

Conservation des sols en horticulture

Rq : Horticulture au sens large mais mes propos porteront surtout sur le maraîchage.

Alors que toute l'histoire de l'agriculture consiste, concrètement et symboliquement, à travailler la terre, la réduction du travail du sol est aujourd'hui présentée par certains acteurs comme un levier intéressant pour améliorer les performances des systèmes agricoles. Cette réduction, voire suppression du travail du sol, est emblématique des systèmes dits en « agriculture de conservation ».

Mais pourquoi cette volonté de vouloir conserver les sols ?

Pendant longtemps, le sol était considéré comme un **support de culture** avec des propriétés physiques et chimiques qu'il fallait maintenir et renouveler très régulièrement.

En face de chaque problème, une solution, idéalement unique, était appliquée :

Sol compact => travail du sol
Manque d'éléments fertilisants => fertilisation
Problème de structure => apport d'amendements
Etc.

On raisonnait souvent le sol comme on le fait en hors-sol !

L'horticulteur, maintenant, commence à reconsidérer son point de vue.

Le sol n'est pas qu'un support de culture mais aussi un **milieu vivant** point central des systèmes de culture.

Cet objectif n'est pas le seul qui plaide pour une conservation des sols.

Nous allons voir cela plus détail.

Tout d'abord, qu'entend-on par conservation des sols ?

Cette dénomination générale cache en fait une grande diversité de pratiques. Quelles sont-elles ?

Quelles conséquences réelles ont ces pratiques sur les performances économiques, sociales et environnementales ?

I. Qu'est ce que une agriculture de conservation ?

Les systèmes de culture en agriculture de conservation (des sols) se développent dans le monde depuis plusieurs décennies, et gagnent du terrain aussi en France.

L'agriculture de conservation a été officiellement définie par la FAO en 2001, comme reposant sur trois grands principes :

- absence de labour (ou du moins une forte réduction),
- couverture permanente des sols,
- successions culturales diversifiées.

En théorie, ces trois principes doivent être appliqués simultanément.

L'objectif est d'obtenir idéalement « un agroécosystème dans lequel les régulations écologiques permettent de diminuer l'artificialisation du milieu (intrants, travail du sol) » (Christian Huyghe, directeur scientifique Agriculture de l'Inra, 2017).

Dans cette logique, l'agriculture de conservation se rattache naturellement à la notion d'agro-écologie, où il est question d'utiliser intensivement les processus biologiques et écologiques des écosystèmes, plutôt que les intrants.

II. Le tripode de l'agriculture de conservation

Comme nous venons de voir, l'agriculture de conservation est basée sur **trois grands principes, qui doivent être appliqués simultanément** :

➤ **La réduction voire la suppression du travail du sol**

Avant de continuer, il est important d'avoir en tête les objectifs du labour afin de pouvoir y suppléer :

- enfouissement et mélange de la matière organique provenant des résidus de la culture précédente,
- enfouissement et mélange des matières fertilisantes et amendement,
- aération et restructuration du sol, facilitant la création d'un lit de semences favorable et permettant le bon enracinement des cultures et la circulation de l'eau et de l'air,
- gestion des adventices (enfouissement des graines et des plantes) et gestion des maladies cryptogamiques.

La dynamique des matières organiques

Le travail du sol conditionne la dynamique des matières organiques. Des essais menés sur le site de l'ITCF et l'Inra pendant près de trente ans ont montré que les systèmes sans labour (travail superficiel et semis direct) favorisent une plus forte accumulation de matière organique dans la couche superficielle du sol (+14% et +13% du stock initial respectivement) que les systèmes avec labour (+7%).

Des mesures à l'aide de Carbone13 ont également mis en évidence sur ces essais que la décomposition de la matière organique est environ deux fois plus lente en semis direct qu'en système avec labour.

Les problèmes de tassement du sol

Suivant les climats et les types de sol, la suppression du travail du sol peut s'accompagner d'une dégradation physique des sols. Le problème se posera différemment selon la région climatique et selon les rotations culturales : récoltes sont tardives avec des pluies risquent de rendre le sol plus sensible au tassement.

Les facteurs de décompactage du sol

Des travaux de recherche s'intéressent également aux capacités de régénération du sol. L'influence du climat sur ce processus a été étudiée à l'Inra depuis les années 90 : lorsque le sol sèche, il y a des phénomènes de retrait-gonflement des argiles qui recréent des fissurations, donc une porosité bénéfique à la structure du sol. Il n'est d'ailleurs pas conseillé de supprimer définitivement le labour dans les sols dont la teneur en argiles est inférieure à 15%, cas de la majorité des sols cultivés en France. D'autres travaux ont étudié le décompactage du sol par l'action des racines de plantes de couverture.

Plus récemment, des chercheurs de plusieurs équipes Inra ont analysé le décompactage du sol par la macrofaune du sol, notamment par les vers de terre. Novatrice à la fois par la méthodologie employée (la tomographie aux rayons X, qui permet de visualiser les réseaux de galeries creusés par les lombriciens), et par ses résultats, cette étude a montré que deux ans sont nécessaires à ces derniers pour redonner à un sol compacté sa porosité initiale.

Semoir adapté au semis direct.

Théoriquement, donc, l'« idéal » recherché est la suppression du travail du sol, mais un travail du sol simplifié ou réduit est souvent pratiqué par les agriculteurs, en particulier lors des phases de transition. Le labour systématique peut alors être remplacé par différentes pratiques :

- labour occasionnel (impose sur certaines parcelles ou avant certaines cultures pour positionner les labours avant les cultures qui sont les plus exigeantes vis-à-vis de la porosité du sol ou de la finesse du lit de semence) ;
- pseudo-labour (labour remplacé par un travail profond, mais sans retourner le sol : décompactage ou sous-solage) ;
- travail du sol superficiel avec des outils à disques ou à dents (déchaumage ou *strip-till* par exemple) ;
- semis direct ou semis direct sous couvert végétal en l'absence de tout travail du sol (le sol n'est perturbé que sur la ligne de semis).

Ces différentes pratiques peuvent se succéder dans le temps, dans une trajectoire allant vers la suppression totale du travail du sol, ou bien coexister au sein d'une même exploitation en fonction des parcelles et des cultures.

➤ **La couverture du sol**

Les sols sont couverts en permanence :

- soit par des résidus de cultures précédentes (*mulch*), qui ne sont pas prélevés mais restitués,
- soit par des plantes de couverture implantées en interculture, dans le but de protéger la surface des sols, de maintenir l'humidité, de concurrencer les adventices, etc.

Ces couverts sont rarement des plantes commerciales mais ils peuvent néanmoins jouer un rôle important dans le fonctionnement du système (recyclage de l'eau et de l'azote, amélioration de la structure du sol, production de biomasse, etc.)

➤ **La diversification et l'allongement des rotations culturales**

La suppression du travail du sol rend indispensable l'allongement des rotations afin de maîtriser les adventices qui ne sont alors plus détruites par le labour (pas d'enfouissement).

Le contrôle des adventices est un des points critiques.

En agriculture, les systèmes en non labour, ce que l'on appelle les systèmes en techniques culturales simplifiées (TCS), sont fortement consommateurs d'herbicides. Ce qui n'est pas vraiment l'objectif recherché en conservation des sols !

Des expérimentations menées par l'Inra de Dijon depuis 2000 montrent que l'application des principes de protection intégrée aux systèmes TCS peut aussi réduire de près de moitié l'IFT herbicides. Cependant, les performances économiques peuvent être affectées, du fait de l'allongement et de la diversification des rotations, des travaux du sol superficiels répétés pour bénéficier de l'effet « faux-semis » et du choix de variétés plus adaptées à la lutte contre les adventices mais peut-être moins productives.

« Les systèmes en semis direct sous couvert peuvent pallier certains inconvénients des TCS : l'absence de travail du sol peut augmenter le taux de prédation des graines par des organismes granivores, et réduire la germination des semences ; le couvert végétal peut concurrencer la croissance des adventices qui auraient pu germer. »

L'alternance entre cultures d'hiver et de printemps permet de casser les cycles des adventices et de mieux maîtriser leur développement, et **la diversification et l'allongement des rotations permet de moins spécialiser les flores adventices.**

Ces trois principes ont pour principal objectif revendiqué de réduire la dégradation des sols et d'améliorer leur fertilité en préservant la matière organique, la faune et la flore des sols.

L'intérêt de ce triptyque est bien documenté et semble faire consensus au sein de la communauté scientifique.

Si le levier « suppression du travail du sol » est le plus emblématique de ces systèmes, il est important de rappeler que ces trois leviers doivent être appliqués simultanément, sans quoi les performances peuvent être nettement dégradées.

La notion de « système » est ici cruciale : il ne s'agit pas seulement d'une somme de pratiques mais d'interactions dynamiques entre les composantes du système, qui réclament de nouveaux savoir-faire et compétences de la part de l'agriculteur par rapport au système conventionnel. Ainsi, ce n'est pas tant le levier « travail du sol », pris isolément, qui permet l'amélioration de certaines performances, mais bien la combinaison des trois leviers : travail du sol, couverture et rotation.

(Christian Huyghe, directeur scientifique Agriculture de l'Inra, 2017).

III. Performances des systèmes de culture relevant de l'agriculture de conservation

Les principales performances qui font consensus sont les suivantes :

- **le temps de travail est en général réduit** du fait de la suppression des opérations de travail du sol. Les pointes de travail liées à la préparation des semis sont en général allégées.
Par contre, dans un contexte de petite agriculture familiale, les difficultés d'adoption de l'agriculture de conservation peuvent entraîner un surplus de travail pour gérer les couverts végétaux ou pour désherber manuellement en cas de non utilisation d'herbicides.
- **la suppression du labour réduit la consommation d'énergie fossile**,
- **les systèmes en agriculture de conservation améliorent la vie biologique et la biodiversité du sol**, qu'il s'agisse de la macrofaune (gastéropodes, micro-mammifères, carabes, araignées, nématodes, lombrics, etc.) ou de la microfaune du sol (davantage de biomasse microbienne).
- **ces systèmes diminuent en moyenne l'érosion**. Ceci est permis par une infiltration accrue de l'eau et par une meilleure structuration du sol (porosité plus importante à long terme), à condition que la quantité de résidus de cultures à la surface soit suffisante et que la rotation inclue des cultures à système racinaire développé (luzerne, ray-grass par exemple). Les risques de battance sont ainsi réduits.
- les systèmes en agriculture de conservation favorisent un **accroissement du taux de matière organique du sol**, surtout en surface, et un **stockage de carbone dans le sol**.
- **l'évaporation du sol est enfin réduite** de 10 à 50 % en fonction de la quantité de résidus de cultures, ce qui, dans la perspective du changement climatique, peut être intéressant pour améliorer la disponibilité en eau pour les cultures.

Les systèmes en agriculture de conservation permettent donc d'améliorer conjointement un certain nombre de performances économiques et environnementales.

Il existe toutefois d'autres performances pour lesquelles les résultats sont davantage variables voire controversés :

- **les rendements peuvent être améliorés ou dégradés suivant la culture et le contexte**. Des connaissances souvent insuffisantes des processus écologiques complexes peuvent aussi expliquer certains accidents agronomiques.
- **les charges de mécanisation** peuvent être diminuées du fait d'une moindre usure du matériel en l'absence de labour, mais les systèmes en agriculture de conservation peuvent nécessiter des investissements dans du matériel spécifique (semoir à semis direct, semoir mono-graine, etc.).
- **au niveau des émissions de gaz à effet de serre (GES), le bilan est plutôt positif pour le carbone (stockage dans le sol, au moins dans l'horizon superficiel), mais possiblement négatif pour le protoxyde d'azote (N₂O)** en raison de processus de dénitrification accentués, en particulier en cas d'apports de fertilisants organiques.
- en général, on observe **une tendance à l'accroissement du taux de minéralisation de la matière organique du sol et à une plus grande disponibilité en azote pour les cultures**, du fait de conditions de température et d'humidité plus favorables à la décomposition de la matière organique et des résidus de cultures.

Ceci peut avoir des conséquences contrastées : soit permettre une moindre fertilisation azotée sur la culture suivante (d'où une amélioration du bilan azoté), soit engendrer des pertes d'azote par lessivage (d'où une dégradation des performances environnementales) lorsque la minéralisation de l'azote et les besoins azotés de la culture suivante ne coïncident pas. Cela dépend du type de résidus de cultures (légumineuses ou pas), de leur ratio C/N, des conditions climatiques, du cycle des cultures, etc. De nombreuses études montrent que, lorsque les couverts sont bien gérés en interculture, les systèmes en agriculture de conservation permettent de diminuer les pertes d'éléments minéraux (N, P, K). Les incertitudes restent toutefois nombreuses sur l'impact de ces systèmes sur le transfert du phosphore ou des pesticides vers les eaux.

- concernant l'évaluation de l'usage des pesticides (en particulier herbicides), les controverses sont nombreuses. **Les systèmes de culture sans labour connaissent en général des infestations d'adventices supérieures aux systèmes conventionnels. Les performances des systèmes en agriculture de conservation, concernant l'utilisation des pesticides, sont donc à considérer au cas par cas.**
- **enfin, en ce qui concerne les besoins en eau**, l'agriculture de conservation peut être soit favorable en raison de la moindre évaporation du sol (préservation de la ressource), soit défavorable lorsque le couvert végétal présent en interculture entre en compétition avec la culture suivante.

IV. Application au maraîchage

En maraîchage, la structure du sol doit être particulièrement soignée du fait de sa sollicitation intensive générée par des rapides successions de cultures entraînant le passage répété d'engins dans des conditions de ressuyage et de portance parfois inadaptées.

Et comme nous venons de le voir, ces techniques peuvent contribuer à préserver le potentiel agronomique des sols et à réduire leur impact sur l'environnement : réduction de l'érosion, augmentation de la vie biologique du sol, de sa portance et de sa stabilité structurale.

En maraîchage, dans ce contexte, les techniques des couverts végétaux sont les plus utilisées.

Couverts végétaux

Ces systèmes reposent donc sur l'utilisation de couverts végétaux adaptés :

- au créneau cultural et à la rotation,
- à une production de biomasse suffisante pour assurer une couverture de surface importante par les résidus,
- à un mode de destruction adéquat et à l'utilisation d'outils qui permettent d'implanter les cultures dans un sol relativement massif couvert de résidus.

Ces dernières années, les méthodes d'implantation de cultures dans un couvert végétal ont fait l'objet d'un intérêt croissant. Elles ont surtout été étudiées pour les grandes cultures mais quelques expériences sont conduites en maraîchage (CIRAD, GRAB, réseau « maraîchage sur sols vivants »...).

Ces techniques consistent en général à planter directement les cultures dans une couverture végétale détruite mécaniquement ou par occultation au préalable.

La plantation se fait soit directement sans travail du sol, soit après passage d'un outil travaillant uniquement la ligne de plantation.

Les principaux freins à la généralisation de ces techniques sont :

- la production d'une biomasse végétale suffisante pour assurer la couverture du sol et empêcher la levée des adventices
- les risques de repousses de cette couverture dans la culture
- la possible immobilisation de l'azote par le mulch végétal ou le couvert vivant avec faim d'azote de la culture
- la dégradation éventuelle du lit d'implantation de la culture par rapport à des techniques de préparation mécanique classique.
- un moindre réchauffement du sol par la présence d'une couverture végétale jouant le rôle d'isolant
- augmentation possible des risques de ravageurs et maladies liés à ce couvert, par exemple le Rhizoctonia.

Ces contraintes sont encore plus fortes en maraîchage qu'en grandes cultures car la compétitivité des espèces cultivées est faible vis à vis des adventices et la demande en nutriments particulièrement élevée.

Quelle couverture planter ?

Il est possible de faire pousser des engrais verts et plantes de couvertures dans tous les créneaux de l'année suivant les cultures commerciales souhaitées.

Ces engrais verts peuvent être de l'avoine, de l'orge, du seigle, du pois fourrager, de la vesce au printemps... Le sarrasin qui se développe vite (30 jours peuvent suffire en été) et produit une bonne biomasse, le millet peuvent également être utilisés en conditions plus chaudes.

Les associations de graminées et légumineuses peuvent être particulièrement intéressantes car ces mélanges permettent un bon contrôle des adventives, une production de biomasse importante tout en limitant les risques de faim d'azote associés à l'utilisation de graminées pures.

L'engrais vert est détruit mécaniquement par fauchage ou roulage et forme un mulch à travers duquel seront plantés les légumes. La destruction par roulage donne un mulch plus persistant et plus compétitif. Tomates, poivrons, choux ou encore courges sont bien adaptés tandis que les salades, épinards et carottes auront plus de difficultés (petites graines).

Quelques outils spécifiques pour détruire le couvert végétal

Quelques outils spécifiques commencent à voir le jour :

- **le rouleau type « faca »** pour détruire un couvert en le laissant en surface,
- ou encore l'utilisation d'une **bâche (« glyphobâche »)** pour détruire un couvert et limiter la levée des adventices avant plantation...

Comment planter dans la couverture ?

Même si la clé du succès est de faire pousser un très bon couvert, le plus grand défi de tout le système est d'assurer la plantation dans ce mulch végétal et de disposer d'outils adaptés.

Quelques matériels sont déjà développés, de façon plus ou moins artisanale :

- « **sub-surface tiller transplanter** » qui permet de couper les résidus grâce à un double-disque puis de creuser et ameublir le sol avec une dent afin de planter dans les meilleures conditions. Il y a la possibilité d'ajouter un tuyau pour déposer des engrais en complément. Cet outil s'apparente à un « strip-till ». Exemple : seigle + vesce velue duquel il obtient environ 4 à 5 tonnes de matière sèche par hectare, ce qui donne une épaisseur de résidus de 2,5 cm environ. Si l'épaisseur est trop faible, ou si le couvert se décompose trop rapidement, les mauvaises herbes lèvent dès le début de la culture.
- Le système « **strip tillage** » consiste à travailler une bande de 30 cm de large environ pour éliminer les adventices, ameublir le sol et préparer le lit de semences ou plantation. Ces bandes travaillées sont donc en alternance avec des bandes plus larges qui sont moins ou pas travaillées et où le mulch de surface est maintenu. Ce système est donc un système intermédiaire entre travail et non travail du sol, et donne des résultats mitigés : la perturbation du sol est minimisée, la ligne de plantation se réchauffe plus vite qu'avec une couverture végétale totale mais le contrôle des adventices est souvent trop faible et la consommation d'énergie reste élevée. L'utilisation du strip-till serait également plus délicate en sol argileux avec un risque de prise en masse. Pour éviter d'éventuels 'bourrages' il est mieux de passer l'outil en conditions sèches et on peut ajouter un chasse-débris en cas de mulch trop épais. L'avantage est que les matériels de type « strip-till » sont actuellement disponibles pour la plupart des légumes (semis ou plantation), même s'ils sont encore peu répandus

les « strip-till » (photo) ou « trans-till » qui permettent de ne travailler que les lignes de plantation,

D'autres expériences montrent l'abandon total du travail du sol avec la seule utilisation de matériaux de couverture de type paille, compost, BRF, foin ou mulch frais d'engrais verts (récoltés dans des prairies par exemple).

Ces systèmes sont plus adaptés à des petites structures d'exploitations et exigent de disposer de ressources en matières organiques.

D'autres techniques consistent à implanter les cultures dans un couvert végétal qui n'est pas détruit au préalable, ou à semer le couvert après implantation de la culture de façon à moins risquer de la concurrencer pour la lumière, l'eau, les nutriments... La station SECL en Bretagne a par exemple obtenu des résultats intéressants avec des semis sous culture de choux en 2013.

Les systèmes innovants permettent tous de limiter les risques d'enherbement des cultures en limitant les opérations de désherbage mécanique ou manuel, ou en éliminant le besoin de recours aux paillages plastiques dont le coût n'est pas négligeable en maraîchage et le recyclage malaisé. Les techniques sont séduisantes car elles permettent une perturbation

minimum du sol et une autonomie accrue vis à vis des intrants (fertilisants, paillages plastiques...). Elles doivent cependant encore être évaluées et les itinéraires techniques précisés. Des expérimentations sont en cours sur ce thème au GRAB.

Conclusion :

L'agriculture de conservation impliquerait donc une conception différente de la manière de produire. A ce titre, on peut aussi la considérer comme un phénomène sociologique, porteur de valeurs et drainant des mouvements militants. L'absence de labour en est la composante la plus emblématique, sous-tendue pour certains agriculteurs par un rejet de la rationalité technique et le désir de retrouver un lien avec la nature.

Les agriculteurs engagés dans une démarche d'agriculture de conservation évoquent le respect du fonctionnement naturel du sol et plus généralement le respect de la « nature » et une moindre artificialisation du milieu. Motivée à l'origine par le besoin de protection des sols contre l'érosion, l'agriculture de conservation se définit de plus en plus par un abandon du labour, à l'instar de l'agriculture biologique qui s'interdit l'usage des engrais et phytosanitaires de synthèse. Des passerelles commencent d'ailleurs à se créer entre ces deux communautés de pratiques : les tenants de l'agriculture de conservation cherchent à s'inspirer des systèmes pratiqués en agriculture biologique pour diminuer leurs intrants (herbicides surtout) et réciproquement, certains agriculteurs pratiquant l'agriculture biologique s'intéressent à la réduction du travail du sol et au semis sous couvert dans une logique de préservation de leurs sols.