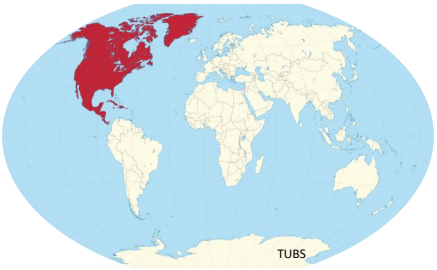
SEMIS DIRECT DE CULTURES DE PRINTEMPS SOUS COUVERT VEGETAL ROULE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE

Partie 1 : Les apports de la recherche Nord-Américaine

Brochure technique **Mars 2017**

En agriculture biologique, le recours répété au travail du sol pour gérer les adventices, préparer le sol ou incorporer des apports organiques peut dégrader la qualité des sols et affecter la durabilité des systèmes de production. Afin de développer des techniques biologiques productives et viables tout en respectant l'environnement, le semis direct sous couvert végétal roulé est l'une des alternatives les plus innovantes qui peut permettre de protéger le sol, limiter les adventices mais aussi réduire le temps de travail et la consommation énergétique.

Le semis direct sous couvert végétal en Amérique du Nord



Le semis direct (SD) a émergé au Brésil et fait partie des techniques culturales sans labour (TCSL) développées en 1930 aux Etats-Unis (**Figure 1**). En Europe, le semis direct se développe depuis les années 1970 en agriculture conventionnelle et suscite de plus en plus d'intérêts vis-à-vis des bénéfices socio-économiques apportés par la réduction du nombre d'interventions sur les parcelles (économie de carburant, diminution du temps de travail etc.). L'objectif est de préserver la fertilité des sols en répondant à l'un des principes de **l'agriculture de conservation** : minimiser la perturbation du sol.

Le SD correspond au semis d'une culture sans travail du sol depuis la récolte de la culture précédente. Le sol est perturbé uniquement au niveau de la ligne de semis sur 2 à 5 cm de profondeur. Par conséquent, une forte quantité de résidus est laissée sur le sol et assure une couverture de l'ordre de 30 à 100 % de la surface du sol.

SOMMAIRE

1. Les enjeux de la technique
2. Réussir l'implantation du couvert
3. Détruire le couvert végétal
4. Implanter la culture principale
5. Construire sa rotation culturale

Document sous Licence Creative Commons sans possibilité d'utilisation commerciale

Pour citer ce document : Vincent-Caboud L., Peigné J. Casagrande M., 2017. Semis direct de cultures de printemps sous couvert végétal roulé en agriculture biologique. Partie 1: Les apports de la recherche Nord-américaine. Edition ISARA-Lyon/ITAB.



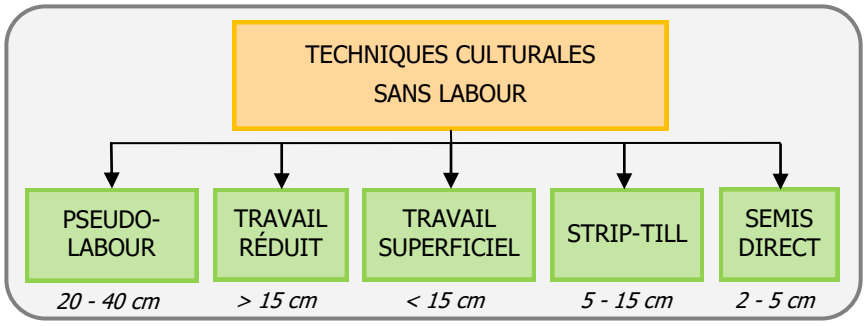


Figure 1 : Les différentes techniques de travail du sol sans labour

Coordination/rédaction : Laura Vincent-Caboud (ISARA-Lyon), Joséphine Peigné (ISARA-Lyon), Marion Casagrande (ITAB)

Remerciements : Laetitia Fourrié (ITAB), Laurence Fontaine (ITAB), Erin Silva (Université de Madison, Wisconsin), Caroline Halde (Université Laval, Québec)

Qu'est-ce que l'Agriculture de Conservation (AC) ?

L'AC a émergé aux Etats-Unis dans les années 1930 suite à une perte massive de surfaces cultivables générée par d'importants phénomènes d'érosion éoliennes et hydriques. Les agriculteurs des grandes plaines céréalières d'Amérique du Nord ont donc développé un ensemble de techniques avec l'objectif de conserver le potentiel agronomique des sols. L'AC repose sur trois piliers fondamentaux :

- **Une perturbation minimale du sol** via des TCSL (réduction de la profondeur de travail du sol, absence de retournement du sol, etc.).
- **Une couverture permanente du sol**
- **Une rotation culturale diversifiée**

Pour en savoir plus sur l'agriculture de conservation :
Organisation des nations unis pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)
Association Biodiversité, Agriculture, Sol et Environnement (BASE)

Cependant, la gestion des adventices reste un problème majeur en agriculture biologique (AB). Ainsi, le semis direct sous couvert végétal (SDSC) constitue une solution pour maîtriser les espèces indésirables en occupant le sol. Cette stratégie consiste à associer le SD avec un couvert végétal, soit vivant, soit détruit à l'aide d'un rouleau cranteur (**Figure 2**).

En AB, les études menées sur cette innovation ont été réalisées majoritairement en Amérique du Nord sur des cultures de printemps (soja, maïs, blé) et encore très peu de documents techniques sont disponibles en France.

Ainsi, deux brochures intitulées « **Semis direct de printemps sous couvert végétal roulé** » sont issues d'un travail de stage de fin d'études réalisé à l'ISARA-Lyon. L'objectif est de mettre en avant les principaux défis techniques ainsi que les leviers et les pistes de réflexion permettant d'améliorer la compréhension et donc la mise en place du semis direct sous couvert végétal roulé en AB. Ces informations sont présentées selon deux parties distinctes correspondant chacune à une brochure indépendante :

- **Partie 1 : Les apports de la recherche Nord-Américaine**
- **Partie 2 : Retour d'expériences et de discussions entre agriculteurs et chercheurs dans la Drôme**

Ces deux brochures sont téléchargeables sur le site de l'Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB) et de l'ISARA-Lyon.

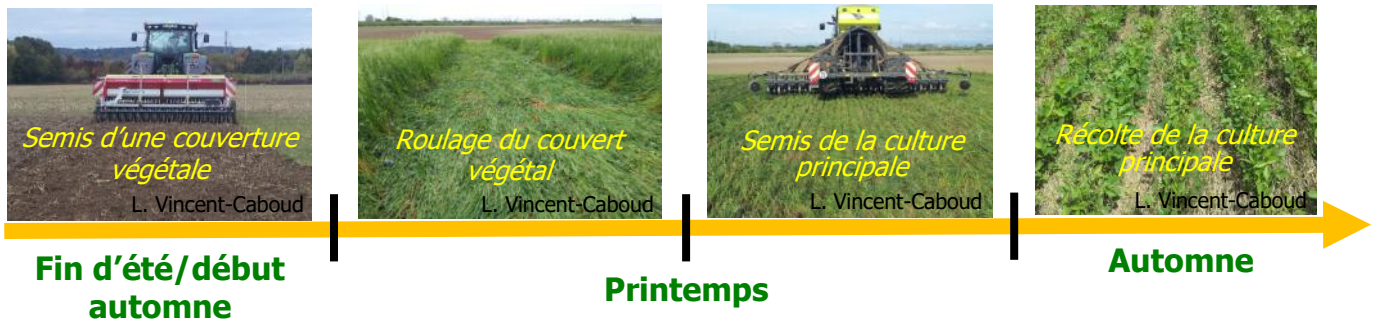


Figure 2 : Itinéraire technique d'un semis direct d'une culture de printemps sous couvert végétal roulé

Ce document correspond à la partie 1 qui repose sur la synthèse d'un travail bibliographique sur des travaux de recherche nord-américains conduits sur le semis direct de cultures de printemps biologiques sous couvert végétal roulé. Ces travaux font majoritairement référence à des données concernant l'échelle de l'itinéraire technique. Après avoir brièvement rappeler les enjeux majeurs de cette innovation en AB, ce document propose des leviers, sous forme chronologique, pour chaque intervention de l'itinéraire technique du semis du couvert végétal jusqu'au semis de la culture de printemps (Figure 2). Enfin, les quelques pistes de réflexion qui commencent à émerger à l'échelle de la rotation culturale en Amérique du Nord seront présentées à la fin de cette brochure.



LES ENJEUX DU SEMIS DIRECT SOUS COUVERT VÉGÉTAL

Les bénéfices du SDSC

Amélioration de la fertilité du sol

La présence d'un couvert végétal avant le semis de la culture stimule l'activité biologique du sol en apportant une ressource trophique importante à la surface du sol et assure une régulation biologique des ravageurs des cultures en créant des habitats pour les auxiliaires. L'importante biomasse permet aussi d'enrichir le stock de matière organique du sol (MO) et contribue à la rétention de l'humidité du sol. Par ailleurs, le système racinaire du couvert végétal permet une structuration du sol avant l'implantation de la culture principale et augmente le volume de sol exploré par les racines de la culture. Enfin, la couverture végétale protège le sol contre les aléas climatiques en limitant les phénomènes d'érosion des sols, de ruissellement et de battance des sols.



Levée d'une culture de soja semée sous un couvert végétal roulé

Gestion des adventices

L'association du SD et d'un couvert végétal est considérée comme un levier pour maîtriser les adventices en remplaçant le désherbage mécanique par un processus de régulation biologique. La présence du couvert végétal vivant pendant l'interculture permet de créer un environnement compétitif avec les adventices vis-à-vis des éléments nutritifs du sol, de l'eau et de la lumière. Enfin, le mulch laissé à la surface du sol lors de la croissance de la culture créée une barrière physique et un ombrage qui limitent l'émergence des adventices.

Réduction des charges

Le SDSC limite considérablement le nombre d'interventions mécaniques qui se limite ainsi à : (1) l'implantation d'un couvert végétal, (2) sa destruction, (3) le semis direct de la culture principale et (4) la récolte. Selon des travaux américains, les charges liées à la consommation de carburant pourraient être réduites de plus de 50% en comparaison à un mode de production traditionnel en AB. Par ailleurs, l'amélioration de la teneur en MO des sols grâce aux couverts végétaux permet de limiter la dépendance aux apports organiques extérieurs. Enfin, cette technique diminue le temps de travail de plus de 25% d'après une étude américaine.

Préservation de l'environnement

Une réduction des effets néfastes des pratiques agricoles sur l'environnement peut aussi être apporté par le SDSC. En effet, la présence du couvert limite les risques d'érosion et de lessivage des nitrates dans les nappes phréatiques et permet donc de préserver la qualité des eaux. De même, la simplification de l'itinéraire technique avec un minimum d'interventions mécaniques sur les parcelles permet de réduire la consommation énergétique et de limiter ainsi l'épuisement des ressources naturelles.



Couverture végétale permanente des sols pour préserver la qualité des sols et limiter la pollution des eaux souterraines



LES ENJEUX DU SEMIS DIRECT SOUS COUVERT VÉGÉTAL

Les défis techniques

Gestion des adventices

La gestion des adventices reste un enjeu important du SDSC en AB à l'échelle de la rotation culturale. Malgré la régulation des adventices annuelles par le mulch, le risque de prolifération existe. De plus, les adventices ne sont pas toujours contrôlées du semis de la culture jusqu'à sa récolte. Leur développement va donc dépendre de la cinétique de dégradation du mulch présent à la surface du sol.

Contrôle du couvert

L'efficacité du roulage du couvert est primordiale pour éviter que le couvert ne concurrence la culture à des stades sensibles et ainsi impacte le rendement. Néanmoins, des questions demeurent encore autour des espèces et des variétés à privilégier ou du type d'outils à utiliser pour favoriser la destruction du couvert.

Performance du matériel

La disponibilité et la performance des outils spécifiques pour la pratique du SDSC (rouleaux cranteurs, semoirs) sont des enjeux majeurs. Peu d'études existent sur ces équipements mais l'utilisation d'un matériel adapté est primordiale pour maîtriser la biomasse présente sur le sol. Enfin, ces outils sont souvent de lourds équipements impliquant un risque de compaction des sols.



Enjeu de la maîtrise des adventices jusqu'à la récolte de la culture

Rendement de la culture

En SDSC, la culture est soumise à un environnement plus ou moins compétitif influencé par les aléas climatiques qui peuvent être à l'origine de pertes de rendement. Pour limiter l'instabilité des résultats, un compromis est à trouver entre la culture, les adventices et le couvert. Par ailleurs, des stratégies sont à mettre en place pour faire face au ralentissement du réchauffement du sol et de la minéralisation de la matière organique causé par la présence du mulch laissé sur le sol. Enfin, le rendement peut aussi être affecté par d'éventuels ravageurs favorisés par le micro-climat et les habitats créés au niveau du couvert.



Enjeu du semis d'une culture de rente sous une biomasse végétale présente au niveau de la surface du sol











REUSSIR L'IMPLANTATION DU COUVERT VEGETAL

Le couvert végétal joue un rôle essentiel en SDSC pour enrichir la teneur en matière organique des sols, apporter des éléments nutritifs aux cultures mais surtout protéger le sol et maîtriser les adventices. La principale stratégie repose donc sur la production d'une biomasse végétale maximale pour occuper le sol. Une biomasse de plus de 9 000 kg/ha est recommandée aux Etats-Unis. Plusieurs leviers sont mobilisables pour assurer la productivité du couvert végétal.

Le choix des couverts

Afin de choisir le couvert le plus adapté, on peut jouer sur le choix des espèces, des variétés, et la possibilité d'associer différentes espèces. Ces choix peuvent se faire sur la base de plusieurs critères :

La culture principale

Pour limiter la concurrence entre la culture et le couvert, les graminées comme le seigle, le triticale ou l'orge sont à implanter avant des cultures faiblement exigeantes en azote (N) telles que le soja. Toutefois, il est conseillé de semer plutôt un couvert multi-spécifique composé d'au moins une légumineuse (ex: vesce velue) avant une culture sensible aux milieux pauvres en azote comme le maïs afin d'atténuer la forte immobilisation d'azote par les microorganismes lors de la dégradation des céréales et restituer rapidement l'azote au système. Des mélanges de légumineuses et de graminées sont aussi possibles pour obtenir davantage de biomasse.

Le potentiel de biomasse du couvert

Une forte production de biomasse est indispensable pour gérer les adventices. Les graminées présentent un potentiel de production de matière sèche supérieur aux autres familles d'espèces. Aux Etats-Unis, le seigle permet d'obtenir les biomasses les plus élevées avec plus de 9000 kg/ha. Cette espèce est aussi connue pour sa faible sensibilité vis-à-vis des ravageurs et pour son effet allélopathique favorisant la lutte contre les adventices. Pour le SD de maïs ou de blé de printemps, les couverts composés de vesce velue ont permis d'atteindre les biomasses les plus importantes par rapport aux autres légumineuses testées (pois, trèfles, vesce commune etc.).



Seigle au stade floraison

Le ratio carbone/azote (C/N) du couvert

Les espèces qui présentent un ratio C/N élevé telles que les graminées sont constituées de composés difficilement dégradables par les microorganismes ralentissant leur décomposition. Ce phénomène est recherché en SDSC afin de protéger le sol le plus longtemps possible, du semis de la culture jusqu'à la récolte. Dans le cas d'un SD de soja, un couvert de seigle est particulièrement intéressant pour maîtriser les adventices sans affecter le rendement de la culture. En effet, lors de la dégradation du seigle les microorganismes immobilisent fortement l'azote du sol disponible. Les adventices qui ont besoin d'azote ne pourront donc pas se développer mais le soja, capable d'assurer ses propres besoins azotés via la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, ne sera pas pénalisé. Toutefois, pour une culture exigeante en azote, ce type de couvert est à éviter puisqu'il peut entraîner une faim d'azote (**Tableau A**). Enfin, en raison d'un ratio C/N faible, les couverts composés de légumineuses se dégradent plus rapidement et peuvent ainsi compromettre la gestion des adventices. C'est la raison pour laquelle, le mélange d'une graminée et d'une légumineuse est considéré comme le meilleur compromis avant des cultures exigeantes en azote pour diminuer la prolifération des adventices tout en limitant la compétition avec la culture.

Le choix des couverts

La capacité du couvert à être détruit

La sensibilité du couvert au roulage est fondamentale pour limiter les repousses. Les graminées sont détruites efficacement mais seulement si celles-ci ont atteint une maturité suffisante lors du roulage (au minimum le stade de floraison). Dans ce contexte, le seigle est intéressant pour la flexibilité de ses dates de semis et pour sa floraison précoce au printemps. En ce qui concerne la vesce velue, même si sa gestion peut se révéler difficile aux Etats-Unis, sa destruction peut être améliorée en jouant sur les périodes de semis et de roulage ou encore en l'associant avec une plante tutrice comme l'avoine. Enfin, une attention particulière est requise lors du raisonnement des couverts multi spécifiques puisque toutes les espèces n'atteindront pas le stade de maturité souhaité en même temps.

La restitution d'azote par le couvert

Ce critère est primordial pour les cultures n'appartenant pas à la famille des Fabacées qui ont donc des besoins en azote importants. Parmi les couverts testés en Amérique du Nord, la vesce velue pure restitue de 140 à 225 kgN/ha et peut combler les besoins d'une culture de maïs. D'autres espèces peuvent se montrer également intéressantes comme le pois d'hiver ou la féverole (**Tableau A**).

Les variétés des espèces de couvert

L'utilisation de variétés à floraison précoce avec un potentiel de biomasse élevé constitue un levier pour améliorer la gestion du couvert tout en conservant les fenêtres d'implantation de la culture. Par ailleurs, la qualité de l'implantation du couvert et la hauteur atteinte lors de la floraison sont des critères de réussite à prendre en compte pour optimiser la quantité de matière sèche produite et donc la maîtrise des adventices jusqu'à la récolte. Quelques essais de variétés de seigle ou encore de vesce velue commencent à émerger aux Etats-Unis et montre la possibilité d'améliorer les propriétés recherchées (biomasse, facilité de destruction).



Couvert de seigle 40 jours après le semis (200 kg/ha)

Tableau A: Quelques exemples d'espèces utilisées en Amérique du Nord en tant que couvert végétal avant un semis direct sous couvert végétal roulé

Cultures de printemps	Les couverts à privilégier	Les couverts à éviter
Soja *(Glycine max)*	**Purs :** seigle; triticale; orge; avoine **Mélanges** : vesce velue/seigle; pois d'hiver /blé d'hiver; seigle/triticale; seigle/orge	Les légumineuses pures (vesce velue; pois d'hiver; trèfle incarnat)
Maïs *(Zea mays L.)*	**Purs :** vesce velue; pois d'hiver; vesce commune **Mélanges** : pois d'hiver/blé d'hiver; vesce velue/ seigle	Luzerne; trèfle incarnat
Blé de printemps *(Triticum durum)*	**Purs :** vesce velue; vesce commune; pois d'hiver **Mélanges** : orge/vesce velue; orge/pois d'hiver	Les légumineuses pures

seigle (*Secale cereale. L.*); triticale (*x Triticosecale Wittmack*); orge *(Hordeum vulgare)*; avoine *(Avena sativa);* vesce velue *(Vicia villosa Roth);* vesce commune *(Vicia sativa);* pois d'hiver *(Pisum sativum L.);* blé d'hiver (*Triticum aestivum*); trèfle incarnat *(Trifolium incarnatum);* luzerne (*Medicago sativa*)

Pour en savoir plus sur ces espèces : Cadillon A. et al. (2012). Couvert végétal pendant l'interculture en AB: caractéristiques des espèces. ITAB. 73p. [Lien]

Densité de semis, fertilisation, irrigation

L'augmentation des densités de semis favorise le pouvoir concurrentiel du couvert permettant un recouvrement rapide du sol et limitant ainsi considérablement les risques d'émergence des adventices. Aux Etats-Unis, une meilleure maîtrise des adventices a été observée avec une densité de semis de 200 kg/ha de seigle mais nécessite aussi d'adapter les stratégies de fertilisation et d'irrigation du couvert et de la culture pour éviter d'épuiser les ressources du sol. Un apport organique sur le couvert représente aussi un moyen d'optimiser la biomasse végétale et de maîtriser ainsi les adventices.

Choix de la période de semis

Dans le cas du SD d'une culture de printemps, le couvert doit être semé le plus tôt possible après la récolte de la culture précédente afin d'allonger sa période de croissance et d'avoir une implantation rapide et homogène. De plus, la maturité du couvert végétal sera plus précoce évitant ainsi de trop décaler le semis de la culture principale.



Semis de seigle d'hiver

Cas d'étude

Effet de la densité de semis et de la fertilisation du couvert en Amérique du Nord

(d'après Ryan, 2010)

Densités de semis testées :

90, 150 ou 210 kg/ha (pratique habituelle: 90 kg/ha)

Apport organique :

Litière de volailles appliquée début avril (0; 80 ou 160 kgN/ha)

Couvert végétal :

Seigle (*Secale cereale* L. cv) semé entre octobre et novembre

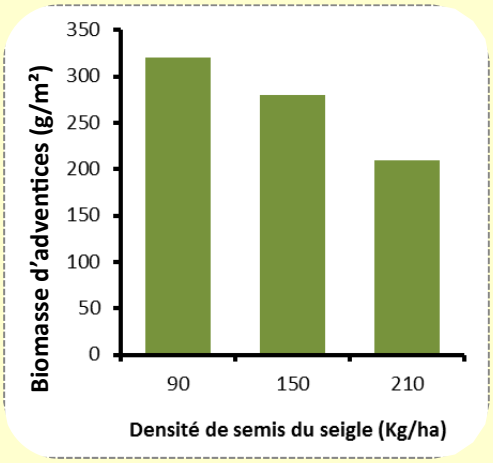
Destruction du couvert :

Roulage avec un rouleau cranteur de 3,04m de large (+725 kg) à 50% de la floraison du seigle

Principaux résultats observés :

- La biomasse de seigle augmente de 630 à 807 g/m² avec la dose de litière de volailles entre respectivement 0 et 160 kgN/ha appliqués.

- L'augmentation de la densité de semis diminue la biomasse des adventices* grâce à une meilleure couverture du sol mais n'augmente pas forcément la biomasse du seigle.



Effet de la densité de semis du couvert sur la gestion des adventices

Contexte pédoclimatique des 2 sites d'essais :



Sol : limoneux

Climat : continental humide, plus de 1120 mm de précipitation annuelle et des températures moyennes de 0°C en hiver et de 22°C en été



Sol : sablo-limoneux

Climat : plus de 1000 mm de précipitation annuelle, températures moyennes de –6°C en hiver et 19,7 °C en été

** La biomasse d'adventices a été mesurée 10 semaines après le roulage*











DETRUIRE LA COUVERTURE VEGETALE

La destruction du couvert végétal est une étape importante du SDSC en AB pour éviter de créer un environnement trop compétitif lors de l'émergence de la culture principale. Les méthodes disponibles sont limitées et doivent rester cohérentes avec les principaux objectifs de la technique : (1) gérer les adventices le plus longtemps possible via le couvert au cours de la saison, (2) protéger le sol et (3) enrichir le sol en matière organique.

Choix du matériel

Le roulage

Le mode de destruction du couvert a un impact direct sur la qualité du contrôle du couvert mais aussi sur la maîtrise des adventices jusqu'à la récolte. Le roulage, à partir d'un rouleau cranteur, est considéré comme la solution la plus adaptée en AB. Cet outil blesse les tiges du couvert et assure une répartition homogène du mulch sur la surface du sol. Le couvert se dégrade ainsi lentement et occupe le sol jusqu'à la récolte. A l'inverse, un broyage ou un fauchage limitent l'effet sur les adventices car ils entraînent une dégradation trop rapide du couvert. Ces méthodes peuvent néanmoins permettre de gérer les repousses du couvert pendant la croissance de la culture.

Le poids

Lors du roulage, l'outil doit disposer d'un poids suffisant pour assurer l'efficacité de l'intervention en un seul passage. Le couvert doit ainsi être ré-appuyé au maximum au contact du sol. Du poids supplémentaire peut être rajouté par l'ajout de masses amovibles ou par remplissage d'eau d'un rouleau étanche. Cette dernière solution requiert une vidange avant les périodes de gelées hivernales pour éviter d'endommager l'outil. En Amérique du Nord, le poids peut atteindre plus de 1300 kg avec une largeur de rouleau de 3 à 4 mètres.

Le contexte pédoclimatique

L'action du rouleau est efficace quel que soit le type de sol et le climat. Des adaptations techniques peuvent être toutefois envisagées selon le contexte. Par exemple, il est conseillé d'augmenter le poids lors d'un roulage en conditions sèches. A l'inverse, le risque de tassement est à prendre en compte en conditions humides.

Le type de rouleau

La conception de l'outil (orientation des lames, poids, etc.) doit permettre de blesser les tiges des espèces du couvert afin d'affecter le système vasculaire de la plante qui va se dessécher progressivement. Par contre, les tiges ne doivent pas pour autant être coupées pour éviter qu'elles ne repoussent. Ainsi, les lames doivent légèrement être inclinées sur le rouleau pour limiter l'agressivité de l'outil à la fois au niveau du couvert mais aussi de la surface du sol.

Le rouleau cranteur

Le rouleau cranteur tient son origine des pratiques brésiliennes et constitue l'une des clés de la réussite de la gestion du couvert en AB sans travail du sol. Sur la base des rouleaux brésiliens, le rouleau cranteur a été spécifiquement adapté en Amérique du Nord pour permettre le SDSC en AB. L'objectif étant de détruire le couvert afin de créer un mulch épais sur le sol. Le rouleau est constitué de lames en acier fixées sur un cylindre. Les lames peuvent être droites ou hélicoïdales. En Amérique du Nord, il est conseillé de disposer les lames de façon hélicoïdales afin de réduire les vibrations sur le sol et d'optimiser la destruction grâce à une meilleure pression sur le couvert. Aux Etats-Unis, des instituts de recherche ont construit des rouleaux attelables à l'avant du tracteur pour semer la culture simultanément au roulage.



Rouleau cranteur utilisé aux Etats-Unis (Wisconsin) pour des essais de SDSC en AB



Rouleau cranteur utilisé au Canada (Manitoba) pour des essais de SDSC en AB

Le sens du roulage

Le roulage est souvent réalisé avec un angle de 30 à 90 degrés par rapport à la direction du semis de la couverture végétale. Cette méthode permet d'améliorer la destruction de couverts composés de graminées et le recouvrement du sol grâce à une répartition optimale du mulch limitant l'émergence des adventices.

La période de roulage

La date du roulage dépend de la maturité du couvert et du semis de la culture.

La maturité du couvert

La date du roulage est à raisonner en fonction de la maturité du couvert. La destruction des graminées doit avoir lieu au moins à 50% de la floraison pour maîtriser le couvert. A ce stade, les tiges des espèces sont plus sensibles au passage du rouleau. Les légumineuses telles que la vesce ou le pois peuvent être contrôlées à partir d'un roulage réalisé à un stade de maturité plus avancé à la fin de la floraison voir au début de la formation des gousses. Cette stratégie allonge aussi la période de croissance du couvert végétal et donc augmente sa biomasse. Par ailleurs, l'utilisation d'un couvert végétal composé d'un mélange de plusieurs espèces peut entraîner des difficultés puisque celles-ci n'atteindront pas nécessairement le niveau de maturation souhaité en même temps. Ainsi, le choix de plusieurs espèces doit être raisonné aussi en fonction de leur période potentielle de floraison et de la hauteur optimale que le couvert peut atteindre pour faciliter le roulage.

Le couvert végétal ne sera pas détruit efficacement si le roulage est réalisé avant la maturité des espèces. Il est donc préférable de retarder le semis de la culture plutôt que de détruire trop tôt le couvert au risque d'observer des repousses. Celles-ci risquent en effet de concurrencer la culture vis-à-vis des ressources hydriques et nutritives disponibles dans le sol et de compromettre ainsi les rendements.



Couvert végétal roulé à partir d'un rouleau cranteur



Roulage d'un couvert végétal de seigle dans le Wisconsin aux Etats-Unis

La période de roulage

Le semis de la culture

Le roulage peut être effectué avant ou après le semis de la culture principale (**Tableau B**).

Un roulage avant le semis

La destruction du couvert avant d'implanter la culture est la solution la plus rencontrée et peut avoir lieu selon deux configurations différentes (**Figure 3**) :

(1) Destruction du couvert deux à trois semaines avant le semis de la culture principale

Le couvert commence à se décomposer afin de restituer de l'azote et le sol se réchauffe. Cette méthode laisse la possibilité de recourir à plusieurs roulages avant le semis si le premier n'a pas été suffisant. Toutefois, cette période peut aussi être propice à l'émergence d'adventices ou de repousses du couvert juste avant le semis. De plus, les résidus peuvent générer des difficultés lors du semis.

(2) Destruction du couvert le jour du semis de la culture principale

Le semis de la culture principale peut avoir lieu simultanément au roulage avec un rouleau cranteur fixé à l'avant du tracteur. Le fait d'avoir un unique passage permet de limiter à la fois les perturbations du sol, le temps de travail et la consommation de carburant.

La fixation du rouleau cranteur à l'avant du tracteur a d'autres intérêts puisque cela permet de limiter l'influence de la pression des pneus du tracteur. En effet, lorsque le rouleau est tracté le passage des roues exerce une première pression sur le couvert qui va limiter l'action du rouleau. Ce phénomène est particulièrement important en conditions très humides.

Un roulage après le semis

L'intérêt de détruire le couvert après le semis de la culture principale est de faciliter le passage du semoir et donc le contact sol-graine qui peut être limité en présence d'un mulch épais à la surface du sol. Cette stratégie peut entraîner cependant des difficultés pour le passage du semoir en raison de la hauteur importante du couvert, qualité recherchée en SDSC. Enfin, l'efficacité du roulage peut aussi être réduite puisque celui-ci aura lieu à la suite d'une première pression exercée sur le couvert par le tracteur et le passage du semoir.

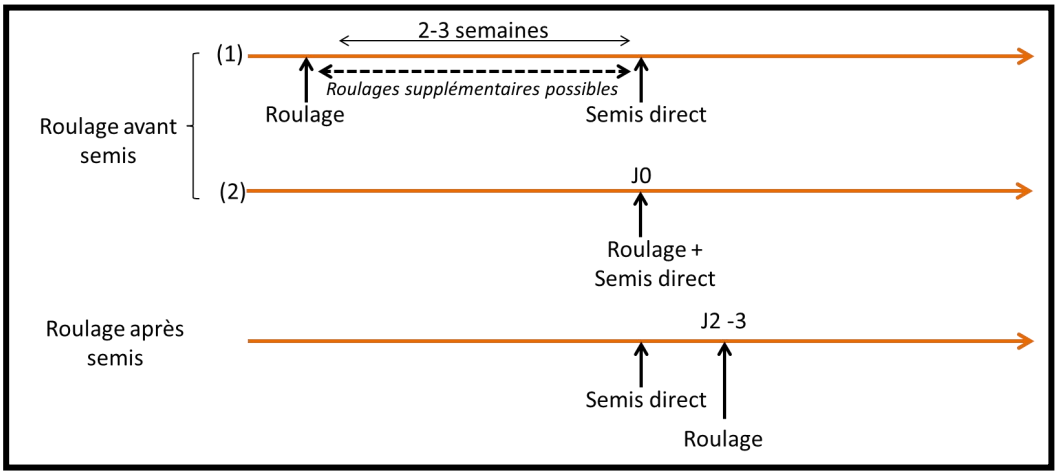


Figure 3 : Schéma des différentes périodes de semis et de roulage possibles

Tableau B : Les différentes stratégies de semis de la culture en SDSC

Période du roulage		Avantages	Limites
Avant le semis de la culture	**2 ou 3 semaines avant le semis**	- Apport d'azote - Réchauffement du sol - Roulages de rattrapage possibles	- Repousses du couvert - Risque d'émergence d'adventices - Difficultés de semis (bourrage) - Période de croissance du couvert réduite
	Le jour du semis	- Possibilité de semis simultané (économie en carburant, et en temps de travail) - Perturbation du sol réduite	- Apport d'azote réduit lors de la levée de la culture - Difficultés de semis (contact sol-graine)
Après le semis de la culture		- Réduction des risques de bourrage des résidus	- Difficultés de semis (hauteur du couvert)



IMPLANTER LA CULTURE PRINCIPALE

Les cultures de printemps telles que le soja et maïs sont celles qui ont été les plus expérimentées en Amérique du Nord. Quelques études canadiennes montrent aussi des résultats prometteurs avec du blé dur et du lin. Le semis de la culture fait appel à des compétences techniques au vu de l'importante biomasse végétale sur la surface du sol. La qualité de l'implantation peut être optimisée à partir de différents leviers qui sont à mobiliser en fonction du contexte.

La période de semis

La date de semis de la culture principale est à raisonner conjointement avec la date du roulage. Ainsi, le semis est souvent retardé par rapport à la fenêtre d'implantation traditionnelle d'une culture de printemps mais cette stratégie est indispensable pour éviter les repousses du couvert. De plus, en SDSC, ce retard est rattrapé car la culture émerge plus rapidement grâce à un sol plus réchauffé. Un semis plus tardif permet aussi de décaler légèrement le cycle de la culture vis-à-vis du pic d'activité des ravageurs (limaces notamment). Pour limiter un retard de semis trop important, notamment dans les régions du Nord avec des fenêtres d'implantation plus réduites, on peut jouer sur la maturité du couvert végétal en privilégiant des variétés ou des dates de semis précoces du couvert.

Le matériel

La mise en place du SD nécessite un semoir SD adapté à la présence d'une forte quantité de mulch sur le sol. Les principales difficultés qui peuvent être rencontrées sont les suivantes : (1) faible contact graine-sol, (2) mauvaise fermeture du sillon et (3) bourrage du mulch. Différents semoirs SD à disques peuvent être utilisés et sont à adapter selon le contexte pédoclimatique, la culture à implanter et le tracteur utilisé pour limiter ces problèmes (Monosem ®, John Deere ®, sky easy drill ® etc.).

La qualité des outils utilisés est déterminante pour la réussite du semis à une profondeur de 3 à 4 cm. En Amérique du Nord, différents ajustements sont réalisés sur les semoirs pour optimiser les résultats. Du poids est ajouté sur chaque élément semeur pour améliorer le contact graine -sol et la fermeture du sillon. Par ailleurs, des chasses débris disposés sur l'outil peuvent aider à éviter le bourrage des résidus et la présence de disques ouvreurs facilite le semis au travers du mulch. D'autres réglages peuvent également être réalisés au niveau des roues plombeuses par exemple ou encore par l'ajout d'éléments améliorant la gestion des résidus et le contact graine-sol (tasse-résidus, roues biseautées, petits rouleaux cranteurs fixés aux unités etc.). Tous ces éléments sont à ajuster en fonction du contexte et du type de couvert végétal.

Ainsi, le choix du semoir dépend également de la facilité à réaliser des réglages pour ajuster l'outil (inter-rangs, dispositions des roues plombeuses, etc.) en fonction des contraintes et des objectifs recherchés, particulièrement lors des premières années de mise en œuvre de la technique.



L. Vincent-Caboud

Semis direct de soja AB sous un couvert végétal roulé un jour avant


E. Silva (université Madison du Wisconsin)

Levée de soja AB sous un mulch épais de seigle roulé

Densité de semis, inter rangs

Afin de favoriser un recouvrement rapide du sol et améliorer la compétitivité de la culture, la densité de semis de la culture est souvent plus élevée que celle des recommandations régionales. En Amérique du Nord, des densités de plus de 50% supérieures aux densités moyennes habituelles ont permis d'optimiser les résultats. L'augmentation de la densité de semis est essentielle surtout lors des premières années de mise en pratique du SDSC pour compenser les pertes de levées liées aux difficultés à trouver le bon équilibre au niveau des réglages pour assurer le contact graine-sol. Il est également préférable de réduire l'inter rang pour couvrir rapidement le sol. Au Canada, les rendements de soja tendent à être améliorés avec des inter-rangs plus étroits (19, et 38 cm au lieu de 76 cm).



Semis direct de soja AB sous un couvert végétal roulé

Fertilisation et irrigation

La fertilisation au semis et l'irrigation peuvent sécuriser le système et limiter la variabilité des résultats générée par les aléas climatiques. La fertilisation localisée sur le rang de litières de volailles au moment du semis pourrait notamment favoriser une levée rapide de la culture mais cette solution nécessite un investissement supplémentaire.

Semis de la culture

Le semis de la culture doit avoir lieu parallèlement à la direction du roulage du couvert végétal afin d'éviter les risques de bourrage. La difficulté technique lors du semis est de se repérer en raison du mulch présent à la surface du sol. La réalisation d'essais pour développer les compétences et les connaissances nécessaires est préconisée avant d'expérimenter la technique sur de plus grandes surfaces. Lors du semis plusieurs critères sont particulièrement importants à maîtriser : (1) la profondeur de semis, (2) le contact graine-sol, et (3) la fermeture du sillon.



Semis direct simultané au roulage du couvert végétal

Cas d'étude

Effet de la date de roulage et d'implantation de la culture

(D'après Moyer, 2011)

Dates de roulage et de semis simultanés* testées :

30 mai; 7 juin; 14 juin ou 21 juin 2007

Culture :

Maïs hybrid 'Blue River 40M21; 76 cm d'inter rangs; 84 000 graines/ha

Semoir :

Monosem ®

Couvert végétal (semé fin août) **:**

vesce velue (20,8 kg/ha) + avoine (54 kg/ha); l'avoine sert de plante tutrice (détruite par l'hiver)

Destruction du couvert :

Roulage avec un rouleau cranteur de 3,04m de large et 41 cm de diamètre (900 ou 1520 kg)

Contexte pédoclimatique :

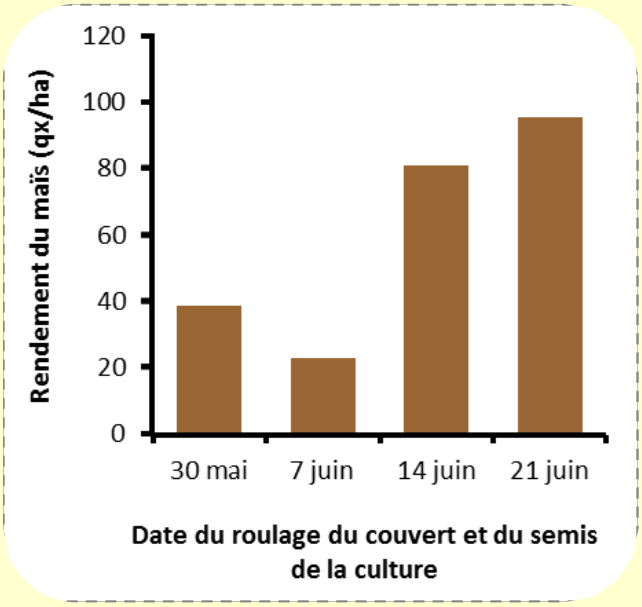


Sol : limoneux

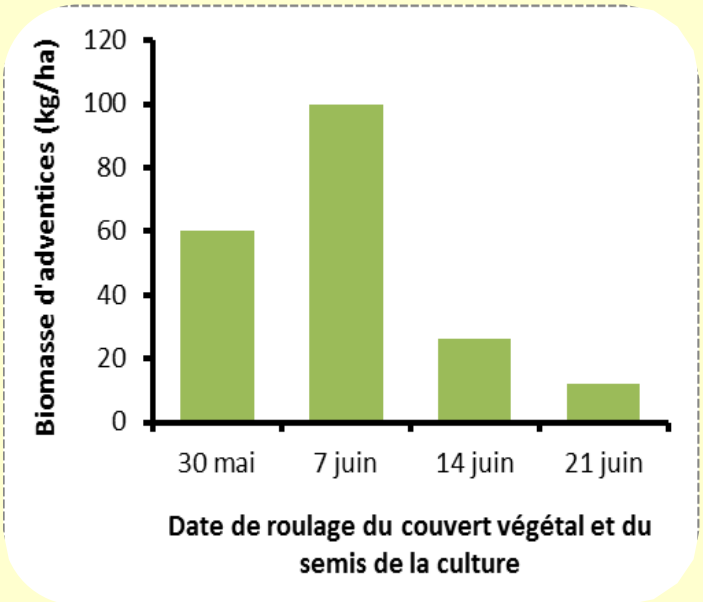
Climat : continental humide; plus de 1120 mm de précipitation annuelle et des températures moyennes de 0°C en hiver et de 22°C en été

Principaux résultats observés :

- La maîtrise des adventices est améliorée avec des roulages tardifs (+ de biomasse du couvert)
- Le rendement du maïs est plus élevé avec les dates tardives de semis (sol plus réchauffé + couvert mieux contrôlé + moins d'adventices)



Tests comparatifs de l'effet de plusieurs périodes de semis sur le rendement de maïs



Etude de la maîtrise des adventices selon la date de roulage et du semis en combiné de la culture

** le rouleau est fixé à l'avant du tracteur et le semoir à l'arrière (1 date = 1 roulage + 1 semis simultané en un seul passage)*
(Cf. photo p.12)



CONSTRUIRE UNE ROTATION INTEGRANT DU SDSC

La mise en pratique du SDSC en AB peut impliquer de revoir la rotation dans son ensemble afin de maîtriser les interactions entre la culture, la couverture végétale et les adventices. Ainsi, il est nécessaire de repenser tout le système de culture afin de rester en cohérence avec ses objectifs et les contraintes présentes sur l'exploitation.

Les principes de la construction

La construction de la rotation culturale et les techniques culturales privilégiées doivent rester cohérentes avec les principes recherchés par la mise en place de l'innovation: (1) limiter le travail du sol, (2) préserver la fertilité des sols, et (3) valoriser les couverts végétaux. Le couvert végétal constitue le facteur le plus important à considérer pour construire une rotation intégrant du SDSC. Pour cela, il est dans un premier temps conseillé de commencer la réflexion en identifiant les cultures principales des rotations culturales actuellement pratiquées et d'identifier les endroits de la rotation où pourraient s'insérer des couverts. Lors de cette étape, la succession culturale habituellement pratiquée peut être modifiée afin de faciliter l'intégration de couverts. Le choix d'une espèce bien adaptée et son positionnement dans la rotation culturale sont l'une des clés de la réussite du SDSC en AB.

Le choix des couverts

Plusieurs étapes sont requises pour le choix des couverts végétaux :

- Définir les objectifs recherchés par les couverts à intégrer dans la rotation en fonction des cultures à semer en SDSC (floraison précoce, maîtrise des adventices, facilité de destruction par roulage, apport d'azote pour la culture principale, etc.).
- Identifier ensuite une liste des espèces qui répondraient à ces critères et qui seraient les plus pertinentes dans le contexte de l'exploitation.
- Choisir les espèces qui pourraient correspondre au regard à la fois des dates de semis et de destruction du couvert et des dates de semis et de récolte de la culture principale. Une bonne implantation du couvert est indispensable pour optimiser son efficacité.

Pour en savoir plus sur les espèces disponibles : - Cadillon A. et al. (2012). Couvert végétal pendant l'interculture en AB: caractéristiques des espèces. ITAB. 73p. [Lien]

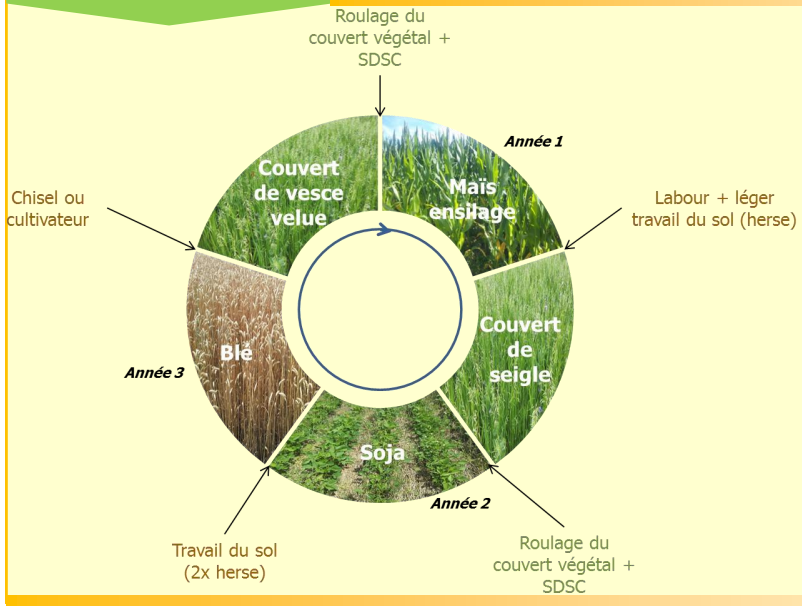
- Outil OSCAR Tool box [Lien]

Aux Etats-Unis, un travail du sol est généralement pratiqué avant le semis du couvert végétal pour assurer une bonne implantation et une répartition homogène au niveau de la surface du sol.

Par ailleurs, si la récolte de la culture précédente est tardive et décale trop le semis du couvert, celui-ci risque de ne pas avoir le temps de produire suffisamment de biomasse végétale. Enfin, de bonnes conditions de récolte de la culture précédente sont indispensables pour éviter la compaction du sol en amont de la mise en place du SDSC.

Cas d'étude

Rotation culturale proposée en Amérique du Nord (Pennsylvanie)
(D'après Moyer, 2011)



Remarques :

1 - Dans cette rotation culturale, le roulage du couvert et le semis de la culture sont simultanés.

2 - Après le blé d'hiver de la troisième année, le semis d'un seigle peut être pertinent pour produire des semences de ferme lors d'une 4ème année et ainsi réduire les coûts liés aux semences AB.



A RETENIR : les facteurs clés de réussite

- **Favoriser le développement du couvert végétal pour gérer la flore adventice**

La performance du couvert est déterminante sur la maîtrise des adventices jusqu'à la récolte de la culture. Différents leviers sont mobilisables pour favoriser le recouvrement du sol et la production de biomasse : espèces, variétés, densité de semis, fertilisation, irrigation etc.

- **Détruire le couvert végétal par roulage en fonction du stade de maturité**

Il est indispensable d'attendre au moins 50% de la floraison des graminées et le début de la formation des gousses dans le cas de légumineuses pour maîtriser efficacement le couvert et éviter les repousses.

- **Optimiser le semis de la culture principale**

Le semis de la culture peut être problématique en cas d'une forte quantité de résidus sur le sol. Plusieurs leviers existent pour optimiser le contact graine-sol : date de semis, inter rangs, variétés, densité de semis etc.

- **Choisir un matériel performant**

Pour la destruction du couvert ou le semis de la culture, un équipement performant est nécessaire pour gérer l'importante biomasse recherchée en SDSC (rouleaux cranteurs, semoirs SD). Hormis les questions de conception même de ces outils, l'ajout de poids reste un levier essentiel pour optimiser leur performance.

- **Repenser la rotation culturale**

Les rotations culturales pratiquées doivent être repensées pour construire des systèmes de culture viables en cohérence à la fois avec les objectifs de rendement et les contraintes du milieu.

POUR ALLER PLUS LOIN

- Le semis direct continu à l'échelle de la rotation culturale en AB est également envisagé par certains chercheurs américains. Ces rotations reposent sur la combinaison d'une diversité de techniques alliant des associations culturales, du semis sous couvert végétal vivant, du semis sous couvert roulé, l'utilisation de couverts végétaux spécifiques et l'alternance de deux cultures d'hiver suivies de deux cultures de printemps. Cette stratégie vise ainsi à gérer les adventices et les bio-agresseurs en favorisant la biodiversité et la vie biologique.

- Au sud du Brésil, des chercheurs expérimentent l'application d'un choc électrique sur les adventices juste avant le semis direct du soja en AB. Cette technique contribuerait à limiter les adventices et rendre le SDSC viable en AB.

- D'autres cultures principales commencent à être testées en SDSC en AB telles que le lin, le sarrasin, l'avoine et le pois. Le lin a notamment permis d'obtenir de bons résultats au Canada.

QUELQUES REFERENCES

MISCHLER Ruth, DUIKER Sjoerd W., CURRAN William S., WILSON David. Hairy Vetch Management for no-till organic corn production. Agronomy Journal, [en ligne]. 2010, Vol. 102, n° 1, pp. pp. 355-362. Disponible sur : 10.2134/agronj2009.0183.

MOYER Jeff. Organic no-till farming. Advancing no-till agriculture. Crops, soil, equipment. . Acres U.S.A, Austin, Texas : Copyright, 2011, 204 p. . ISBN 978-1-60173-017-6.

RYAN Matthew R. Energy usage, greenhouse gases, and multi-tactical weed management in organic rotational no-till cropping systems. [en ligne]. S.l. : The Pennsylvania State University, 2010. Disponible sur : https://etda.libraries.psu.edu/paper/11087/6783.

SILVA Erin Marie. Screening Five Fall-Sown Cover Crops for Use in Organic No-Till Crop Production in the Upper Midwest.Agroecology and Sustainable Food Systems, [en ligne]. 2014, Vol. 38, n° 7, pp. 748-763. Disponible sur : 10.1080/21683565.2014.901275. ISSN 2168-3565.

