois en 2004 et résidus d'orge en 2005), moutarde détruite fin novembre, seigle détruit fin novembre, seigle détruit mi-février. Les couverts ont été détruits chimiquement et le sol n'a pas été travaillé avant d'implanter l'orge de printemps. Les couverts n'étaient pas très développés (environ 1,5 t/ha de matière sèche).

Les itinéraires que nous avons choisis de reproduire avec le modèle sont ceux qui présentaient les différences

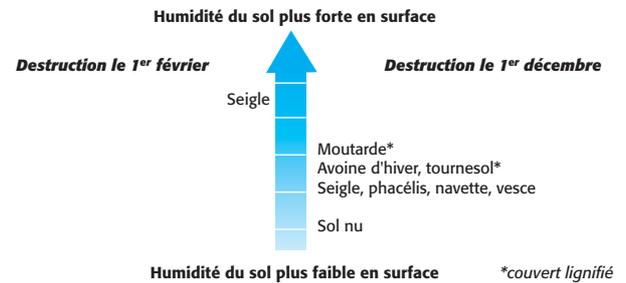
les plus marquées de régime hydrique. Trois itinéraires, le sol nu, la destruction tardive de seigle et la destruction précoce de moutarde ont donc été modélisés pour les deux années d'observation. Les autres couverts détruits en novembre (seigle, radis, phacélie, tournesol, avoine + vesce, ...) présentaient des humidités de sol plus proches de celles du sol nu (figure 1).

Une fois le modèle paramétré pour chacune des 6 situations retenues (3 itinéraires, 2 années d'observation), des simulations de l'humidité du sol ont été effectuées avec les scénarios climatiques des 30 années antérieures, de 1975 à 2004. Chaque situation (couple itinéraire x année) est paramétrée individuellement. Les paramètres estimés sont

Des écarts d'humidité d'environ 2 % sont souvent observés en comparaison à une conduite sans culture intermédiaire.

Humidité du sol observée sur 0-5 cm derrière différentes cultures intermédiaires (fig. 1)

Semis direct sous couvert. Humidité du sol en surface avant le semis d'une orge de printemps



donc spécifiques du site expérimental de Boigneville. Ils ne peuvent pas être transposés en l'état à d'autres situations (sol, climat, itinéraire).

Un semis parfois retardé

A partir des simulations, le nombre de jours disponibles pour les semis précoces de printemps (orge de printemps et pois de printemps) est calculé. Les jours disponibles sont les jours pour lesquels l'humidité du sol dans les cinq premiers centimètres est inférieure à 21 %.

Ce seuil caractérise le passage du sol de l'état semi-plastique à l'état friable dans la parcelle que nous avons suivie, indépendamment de la présence d'un couvert (encadré 1). Nos connaissances actuelles ne nous ont pas permis de prendre en compte la possibilité de semer sur sol gelé.

Les jours disponibles sont définis par décade pour chaque année simulée. La figure 2 présente la moyenne obtenue pour les 30 dernières

Deux mécanismes responsables d'une humidité supérieure en semis conventionnel

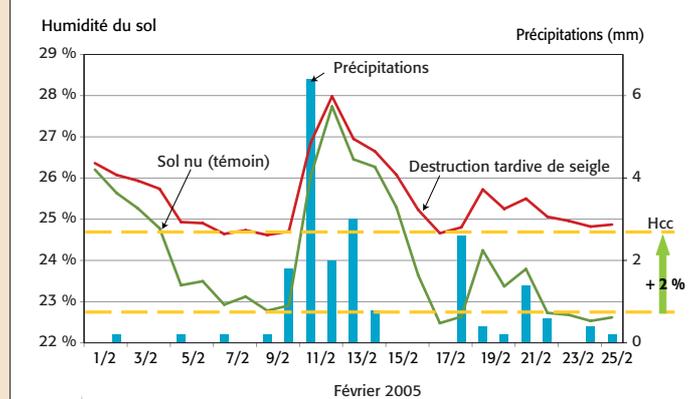
A l'automne, lorsque le couvert végétal se développe, il a tendance à réduire l'humidité du sol du fait de l'absorption de l'eau par les racines. Mais au printemps, à un moment où la culture intermédiaire est morte, c'est-à-dire qu'elle ne transpire plus et n'absorbe plus d'eau, la présence d'un couvert a alors tendance à augmenter l'humidité du sol en surface (10 premiers centimètres). L'effet observé pourrait avoir deux origines :

1. Le mulch, formé en surface du sol par la culture intermédiaire (morte ou en végétation) et les résidus de culture du précédent (pailles de blé par exemple), limite l'évaporation de l'eau du sol et, par conséquent, ralentit le ressuage du sol.

2. L'augmentation de l'humidité à la capacité au champ (Hcc) observée après une culture intermédiaire pourrait être due à une modification de la structure du sol en surface (action des racines des couverts, activité de la macrofaune, ...) et à la présence de résidus végétaux dont on sait qu'ils retiennent beaucoup d'eau.

L'effet de la culture intermédiaire sur l'humidité du sol est fonction de son taux de couverture, qui lui-même dépend de la quantité de biomasse produite et de l'état de dégradation de cette biomasse au moment du semis. La couverture du sol dépend donc de l'espèce de couvert et de sa date de destruction. On observe cependant qu'une espèce lignifiée

Humidité du sol à 5 cm au printemps sous



Après une pluie, le sol ressuie rapidement avant d'atteindre un niveau appelé "Humidité à la capacité au champ".

comme la moutarde, qui après sa destruction couvre peu le sol, augmente aussi l'humidité du sol. On n'explique pas bien

cet effet actuellement.

Il ne faut pas oublier que les pailles du précédent ont aussi un impact élevé sur l'humidité

années climatiques. La destruction tardive du couvert de seigle a un effet très fort sur l'humidité du sol par rapport à une situation sans couvert. La moutarde détruite en novembre a un effet moins prononcé. Ces couverts réduisent le nombre de jours disponibles pour le semis. Cela est flagrant avec le seigle détruit tardivement pour lequel il faut attendre un mois de plus que pour le sol nu pour obtenir le même nombre de jours disponibles par décade (*figure 2*).

Pour un agriculteur ne souhaitant pas prendre le risque de semer en conditions mal ressuyées, le retard de semis peut se traduire par un risque économique. En effet, une orge semée tard perd une partie de son potentiel de rendement. Pour estimer ce risque, nous avons pris l'exemple d'une exploitation qui a besoin de quatre jours pour l'implantation de l'orge de printemps. En semis sous couvert, cela correspond à l'utilisation d'un semoir spécialisé 3



mètres ou classique 4 mètres pour l'implantation de 80 ha, avec un débit de chantier de 20 ha/jour. Nous avons considéré que le rendement d'une orge de printemps commence à chuter s'il est effectué après le 15 mars. Nous avons compté une perte de rendement de 3 q/ha par dé-

cade de retard à partir du 15 mars. Sur la base des observations de 2004, les dates de semis sont retardées en moyenne de 11 jours pour la moutarde et de 36 jours derrière le seigle détruit tardivement. Ces retards provoquent des pertes de rendement théorique, par rapport au sol nu, de respectivement 2 et 8 q/ha en moyenne. Les simulations réalisées sur la base des observations de 2005 donnent un retard moyen du semis derrière moutarde de 14 jours et de 19 jours derrière seigle détruit tard. La pénalité moyenne de rendement est respectivement de 4 et 5 q/ha.

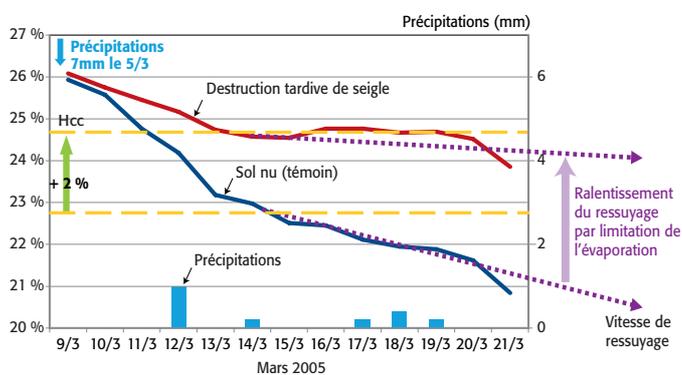
Nos résultats montrent également que le précédent orge ralentit le ressuyage en surface par rapport au précédent pois. En effet, les pailles d'orge assurent un mulch plus contraignant que celui formé par les résidus de pois.

Les jours disponibles et les pertes de rendements associées dépendent des conditions météorologiques et sont donc très variables d'une année à l'autre. Un outil statistique nous a permis de déterminer le pourcentage des années où l'on se situe sous un seuil de perte de rendement (*figure 3*). Si l'on considère une perte de 3 q/ha comme acceptable, 80 % des années sont sans risque en sol nu, 30 % sans risque en moutarde détruite précocement et seulement 5 % avec du seigle détruit quelques jours avant le semis. Il faut noter que même en sol nu, il existe des risques de pertes de rendement. Il s'agit d'années pluvieuses en hiver où le semis ne peut pas être réalisé dans des conditions optimales avant le 15 mars (1977, 1980, 1981, 1982, 1989, 1995 et 2001).

eure en semis sous couvert

2

sol nu et sous seigle détruit mi-février



Le couvert détruit tardivement réduit fortement le délai pour atteindre les 21 % d'humidité requis pour semer.

du sol. Un mulch de pailles, au même titre qu'un couvert végétal, limite l'évaporation du sol. L'effet des résidus dé-

pend du précédent et de la gestion de l'interculture (exportation, broyage, déchaumage).

3 Le modèle STICS

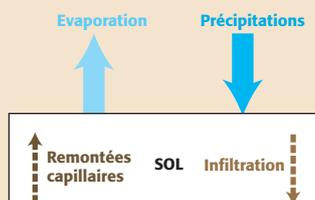
L'emploi de la modélisation et de la simulation informatique en agriculture s'avère être une approche complémentaire aux expérimentations de plein champ, qui restent lourdes à mener et permet d'obtenir rapidement (après un minimum d'expérimentation et de paramétrage) des résultats pour des situations multiples et des facteurs croisés. Les modèles de cultures sont désormais des outils de recherche incontournables en agronomie. Ils permettent par exemple de reproduire rapidement une situation avec différents scénarii climatiques (30 ans) alors que l'expérimentation au champ demandera beaucoup plus de temps pour obtenir le même recul (au moins 30 ans !). La qualité des simulations obtenues dépend de la qualité de l'estimation des paramètres et de la capacité du modèle à reproduire des situations observées.

Nous avons utilisé le modèle STICS pour reproduire, puis simuler l'évolution de l'humidité du sol. C'est un modèle de simulation de croissance des cultures, développé par l'INRA et co-produit notamment avec ARVALIS-Institut du végétal. Le module « sol » nous permet de simuler l'humidité du sol de cinq horizons d'épaisseur variable. Nous avons choisi de travailler sur les 15 premiers centimètres du sol.

Toutes les observations et toutes les mesures sont prises en compte pour renseigner le plus précisément possible les

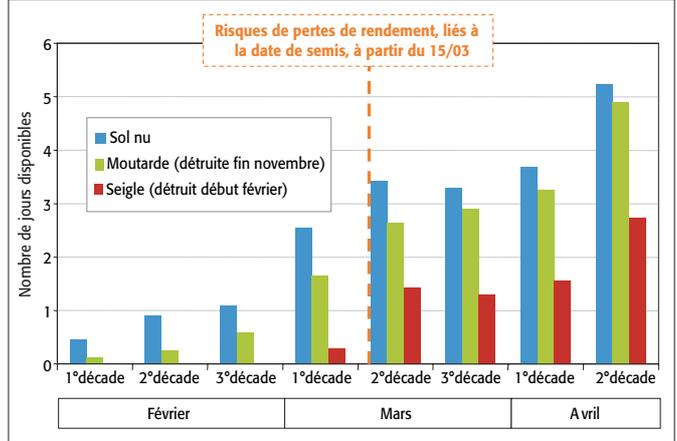
paramètres du modèle (type de sol, climat, biomasse des couverts et taux de couverture du sol). Le type de sol de l'expérimentation est un limon argileux (24% argile, 66% limon). Deux paramètres ont été ajustés pour que le modèle reproduise les observations : l'infiltrabilité de l'eau et l'humidité à la capacité au champ. L'infiltrabilité de l'eau est le paramètre qui détermine la circulation de l'eau libre dans le sol. Il est primordial pour reproduire parfaitement les flux d'eau entre les horizons, notamment si après une pluie l'humidité de l'horizon dépasse l'humidité à la capacité au champ. L'humidité à la capacité au champ est également adaptée pour chaque horizon. La présence d'un mulch végétal est intégrée afin de reproduire l'effet des pailles du précédent (pois en 2004 et orge en 2005) et du couvert sur le ralentissement de l'évaporation de l'eau. Le taux de couverture du mulch a été considéré stable dans le temps, sur la période de suivi (janvier, février et mars) : sa vitesse de décomposition a été considérée comme nulle à cause de températures trop basses.

Pour chaque situation observée (sol nu ou avec couvert pour chacune des 2 années), nous avons estimé, à partir de nos observations et de nos mesures d'humidité, l'humidité à la capacité au champ et les paramètres du mulch végétal. Nous n'avons pas considéré de variation de l'infiltrabilité de chaque horizon en fonction de la situation étudiée.



Modélisation des flux dans le modèle STICS (sol sans culture vivante)

Jours disponibles pour le semis (moyenne sur la période 1975-2004). Situation 2004 (précédent pois) (fig. 2)



Privilégier la gestion des pailles et la destruction précoce des cultures intermédiaires

Cette étude met en évidence les problèmes que pose la couverture du sol en interculture avant le semis direct précoce au printemps. La destruction tardive d'un couvert favorise des conditions de semis plastiques qui obligent à retarder l'implantation. Il s'en suit des risques non négligeables de pertes de rendement. La destruction précoce d'un couvert limite très fortement les effets négatifs observés derrière des couverts détruits tard. La moutarde doit cependant être surveillée car elle laisse souvent des sols « plastiques » au printemps.

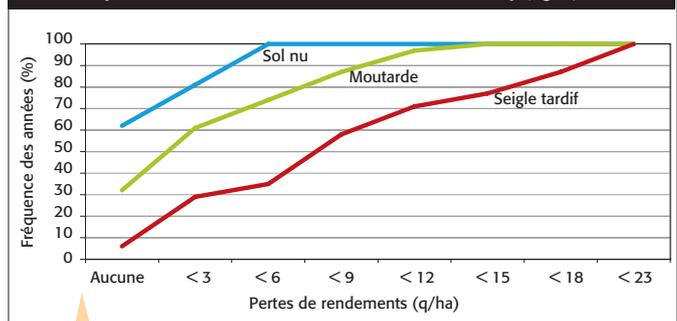
Les pailles du précédent posent des difficultés au même titre que les couverts. Il est nécessaire de réduire la quantité

de pailles en surface, si elles ne sont pas exportées, en favorisant leur dégradation par broyage et déchaumage. En d'autres termes, le vrai semis direct (sol non déchaumé) peut être handicapé par un ressuyage plus lent que sur un sol bien déchaumé.

Alternatives aux semis trop tardifs

Les agriculteurs confrontés à la difficulté de semer en bonnes conditions explorent les alternatives qui s'offrent à eux pour éviter les semis tardifs. Certains préfèrent avancer la date d'implantation (orge ou pois) pour semer sur sol gelé dès la fin janvier. Le sol gelé s'émiette au passage du semoir et offre une bonne portance. Il faut noter que la culture intermédiaire protège le sol du gel, et ainsi réduit quelque peu les possibilités de

Fréquence cumulée des années pour différents niveaux de pertes de rendement (années 1975 à 2004, situation 2004) (fig. 3)



Le risque de chute de rendement lié à un semis tardif est augmenté avec la destruction tardive du couvert.



semis sur sol gelé par rapport à un sol nu. En l'absence de gel, pour les hivers doux ou les régions sans grosses gelées (Grand Ouest, climat océanique), il faut attendre des conditions optimales.

Une autre alternative existe : la reprise superficielle du sol avant le semis avec un ou-

til de préparation (vibroculteur...). Ce travail réalisé à l'avance assèche la terre en surface et facilite le semis. En sol argileux, il est possible d'utiliser des semoirs moins sensibles au collage, en conditions « limites ». Des agriculteurs utilisent ainsi des systèmes de semis combiné au

passage d'un déchaumeur à dent (Agri-Structures Sème-Flex, Kverneland Tine Seeder, DPS 12 puis vibroculteur...). La terre colle moins aux dents qu'aux disques.

Enfin, dans des conditions où le semis de la culture de printemps (orge ou pois) est impossible, la solution ultime

Pour en savoir plus

Brisson N. et al., 1998. STICS : a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balances. I. Theory and parametrization applied to wheat and corn. *Agronomic*, 18, 311-346.

est de renoncer à implanter cette culture et lui préférer une culture plus tardive (tournesol, maïs). Bien sûr, cette solution est très contraignante.

La meilleure solution consiste avant tout à anticiper les conditions de semis de printemps, là où elles peuvent poser problème (sols argileux et semis précoce de printemps). Dans ces situations, le couvert doit impérativement être détruit tôt et la moutarde doit être évitée. Le déchaumage après la moisson favorisera également le ressuyage. ■