



# Gestion du sol et machinisme

Décider d'une stratégie, choisir les outils

- ▣ Les impacts
- ▣ Les nouveaux enjeux

Jean-Paul Daouze ■ Jean Roger-Estrade

# Sommaire

<b>PARTIE I – IMPORTANCE DU TRAVAIL DU SOL DANS LES SYSTÈMES DE CULTURE</b> .....	1
<b>Introduction</b> .....	3
<b>1 Implantation des cultures</b> .....	5
Généralités .....	5
Création d'une structure favorable au fonctionnement des racines .....	7
<b>2 Systèmes de travail du sol et lutte contre les adventices</b> .....	11
<b>3 Effets des systèmes de travail du sol</b> .....	17
Sur la biomasse du sol .....	17
Sur les risques de tassement du sol .....	19
Sur l'érosion .....	20
Sur les risques de transfert de pesticides .....	21
<b>4 Méthode d'observation de la structure du profil cultural</b> .....	23
<b>5 Conclusion: choix d'un système de travail du sol</b> .....	25
<b>6 Choisir la bonne période d'intervention</b> .....	27
En conditions trop humides .....	27
En conditions trop sèches .....	28
Conditions d'humidité optimales .....	28
<b>7 Diversité des types d'outils et des opérations de travail du sol</b> .....	29
Le labour .....	31
Le pseudo-labour .....	31
Le décompactage .....	31
Le sous-solage .....	32
La reprise de labour .....	32
Les opérations de déchaumage .....	32
La préparation des lits de semences ou de plantation .....	33
Le buttage .....	33
Le billonnage .....	34
Le désherbage mécanique .....	34
<b>PARTIE II – CLASSEMENT ET DESCRIPTION PAR TYPE DE MACHINE</b> .....	37
<b>Introduction</b> .....	39
<b>8 Outils à dents</b> .....	41
La sous-soleuse .....	42

Le décompacteur (ou ameublisseur ou restructurateur).....	44
Le <i>strip-till</i> .....	49
Les matériels de pseudo-labour .....	53
Les chisels .....	58
Les outils à dents avec ailettes ou à socs pattes-d’oie, avec ou sans disques de nivellement .....	61
Les outils à dents sans ailettes et avec disques de nivellement.....	65
Les cultivateurs.....	66
Les vibroculteurs.....	67
Les herse déchaumeuses, herse à prairie, herse étrilles.....	69
Les houes rotatives ou écroûteuses.....	70
Les herse plates.....	71
Les bineuses .....	72
<b>9 Outils à versoirs</b> .....	75
Les charrues conventionnelles .....	75
Les déchaumeuses à versoirs.....	82
<b>10 Les outils à disques</b> .....	85
Les charrues à disques .....	85
Les pulvérisateurs .....	85
Les matériels à disques indépendants.....	87
<b>11 Les outils animés et la prise de force</b> .....	93
Les machines à bêcher .....	93
Les cultivateurs rotatifs.....	93
Les matériels de déchaumage auto-animés .....	97
Les herse rotatives .....	98
<b>12 Matériels entrant dans le processus de travail du sol sans être spécifiques</b> ...	101
Les semoirs avec mise en terre pour semis sur labour ou travail du sol intensif.....	101
Les semoirs avec mise en terre pour semis sans labour et sans travail du sol intensif .	103
Les accessoires sur les semoirs .....	106
Les rouleaux .....	106
<b>13 Liaisons au sol</b> .....	111
<b>14 Cas particulier du guidage par GPS</b> .....	113
<b>Annexes</b> .....	115
Liste non exhaustive de marques de matériels de travail du sol.....	115
Tableau des principales caractéristiques et des affectations des matériels aratoires ...	116
<b>Listes des figures, tableaux et photos</b> .....	123
<b>Index</b> .....	129

# Introduction

Si l'on excepte les interventions en cours de culture, on travaille le sol pour préparer la parcelle afin d'y mettre en place, dans les meilleures conditions, une (ou plusieurs, en cas d'association) culture(s). Il faut pour cela satisfaire un grand nombre d'exigences: permettre la germination/levée, la croissance des racines, empêcher les adventices de lever ou bien les détruire si elles ont levé, enfouir les résidus et les engrais peu mobiles dans le sol, enfouir la matière organique apportée... Il faut le faire également en limitant les effets négatifs (battance, érosion, assèchement, tassement, etc.). Il faut le faire enfin en tenant compte des autres techniques (amendements, désherbage, présence de cultures intermédiaires, cultures associées, etc.).

Devant un tel cahier des charges, on comprend qu'il puisse y avoir une multitude de manières de préparer le sol, un très grand nombre d'outils disponibles et de façons d'en combiner l'usage.

Le travail du sol tient une place à part dans les systèmes de culture. Comparé aux autres actions de l'agriculteur, son impact sur les caractéristiques des sols cultivés est en effet bien plus global. Cet impact passe en premier lieu par la modification de la structure du sol: les actions mécaniques exercées par les outils (fragmentation et déplacement) et les tracteurs (tassement) modifient rapidement à l'échelle d'un passage d'outil, et parfois très fortement, la structure du sol. Or celle-ci affecte un grand nombre de processus qui se déroulent dans le sol (circulation de l'eau et de l'air, intensité et nature des réactions biogéochimiques, activité de la macrofaune et de la microflore du sol, développement des adventices...). Ainsi les caractéristiques organiques, chimiques, biologiques, hydriques des couches superficielles du sol sont affectées par cette modification de la structure.

À ces impacts indirects, via la structure du sol, s'ajoutent les impacts directs du travail du sol sur ces mêmes composantes de l'état des parcelles. En effet, le type de travail du sol, avec ou sans retournement, agit directement sur la répartition verticale du stock de graines d'adventices, celle des éléments minéraux peu mobiles dans le sol ou de la matière organique. De même, le passage des outils de travail du sol détruit les adventices levées et affecte directement les populations ou la composition spécifique des communautés d'organismes constituant la macrofaune par exemple.

Si, par le passé, le travail du sol (avec l'apport de matière organique) a représenté le principal moyen d'action sur les états du milieu cultivé, d'autres techniques permettent maintenant d'agir sur ses caractéristiques: la fertilisation minérale sur la composante chimique, le désherbage sur les populations d'adventices... Dans les systèmes de culture où l'on vise l'atteinte d'un rendement aussi proche que possible du maximum permis par la photosynthèse, le développement de l'usage des intrants de synthèse a, peu à peu, cantonné le rôle du travail du sol à un moyen de corriger les états structuraux jugés défavorables, pour optimiser l'efficacité d'utilisation des intrants (eau, éléments minéraux) et les conditions de germination levée des cultures. Dans les systèmes de culture



en agriculture biologique ou dans les zones où l'érosion représente un réel problème, en revanche, le rôle du travail du sol reste crucial pour faire face aux problèmes posés par le contrôle des adventices et des maladies ou la maîtrise du ruissellement.

Enfin, le travail du sol pèse lourd dans les performances économiques des exploitations : les opérations, surtout celles de travail profond, sont coûteuses en énergie fossile et en charges de mécanisation. Par ailleurs, le travail du sol impacte considérablement, à certaines périodes, l'organisation du travail.

Ainsi, les choix en matière de préparation des sols sont, dans une exploitation agricole, déterminants sur les plans économique, agronomique et environnemental. Il n'est donc pas étonnant que le travail du sol se trouve au cœur des débats concernant la manière de faire évoluer les systèmes de culture pour faire face au nouveau contexte auquel l'agriculture est confrontée (baisse des charges, réduction des impacts environnementaux, diminution de l'utilisation des carburants fossiles, etc.).

Pour instruire au mieux ces débats, il importe donc de bien comprendre les effets du travail du sol sur le fonctionnement des cultures, les états du milieu cultivé et l'environnement.

# Implantation des cultures

## Généralités

Pour réussir la levée d'une population de semences ou d'organes reproducteurs (plants, tubercules, rhizomes, etc.), il faut mettre en place un lit de semences (ou de plantation) dans la partie superficielle du sol : 0,5 à 5 cm pour ce qui est des semences et 10 à 15 cm pour les plants et tubercules. Cette réalisation s'opère en plein sur la parcelle ou bien uniquement sur la ligne de semis, sur une largeur variable en fonction des matériels utilisés (techniques dites de *strip-till* où l'on travaille une bande de terre ou semis direct, le seul travail du sol étant celui des équipements du semoir).



**Figure 1.1: Levée d'une culture**

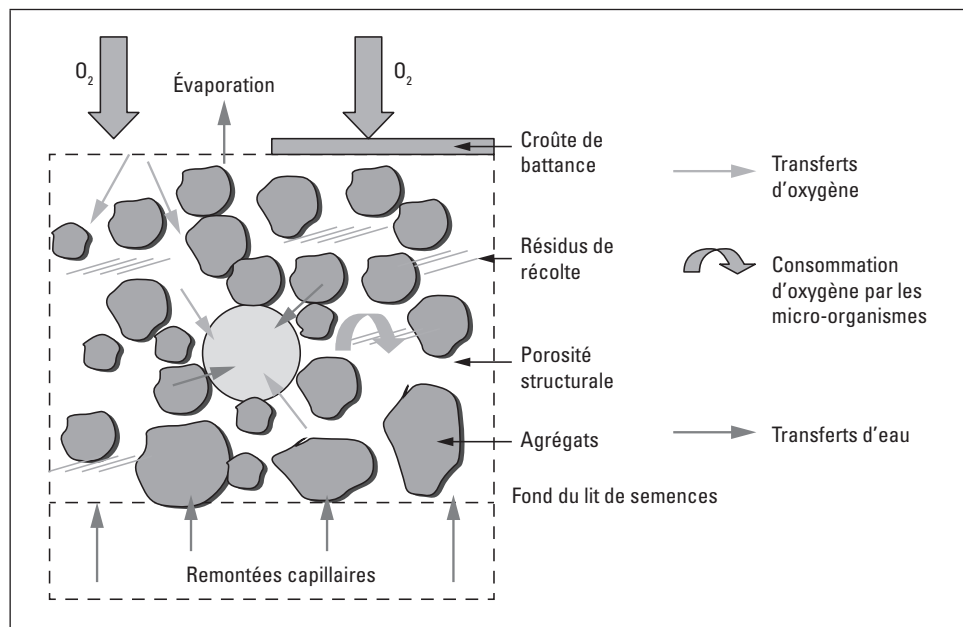
Le lit de semences, trop grossier, a gêné la levée de cette culture de maïs qui s'est faite en deux temps.

Source : J.-P. Daouze

Quelle que soit la méthode choisie, pour que l'implantation d'une culture que l'on sème soit réussie, il faut atteindre un certain nombre d'objectifs, que l'on peut classer en deux

catégories: ceux portant sur les caractéristiques physiques du lit de semences (humidité, température, structure du sol) et ceux portant sur ses caractéristiques biologiques (présence de pathogènes par exemple).

Concernant le premier point, les objectifs à atteindre en matière d'état structural du lit de semences découlent des exigences de la graine pour accomplir les phases de germination et de levée (*figure 1.2*): une fois le seuil de température atteint, il faut, pour que la graine germe, satisfaire ses besoins en oxygène et en eau. Et, une fois la jeune plantule sortie, il faut permettre une levée rapide et régulière.



**Figure 1.2: Environnement physique de la semence**

Source: d'après Richard et Boiffin, 1991

Le type de préparation du sol joue sur la température du lit de semences: en non-labour et en particulier en semis direct, le sol se réchauffe moins vite, surtout au printemps dans les climats tempérés. Un travail précoce de fragmentation des horizons de surface permet d'accélérer le réchauffement au printemps.

Pour l'imbibition en eau de la graine, il faut veiller à assurer un bon contact terre-graine. Pour que ce dernier soit satisfaisant, le degré d'affinement de la structure du sol est déterminant (plus les agrégats sont de petite taille, meilleur est le contact, en particulier avec des petites graines). La granulométrie du lit de semences dépend de nombreuses interactions entre le type de sol, les dates et types d'intervention, l'humidité lors de ces dernières et le climat qui suit le semis. Dans les sols de texture intermédiaire à lourde (> 20 % d'argile), le labour et les reprises ultérieures génèrent fréquemment des lits de semences relativement mottes pour les semis d'été ou d'automne. La faible durée d'exposition des sols aux alternances climatiques ne permet pas en effet une évolution

suffisante des états initialement grossiers créés par les labours. En revanche, pour des semis de printemps, l'évolution naturelle des labours d'hiver y est plus favorable à l'obtention de lits de semences affinés. Le roulage, qui permet de réappuyer le lit de semences, est également un levier pour agir sur le contact sol-graine. L'encombrement du lit de semences ou de la ligne de semis par des débris végétaux a aussi une forte influence sur le contact entre la terre et les semences. Il dépend principalement du degré d'enfouissement des résidus, de leur broyage éventuel, du précédent cultural et de la durée de l'interculture. En semis direct, la fermeture du sillon est très importante pour assurer un bon contact terre-graine. Des accidents peuvent survenir, dus à des conditions humides au semis, à l'absence préalable de travail du sol et à des équipements de fermeture du sillon insuffisants.

L'imbibition en eau de la graine ne doit pas être limitée par un lit de semences trop sec. Le travail du sol, en créant de la porosité et en enfouissant les résidus végétaux, favorise l'évaporation de l'eau, ce qui est plutôt problématique à la fin de l'été (semis de colza, par exemple), mais plutôt bénéfique en sortie d'hiver (semis d'orge de printemps). En situation de fort risque d'évaporation du lit de semences, le semis direct est avantageux sur ce plan.

Il est aussi possible de limiter la profondeur travaillée et de bien réappuyer le lit de semences pour bénéficier de remontées capillaires des horizons sous-jacents. Le réappui sera modeste en sol lourd humide et très énergique en sol léger sableux ou très calcaire, c'est-à-dire séchant. Les textures franches et limoneuses se satisfont d'un réappui modéré, surtout en sol battant. En effet, le réappui par roulage s'accompagne souvent d'un émiettement important de la surface du sol qui accroît la sensibilité à la battance. Une exception cependant : les conditions de travail du sol en été, avec des évaporations quotidiennes très élevées, exigent pour toute implantation un réappui conséquent.

En conclusion, on voit que l'implantation d'une culture n'est pas le résultat d'une « recette » applicable à l'identique dans tous les cas. En fonction de la perception des risques encourus, on adaptera les choix techniques : la profondeur de placement de la graine, par exemple, dépendra du risque de dessèchement du lit de semences, de même que le choix de passer ou non le rouleau. Il faut le plus souvent trouver non pas la solution optimale (le lit de semences parfait) mais réaliser des compromis : par exemple concernant le degré d'affinement du sol qui, en sol battant, ne doit pas être trop élevé pour éviter la battance, mais quand même suffisant pour assurer un bon contact terre-graine. La préparation du lit de semences comporte un risque souvent sous-estimé, en particulier lors de l'implantation des cultures de printemps : celui de rechercher une structure du sol qui soit satisfaisante à l'œil en surface, mais qui, impliquant plusieurs passages, entraîne un tassement des horizons sous-jacents.

## **Création d'une structure favorable au fonctionnement des racines**

Pour croître et fonctionner correctement, les racines des plantes ont besoin d'un sol aéré, c'est-à-dire possédant une porosité suffisante dont le volume ne soit pas totalement occupé par de l'eau. Il est nécessaire également que l'épaisseur de sol ne soit pas

limitée par un obstacle en profondeur (banc rocheux, semelle de labour, etc.). Mais un excès de porosité peut également être défavorable (sols creux), car la qualité du contact entre la terre et les racines est également un facteur important pour leur bon fonctionnement. Ces principes généraux étant posés, les plantes ne se comportent pas toutes de la même manière face à une structure du sol limitante et certaines sont plus tolérantes que d'autres aux états dégradés. Plusieurs paramètres interviennent, comme la durée dont la culture bénéficie pour s'implanter ou la période de l'année correspondant à l'installation du système racinaire. Il y a à cet égard une différence importante entre les cultures implantées avant l'hiver, qui profiteront de l'humidité pour déployer leur enracinement, et les espèces semées au printemps, d'autant plus si leur cycle est court. Ainsi, un maïs ou un soja, par exemple, sont très exigeants vis-à-vis de la facilité de prospection racinaire à l'implantation. Outre une phase de transition entre les racines séminales et les racines adventives, le maïs stoppe sa croissance en cas de mottes dures créant un sol creux et le soja ne supporte pas un sol hermétique et tassé. Les betteraves sucrières ou les pommes de terre toléreront mieux un défaut de préparation profonde en assurant un rendement correct, mais le marché n'accepte plus les difformités engendrées sur les racines ou les tubercules. Dans le cas de la production de carottes pour le marché de frais par exemple, les obstacles créés par des mottes tassées (comme on le voit sur la figure 1.3) engendrent des défauts de forme des racines qui sont rédhibitoires.

Ainsi, l'un des objectifs du travail du sol profond est d'assurer une porosité importante sur une profondeur de sol suffisante. Les moyens pour y parvenir sont nombreux : labour, décompactage profond sans retournement, pseudo-labour, etc. L'emploi de ces outils peut être accompagné éventuellement d'un roulage, simultané ou différé, pour éviter les sols trop creux.

Dans les systèmes de travail du sol sans travail profond, il faut veiller à ce que la porosité en profondeur ne se dégrade pas, sous l'effet de la prise en masse ou du tassement par exemple. En effet, les agents climatiques responsables de la restructuration du profil se font surtout sentir en surface et leur effet diminue très vite avec la profondeur. Par ailleurs, l'action de ces éléments naturels ne permet pas, en général, de respecter le délai très court exigé par des cultures annuelles au cours d'une campagne agricole, c'est pourquoi le travail profond du sol est nécessaire, sans être pour autant systématique.

Si le travail du sol accroît la porosité à court terme, il a aussi été démontré qu'en non-travail, cette dernière peut rester élevée. Cela dépend bien évidemment de plusieurs facteurs (climat, système de culture, type de sol), mais un certain nombre d'études ont montré que les facteurs naturels d'évolution de la structure (climat, racines, faune) pouvaient, en non-labour, entretenir une porosité suffisante pour le bon fonctionnement des racines, pourvu que des précautions soient prises en matière de tassement. Plusieurs stratégies sont possibles pour limiter la compaction des sols : en Australie, le contrôle strict du passage des engins, qui, d'une année sur l'autre, circulent toujours au même endroit (grâce à un guidage GPS), s'est généralisé. En France, dans l'essai « systèmes de culture et structure du sol » sur le domaine expérimental de l'INRA à Estrées-Mons, dans la Somme, la porosité structurale a pu être maintenue en système céréaliier sur un limon argileux par l'application de règles strictes limitant – il est impossible de les éviter complètement – les interventions en conditions humides (Boizard *et al.*, 2013). Concernant le type de sol, ce sont ceux qui possèdent le moins de ciments minéraux et organiques (argile, humus) qui, présentant une stabilité structurale faible, connaissent les risques



les plus élevés de dégradation de la structure en non-labour: en effet, la pluie peut entraîner une réduction de la porosité structurale à travers le phénomène de la prise en masse. De plus, le processus de restructuration sous l'effet de la dessiccation s'y manifeste très peu, voire pas du tout. Dans ces situations, l'entretien du stock de matière organique, la mise en place de couvertures végétales et le maintien d'une activité biologique intense sont des éléments clés de la réussite du non-labour.



**Figure 1.3: Profil cultural dans une culture de carottes**

La structure du sol conditionne la croissance et le fonctionnement des racines.

Source : J.-P. Daoze

# Effets des systèmes de travail du sol

## Sur la biomasse du sol

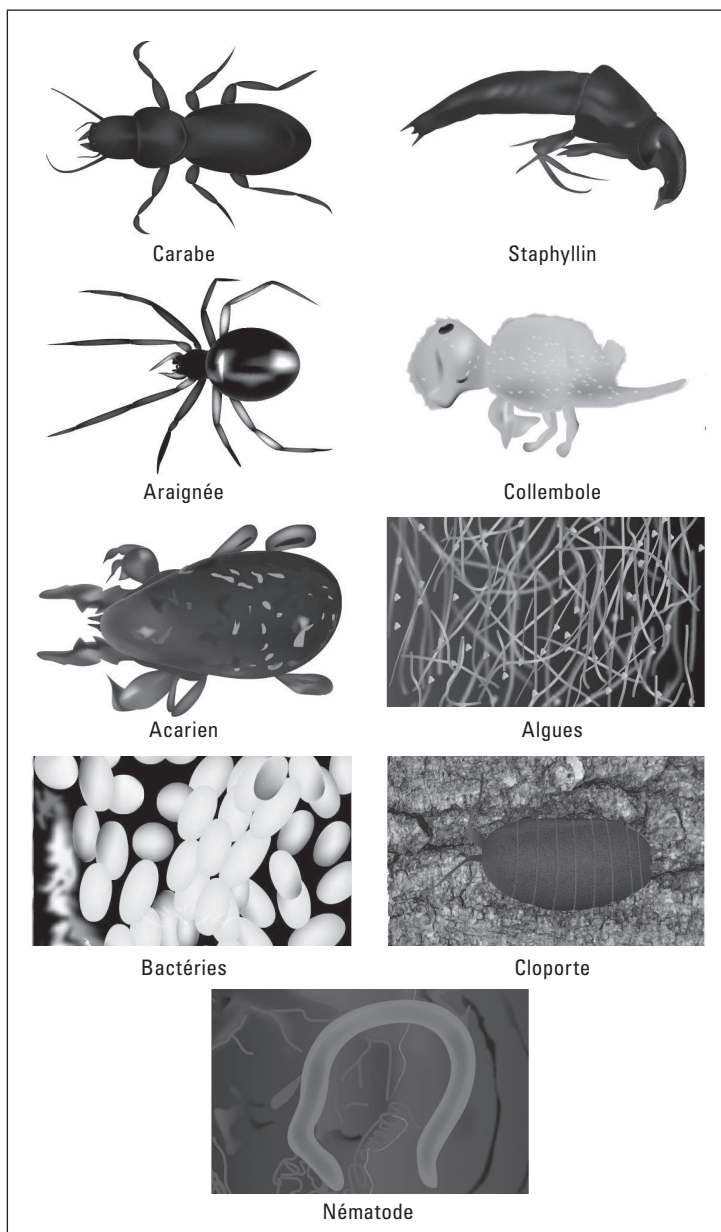
Entretenir une activité biologique importante dans le sol est devenu un objectif majeur de la conception des systèmes de culture. Les micro-organismes, les lombriciens, les insectes et autres arthropodes, pour ne citer qu'eux, agissent sur la quasi-totalité des fonctions du sol et sont donc indispensables à la fourniture de la plupart des services écosystémiques qu'on attend de lui. Si le travail du sol n'est pas le seul levier pour agir sur l'activité biologique – la quantité de matière organique injectée dans le sol tous les ans est le facteur le plus important –, il joue un rôle majeur, agissant soit indirectement sur les conditions de vie des organismes (température, aération, localisation du carbone) soit directement sur les organismes eux-mêmes en perturbant (ou pas, en cas de semis direct) leur cycle de vie.

De nombreuses références montrent que, dans les systèmes où le sol n'est pas travaillé ou qu'il l'est superficiellement sans retournement, la répartition des micro-organismes est fortement stratifiée verticalement. Elle est plus homogène en système labouré. En effet, les techniques culturales sans labour (TCSL) concentrent les résidus restitués et les matières organiques exogènes dans la zone de travail des outils, à proximité de la surface. De la sorte, la faune et la flore qui se nourrissent de matière organique fraîche se concentrent également en surface. De plus, si le travail du sol est vraiment réduit, le *mulch*<sup>1</sup> présent en surface sert d'abri pour de nombreux organismes.

Outre leur répartition dans le sol, le type de travail du sol modifie également la structure des communautés de micro-organismes du sol (champignons et bactéries essentiellement). Dans les systèmes les moins perturbés mécaniquement, on observe un accroissement de la biomasse fongique comparativement aux systèmes labourés. Cela peut s'expliquer par une humidité du sol (maintenue grâce à la présence d'un *mulch*) plus favorable aux champignons qu'en système labouré, mais aussi parce que le mycélium et les propagules localisés dans les premiers horizons de sol sont très sensibles aux perturbations mécaniques. Cependant, en système de travail réduit, le type d'outil a également une influence sur les micro-organismes: il semblerait que les outils animés (herse rotative) soient plus agressifs à l'égard des champignons que le labour lui-même, en détruisant plus radicalement le mycélium. Ainsi, il est désormais admis que les

1. On désigne par ce terme la couche de résidus, en général de la culture précédente, qui recouvre (et protège) le sol après la récolte.

communautés microbiennes sont, dans les sols travaillés intensivement, dominées par les bactéries. Les champignons dominent dans les systèmes non labourés, d'autant plus que la perturbation mécanique est réduite.



**Figure 3.1: Organismes vivant dans le sol**

Source: J.-P. Daouze

Par ailleurs, les systèmes non travaillés sont plus favorables que les systèmes travaillés au développement d'espèces bactériennes anaérobies, dans les couches de sol qui ne sont plus fragmentées par les outils, tandis que les sols labourés sont dominés par des espèces microbiennes aérobies. Cela explique (en partie) la minéralisation plus intense souvent observée en système labouré et les résultats de plusieurs études montrant une dénitrification plus élevée en semis direct comparé au labour. Cependant, ces effets sont souvent masqués par les variations saisonnières et par l'effet tampon de la rhizosphère du sol qui jouent très fortement sur la structure des communautés microbiennes.

Le type de travail du sol influence aussi la mésofaune et la macrofaune du sol. En semis direct le *mulch* est favorable à de nombreux organismes, qui nuisent à la culture ou qui, au contraire, lui sont favorables. Le *mulch* peut ainsi héberger des limaces, même si sa présence favorise les auxiliaires qui agissent sur le contrôle des populations (carabes, par exemple). Plus délicat est le problème des rongeurs, dont les populations s'accroissent en non-labour et qui, à la longue, peuvent devenir très pénalisants. Le contrôle naturel de ces nuisibles s'exerce à un autre niveau que celui de la parcelle cultivée.

La réduction du travail du sol favorise la diversité des organismes, et elle permet la mise en place de chaînes trophiques plus complexes qu'en système régulièrement (ou intensément) travaillé. On peut attendre de cette diversité la mise en place de régulations biologiques au sein du sol.

Le labour affecte également les microarthropodes du sol, mais de manière assez variée. Par exemple, les différentes sortes d'acariens répondent différemment aux effets du labour conventionnel. Ceux qui se nourrissent de matière organique en surface (oribates) sont défavorisés, alors que d'autres sont soit insensibles soit même favorisés par le labour. Il en va de même pour les collemboles ou les vers de terre, les vers anéciques étant beaucoup plus sensibles au labour que les endogés. La diminution de l'intensité du travail du sol favorise en général le développement de la macrofaune du sol, qui est plus affectée par le travail du sol que les organismes de plus petite taille. Cependant, la réponse de la macrofaune au travail du sol est très dépendante des espèces présentes, notamment en ce qui concerne les organismes qui vivent à la surface du sol (faune épigée), qui comprend un grand nombre d'auxiliaires des cultures (carabes, staphylins, araignées, par exemple). Ainsi, une étude a montré que la réponse des carabes au labour était très variable selon les espèces: sur 47 espèces de carabes étudiées, 21 sont fortement inhibées par le labour, 20 sont plus abondantes en labour et 6 ne semblent pas perturbées par le type et l'intensité de travail du sol. Les staphylins, en revanche, semblent moins sensibles au travail du sol que les carabes, à l'inverse des araignées, dont la densité et la diversité de population augmente dans les parcelles non labourées.

## Sur les risques de tassement du sol

Le type de travail du sol conditionne le comportement au tassement. En effet, on observe souvent une sensibilité plus importante des sols au tassement lorsqu'ils sont régulièrement labourés. La portance est meilleure: là où, après un labour, la déformation du sol sous les roues peut atteindre le fond de travail, la déformation verticale en non-travail est de quelques centimètre seulement. Mais cette portance améliorée en non-labour peut

masquer une dégradation de la structure en profondeur. Ainsi, même si, globalement, la suppression du labour est favorable à la limitation du tassement, les conséquences d'un roulage en conditions humides en non-labour peuvent avoir des effets négatifs du même ordre que ceux observés dans les parcelles labourées. De plus, le gain de temps lié à la suppression du labour accroît le nombre de jours disponibles pour effectuer les opérations de travail du sol dans de bonnes conditions, ce qui peut conduire à intervenir dans des conditions d'humidité critiques.

## Sur l'érosion

Le labour, en retournant le sol, l'expose, nu, à l'action des agents climatiques. En cas de situation de sensibilité à l'érosion, cela peut s'avérer très dommageable. La suppression du labour (voire de tout travail du sol) apparaît donc comme la solution pour contrebalancer cet effet. D'autant plus que ce système permet de maintenir une plante de couverture ou les résidus de récolte à la surface du sol – plus ou moins, suivant le type de culture et la nature des interventions de travail superficiel sans retournement –, qui constituent une couche protectrice (un *mulch*, vivant ou mort).

Cependant, les effets de la simplification du travail du sol sur l'érosion hydrique ne sont pas systématiques. Ainsi, le non-labour est plus adapté, en France, aux régions subissant une érosion de versant en rigole-interrigole qu'à celles présentant une érosion de talweg par ruissellement concentré. Un élément central est celui de l'effet du *mulch*, qui est déterminant, bien plus que, par exemple, la modification de la stabilité structurale qu'entraîne l'accumulation de matière organique en surface dans les systèmes non labourés. Pour être vraiment efficace, il faut donc associer le non-labour à la mise en place de couverts (plante vivante dite de couverture ou résidus). Enfin, le contrôle d'un problème tel que l'érosion ne se raisonne pas qu'à l'échelle de la parcelle cultivée; il faut prendre en considération la dimension territoriale: les positions relatives des parcelles labourées et non labourées ou celles des différentes cultures dans le territoire jouent aussi un rôle crucial sur le déclenchement et les dégâts causés par le ruissellement.

Les systèmes de travail du sol sans labour peuvent donc constituer un moyen très efficace pour lutter contre l'érosion. C'est d'ailleurs cette efficacité qui explique en grande partie le développement de ces techniques pour lutter contre des événements érosifs à travers le monde: aux États-Unis dans les années 1930 (*dust bowl*) ou en Amérique du Sud dans les années 1980 (érosion hydrique). Ces pratiques sont actuellement développées pour lutter contre l'érosion éolienne au nord de la Chine et dans de nombreux pays européens où la pratique du non-labour est soutenue par les politiques publiques. Toutefois, l'impact du non-labour reste fondamentalement lié aux multiples conditions qui entourent la technique: ce n'est pas tant le non-labour en lui-même qui diminue l'érosion, mais le fait qu'il permet de maintenir une couverture du sol, d'augmenter la teneur en matière organique à la surface du sol et de favoriser la création de biopores par l'activité biologique. L'effet obtenu est donc très dépendant de la présence d'un couvert, en relation avec le système de culture, le système érosif et le contexte pédoclimatique. Il est donc nécessaire de raisonner l'ensemble de ces aspects pour favoriser l'expression des effets positifs des TCSL contre l'érosion.



# Outils à dents

8

Les dents provoquent sur le sol une fissuration et un nivellement plus ou moins prononcés selon leur écartement, mais aussi la vitesse de travail. Contrairement aux disques, leur effet de mélange est très limité. Elles tolèrent assez bien les conditions humides.

Suivant l'effet sur la surface du sol et la profondeur de travail recherchés, les matériels présenteront des architectures bien différentes les unes des autres. Celles-ci seront également à l'origine de bourrages en présence de résidus en surface ou au contraire les toléreront parfaitement bien. Les matériels à dents se retrouvent à toutes les étapes du travail du sol, aussi complexe ou réduit soit-il. Ils sont aussi très efficaces dans la lutte contre les rongeurs en perturbant leur habitat.

Dans les sols superficiels reposant sur des bases rocheuses, comme les sols argilocalcaires courant du Barrois à la Vendée, il faut absolument limiter le travail des dents à la couche de terre arable. Elle est généralement garnie de cailloux réduits par broyage. La structure du sol est protégée par cette charge pierreuse, la fonction des dents sera donc limitée au nivellement et à l'extraction des racines de mauvaises herbes. La remontée de cailloux de taille importante par le travail du sol est à proscrire.



**Photo 8.1: Sol argilocalcaire séchant sur calcaire dur fissuré**

En sol très superficiel sur sous-sol rocheux, les outils à dents doivent être utilisés avec précaution.

Source : J.-P. Daouze

# La sous-soleuse

## La machine

Son châssis offre un grand dégagement sensiblement égal ou supérieur à 90 centimètres. 50 à 85 ch moteur par dent sont nécessaires pour sa mise en œuvre. Les dents sont rigides et adoptent une forme soit droite dans les deux plans, celui de l'avancement et le plan vertical, soit incurvée vers l'avant. Mais les profondeurs les plus importantes sont obtenues avec des profils droits, le soc étant positionné dans le prolongement de l'étau. Quelquefois il porte des ailettes destinées à soulever le sol *a priori* sans en perturber l'agencement. Cependant, celles-ci peuvent s'avérer très efficaces et perturber légèrement les horizons. Quelques constructeurs cependant ont conçu des matériels de cette catégorie dotés d'ailettes et respectueux de l'agencement des horizons. Citons Laforge, Demblon...

## La mise en œuvre des sous-soleuses

Pour faciliter la pénétration, les dents peuvent être disposées sur un bâti en V, aux dépens parfois de la qualité de l'éclatement du profil travaillé. La fissuration du sol a lieu dans l'axe de passage des dents, en formant un cône de sol très ameubli,



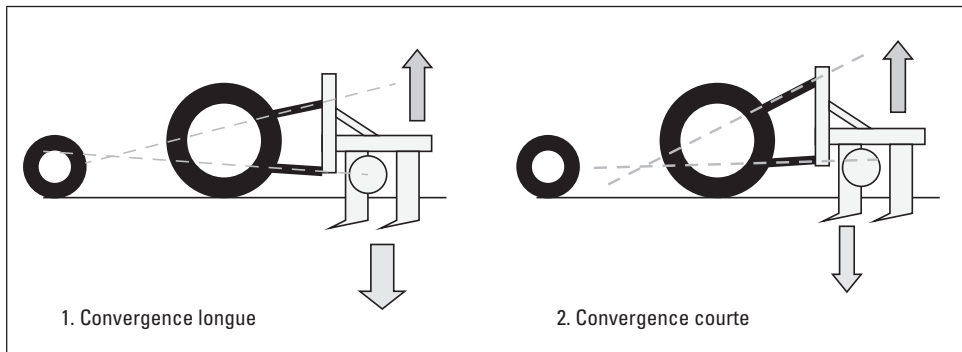
**Photo 8.2: Sous-soleuse à dents droites à profil conventionnel (Duro)**

On distingue l'étrave amovible et les ailettes destinées à augmenter l'effet de compression vers le haut au passage de la dent. Son dégagement sous bâti de 85 cm la destine à des profondeurs de travail de 40 à 45 cm.

Source: J.-P. Daouze

s'élargissant du fond vers la surface. La qualité du travail et le volume du cône dépendent de la forme de la dent, de la résistance du sol et de son humidité. Un abaque, déjà ancien, permet de choisir l'écartement entre dents en fonction de la profondeur de travail recherchée. Il a été établi pour les matériels conventionnels. La pénétration en terre est aussi facilitée par le profil courbé vers l'avant des dents; malheureusement ce profil bouscule trop le sol et canalise les mottes de grande dimension vers la surface, ce qui complique les travaux ultérieurs au point parfois de les compromettre.

Les roues de jauge de l'appareil permettent de contrôler sa profondeur de travail, il faut pour cela que le relevage du tracteur soit utilisé en position flottante, barre de poussée en trou rond ou, s'il est conçu en double effet, maintenir la machine à la profondeur voulue par une légère pression chaque fois que nécessaire. Afin de faciliter la mise en terre de la sous-soleuse, il est judicieux de l'atteler en convergence longue, il est vrai au détriment de la hauteur maximale de relevage en position haute (*figure 8.1*). Pour pallier cet inconvénient, l'utilisation d'une barre de poussée (ou troisième point) hydraulique est la bienvenue. En effet, un sous-solage en « dos de chameau » peut provoquer des zones de retenue d'eau en fond de travail tout à fait préjudiciables à la qualité de l'opération lorsqu'il s'agit de contribuer à l'assainissement de la parcelle. La profondeur de travail doit être constante, parfaitement contrôlée.



**Figure 8.1: Notion de convergence et capacité de pénétration des matériels portés**

La convergence définit le point de rencontre entre la ligne fictive passant par le troisième point et celle passant par les bras inférieurs. Une convergence longue tend vers l'essieu avant et une convergence courte tend vers l'embrayage du tracteur. Elle est très influente sur le comportement au travail d'un ensemble outil porté et tracteur.

Source: J.-P. Daouze

## Pourquoi sous-soler ?

Les indurations dans un profil peuvent être dues aux travaux antérieurs réalisés dans de mauvaises conditions ou bien d'origine pédologique. Il est à noter que des tassements et des compactations provoqués par le poids des engins circulant sur les parcelles se manifestent de plus en plus profondément. Ce tassement profond est souvent corrélé à des labours imparfaits ou mal consolidés mettant en défaut la portance du sol, face au poids grandissant des tracteurs et des remorques en particulier.

Lorsque le sous-solage a parmi ses objectifs de fissurer des semelles situées en fond de labour, les dents doivent travailler sous ce dernier, c'est-à-dire à 40 ou 50 cm. Pour obtenir la meilleure efficacité en même temps que la stabilité nécessaire à la qualité du résultat, il faut absolument que la pointe de la dent ou le soc de la sous-soleuse évolue sous la zone indurée. Dans le cas où c'est la pédogenèse qui a naturellement provoqué une cimentation d'un mélange de matériaux du sous-sol ou en présence d'un horizon riche en argile sur une épaisseur importante, il faudra se résoudre à ne créer que des fissures de volume modéré destinées à améliorer la capacité de prospection des racines et la circulation de l'eau. Attention, en sol régulièrement humide, le travail doit être réalisé en biais vers le bas de la pente, faute de quoi le sous-solage risque d'augmenter le volume d'eau retenu dans l'horizon habituellement travaillé et de freiner le ressuyage attendu pour les implantations futures. Ce faisant, il diminuera la portance de la parcelle, le remède devenant alors pire que le mal. L'écoulement de l'eau peut être amélioré par la mise en œuvre d'un boulet draineur installé derrière chaque dent.

Le sous-solage destiné à l'entretien d'un réseau de drainage doit être réalisé de façon à permettre l'écoulement vertical de l'eau jusqu'aux drains. On atteint alors des profondeurs importantes qui nécessitent une puissance élevée, de l'ordre de 80 ch par dent, et ce, à vitesse réduite. Là aussi, le travail doit adopter un sens proche de celui de la pente pour aider à l'écoulement de l'eau présente en excès dans les premiers décimètres de sol.

Le sous-solage doit être réalisé en conditions semi-plastiques lorsque le sol peut se fissurer en façonnant le moins de lissages possible, c'est-à-dire le plus souvent au cours de la réhumectation d'automne, en **août ou septembre**. Le mois d'août est régulièrement pluvieux. Il permet une reprise d'humidité profitable aux travaux aratoires, l'état souvent très sec des sols pendant la période suivant la moisson les rendant trop difficiles à travailler.

Compte tenu de la dépense énergétique qu'il requiert, il n'est pas une action de « routine ». Un diagnostic, le plus souvent consécutif à des accidents de végétation ou à des sensibilités anormales à la météorologie – ennoisement ou échaudage –, est indispensable avant toute mise en œuvre de la technique. C'est le rôle d'un profil cultural ou pédologique, qui peut être complété par l'utilisation d'un pénétromètre. Le premier permet de valider l'existence d'une zone à décompacter, le second de vérifier en plusieurs endroits la profondeur de travail suggérée par le profil, en offrant une vision plus large de la situation.

Le sous-solage, comme le décompactage, ne peut avoir d'effet sur la flore adventice que vis-à-vis des racines et rhizomes de plantes vivaces. Cet effet ne peut être que très secondaire, il ne sera jamais un objectif pour ce type d'intervention.

## **Le décompacteur (ou ameublisseur ou restructurateur)**

### **La machine**

On peut l'assimiler à une « petite » sous-soleuse dont il reprend l'architecture. Il demande de 30 à 50 ch moteur par dent. La forme des dents et les comportements qui y sont

associés sont de même nature que pour les sous-soleuses. Le décompactage est défini par sa profondeur d'un demi à un labour, soit 20 à 40 cm, et par sa capacité à fissurer sans retournement ni brassage des horizons. Le décompacteur offre un dégagement sous bâti proche de 80 cm. Plus encore que pour le sous-solage, l'écartement entre les dents détermine pour une grande part l'état de surface obtenu après passage de l'outil. La stabilité et le terrage sont assurés par un rouleau ou un train de disques gaufrés. Ils remplacent de plus en plus les roues présentes sur les appareils anciens. Bien que la régularité de la profondeur de travail soit moins cruciale que lors d'un sous-solage, les règles d'attelage sont les mêmes que pour celui-ci.

Les dents Michel sont quelquefois montées par deux, alignées en tandem, mais dont les parties basses se terminent en deux courbes de sens opposé (Techmagri, Carré). On augmente alors l'effet de décompactage pour chaque dent, ce qui contribue réellement à l'efficacité de l'opération. L'origine de ce montage remonte à une machine dite « charrue France Cribs » utilisée, en particulier dans le sud de la France, dans les années 1980. Selon la même logique, les dents Agrisem sont montées avec deux ailettes basales horizontales opposées par étauçon. L'ensemble provoque au travail un phénomène de vague, très impressionnant et surtout très efficace.

Pour parfaire la fonction de décompactage, le montage des dents alignées sur une même poutre perpendiculaire à l'avancement est souvent recommandé. Cela provoque, par effet de compression latérale de la masse de sol, une efficacité quasiment totale. Malheureusement, l'écoulement de la terre en est perturbé au point d'occasionner parfois des bourrages. On convient alors d'écartier les dents, ce qui diminue un peu l'efficacité de l'ensemble. Les sols légers ne provoquent pas ce type de bourrage, on peut donc, dans ce cas de figure, envisager le travail de fissuration en combiné avec un outil de travail superficiel, en configuration monopoutre. La société Agrisem conçoit ses matériels les plus répandus avec des prolonges de dents afin de déporter une rangée vers l'arrière sans pour autant concevoir et fabriquer un cadre bipoutre. Ces matériels Agrisem et Michel peuvent revendiquer le podium des machines recommandées en non-labour, suivies des nombreux matériels à dents droites, capables de respecter l'agencement des horizons, mais aussi de ne pas créer de relief trop important en surface. Citons pour cette catégorie Actisol, Demblon, McConnel, Laforge, Bonnel, par exemple.

## La mise en œuvre du décompacteur

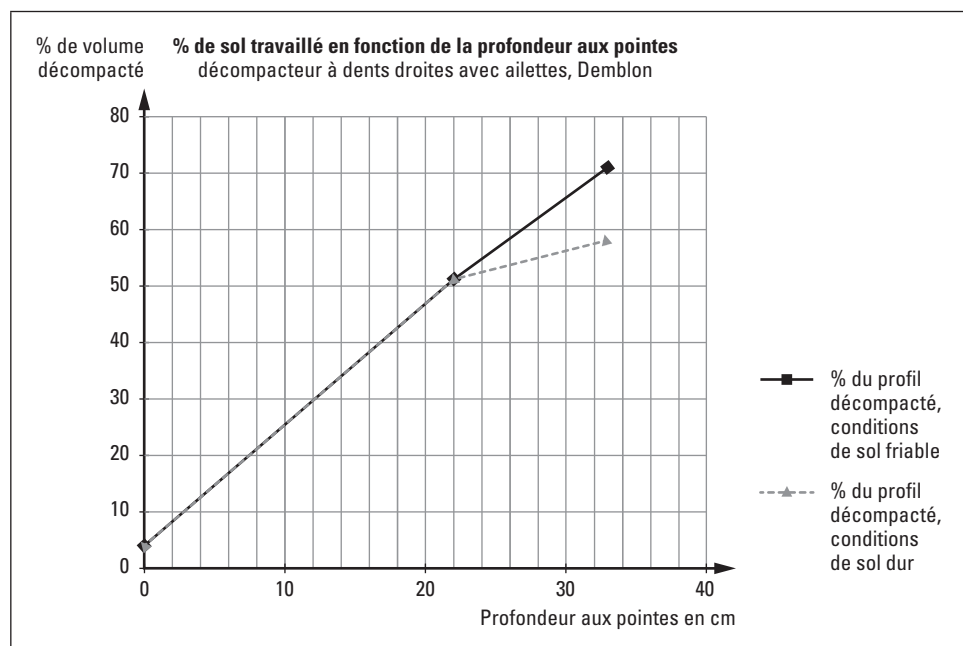
Dans les parcelles dont la surface est très dure, reprise en masse, il est conseillé de déchaumer légèrement avant passage du décompacteur afin que celui-ci ne fabrique pas de plaques de sol agencées en tuiles. Un tel relief serait à même de perturber les opérations aratoires ultérieures. Cette préparation superficielle peut être tout à fait efficacement réalisée avec un outil à dents poussé de type chisel ou cultivateur relativement lourd. Des disques sont envisageables bien que la configuration poussée soit plus rare et que la vitesse de travail modeste par nature pour le décompactage puisse être insuffisante pour le déchaumeur. Le marché propose depuis quelques années des matériels combinés associant des dents de décompactage à des disques de déchaumage et de nivellement pour réaliser cette préparation de la surface simultanément au travail profond.



De manière générale et pour donner quelques repères, un écartement de 66 cm entre les dents suffit à décompacter correctement une épaisseur de sol de 25 à 30 cm, ce qui revient à remplacer la fonction restructurante d'un labour. Pour des travaux plus superficiels, destinés à faciliter l'enracinement initial d'une culture qui bénéficiera ensuite des effets de la météorologie, il existe des décompacteurs plus légers, conçus avec un dégagement sous bâti d'une soixantaine de centimètres, capables de travailler à 15 ou 20 cm. Dans ce cas, l'écartement entre les dents devrait être revu à la baisse, c'est-à-dire 50 cm.

Encore plus que pour le sous-solage, les dents courbées vers l'avant ne sont pas souhaitables pour réaliser un décompactage correct.

Un sol suffisamment friable valorise mieux le travail profond, comme toute autre action aratoire d'ailleurs, qu'un sol trop dur, nous l'avons évoqué au paragraphe précédent. Une observation de profils en sol argilocalcaire profond représentée dans le graphique ci-dessous (*figure 8.2*) montre que le sol dur (sous les roues du tracteur) se disloque selon un « V » moins prononcé que la zone moins dégradée. Dans les horizons de surface, la différence n'est pas décelable visuellement. Par conséquent, un sol repris en masse au point d'avoir perdu toute porosité nécessite un décompactage ou un sous-solage vigoureux et profond. Or, dans ce cas de figure, les dents sont moins efficaces qu'en sol moins dégradé, ce qui augmente encore les besoins en profondeur, donc en puissance de traction, et exige un matériel particulièrement robuste.



**Figure 8.2: Proportion du volume de sol décompacté en fonction de la profondeur de travail pour un matériel à dents droites avec ailettes (Marne, argilocalcaire profond)**

Source : Observations réalisées par Max Chaffaut et J.-P. Daouze

# Outils à versoirs

Les matériels à versoirs sont regroupés sous le vocable de charrues, les unes dédiées au labour historique, les autres destinées à des travaux de déchaumage par retournement.

S'il est un matériel technique et de surcroît symbolique du travail de la terre, c'est bien la charrue à versoirs. Le chant de la terre glissant sur le versoir aurait inspiré le terme pédologique de rendzine, dit-on.

Les charrues comportent des corps de travail complexes. Larges de 30 à 50 cm, ces corps sont formés d'une lame découpant le sol horizontalement entre 8 et 35 cm de profondeur, c'est le soc. Il possède ou pas une pointe amovible augmentant sa capacité de pénétration ou une excroissance terminale remplissant la même fonction. Il est surmonté d'une pièce de plus ou moins grande surface vrillée ou semi-cylindrique qui force la terre ainsi découpée à monter et se retourner, c'est le versoir. Il est relié à la poutre principale, l'âge, par un bras plus ou moins vertical et courbe appelé étauçon. Lorsque les corps ne sont installés que dans un seul plan, on parle de charrue simple pour labour en planches. Cette configuration permet de travailler avec des tracteurs dotés de capacités de relevage limitées. Ces charrues conduisent à la fabrication d'un relief bombé (les planches) très efficace pour évacuer l'eau en zone humide. Cette technique est identifiée à un labour réalisé « en adossant ». Lorsque les corps sont disposés dans deux plans superposés, on peut retrouver la charrue en bout de ligne après l'avoir relevée, pour toujours jeter la terre du même côté quel que soit le sens d'avancement. On parle alors de charrue réversible pour labour à plat. On parle aussi dans ce cas de charrue « brabant ». C'est le type de loin le plus répandu, les tracteurs étant capables de lever les modèles portés actuels. La profondeur de travail est maintenue par le relevage du tracteur et une ou plusieurs roues, dites roues de jauge. Le labour demande de l'ordre de 12 à 30 ch par corps selon les sols, pour une vitesse d'environ 8 km/h et une profondeur de travail de 22 à 25 cm.

## Les charrues conventionnelles

Les charrues peuvent être dotées d'un système à largeur de travail variable piloté hydrauliquement en continu pendant le labour. Ce système connaît, à juste titre, un engouement sur le marché, soutenu par la grande polyvalence qu'il apporte face aux différents types de sol, aux saisons, à la géométrie des parcelles et aux besoins d'enfouissement d'amendements ou de végétaux. Les corps sont automatiquement réalignés pendant la modification en continu de leur largeur de travail. On bénéficie de la manœuvrabilité d'une charrue portée capable de travailler une largeur de 2,75 mètres pour 6 corps en 18 pouces, équivalente à une charrue semi-portée de 8 corps en 14 pouces.

Les charrues sont portées au travail par le relevage hydraulique trois points du tracteur jusqu'à 6 corps, exceptionnellement 7, et semi-portées à partir de 6 corps. Leur transport s'effectue sur une seule roue pivotante ou deux roues positionnées à la manière d'un

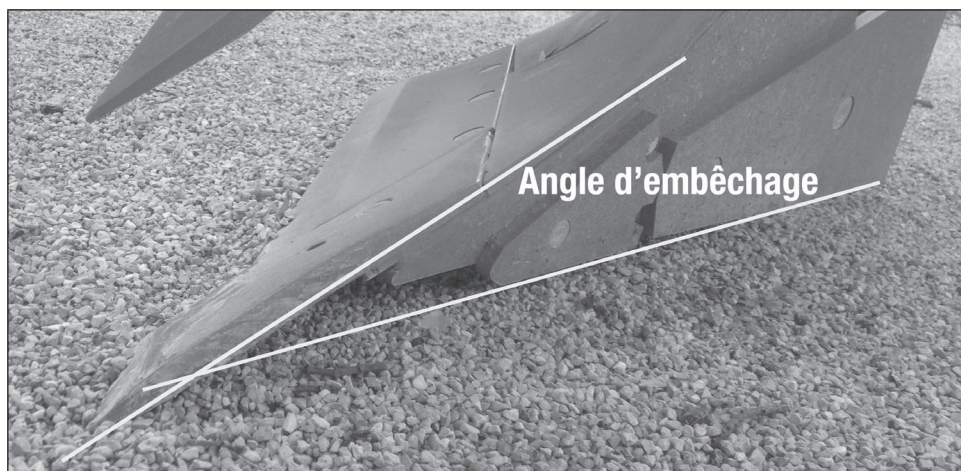
essieu. Ce montage est communément appelé « chariot ». Ces roues servent également de roues de jauge. Pour les charrues portées les plus lourdes, les constructeurs ont imaginé un dispositif de transport avec la roue de jauge. La machine est alors portée au travail et semi-portée au transport.

Le labour traditionnel se pratique avec le tracteur roulant dans la raie creusée par la charrue au passage précédent, on parle alors de labour dans la raie, ou avec le tracteur roulant intégralement sur la partie de la parcelle non encore labourée, on parle alors de labour hors raie. Cette technique permet d'utiliser des pneumatiques larges, voire jumelés, alors que le labour dans la raie implique des pneumatiques de largeur compatible avec la largeur de travail des corps de labour. La cote des pneumatiques peut difficilement excéder 650 mm, au risque de patiner par effet « ski » ou de pousser latéralement la bande de terre qu'il jouxte en permanence et ainsi de dégrader le labour.

Il existe également des charrues poussées à l'avant qui permettent de beaucoup mieux exploiter la puissance des tracteurs qu'avec une seule charrue attelée à l'arrière, par le poids qu'elles procurent et une amélioration de l'équilibre de l'ensemble.

Les socs pénètrent plus ou moins facilement les sols durs. Même dépourvus de pointe ou de bec de canard, certains socs assurent pourtant une bonne capacité de pénétration, due à l'angle qu'ils font avec le plan horizontal, appelé angle d'embêchage. Celui-ci est très variable d'une charrue à l'autre : trop faible, il permet trop facilement au soc de glisser sur les zones résistantes alors que, trop prononcé, il génèrera un besoin en puissance important et une qualité de retournement dégradée. Il est parfois réglable par le truchement de cales ou de l'inversion du sens de pièces intermédiaires entre l'étauçon et le corps de labour.

Cet angle évolue entre 24° et 28°, on peut dire qu'avec un angle de 25° les charrues « rentrent bien », même sans pointe.



**Photo 9.1: L'angle d'embêchage est l'angle que fait le soc avec le plan horizontal qu'il est destiné à couper**

L'angle d'embêchage permet de gérer la capacité de pénétration des charrues.

Source: J.-P. Daouze

Un second angle aura une grande importance sur le choix des versoirs, donc du type de labour et finalement sur le besoin en puissance. C'est l'angle d'entrure, celui que fait le soc avec l'axe d'avancement. Il est compris entre 35° et 42°.

## Les versoirs

Les versoirs constituent la pièce essentielle de conformation des bandes de labour. Trois grandes familles, assorties de quelques variantes, sont proposées par les constructeurs.

**Les versoirs cylindriques**, courts ou longs, sont capables d'émietter fortement un sol non collant mais uniquement sous l'effet d'une vitesse de labour élevée. Ils sont montés avec des socs présentant un angle d'entrure très important de 40 ou 42° destiné à « casser » la bande de terre en la forçant à monter le long du versoir plutôt qu'à glisser vers l'arrière. Ils présentent donc une résistance à l'avancement importante, ce qui les réserve aux sols légers. Utilisés à grande vitesse, 9 km/h et plus, ils émiettent fortement, alors qu'utilisés en conditions plus humides et lentement, ils fournissent un labour très dressé. Ce dernier a été graduellement abandonné en sols lourds car très difficile à reprendre et formant des sols creux pratiquement impossibles à consolider. Ajoutons que les labours mal fermés offrent aux adventices développées la possibilité de repiquer, ce qui est en totale opposition avec la fonction nettoiyante attendue du labour, de surcroît essentielle en agriculture durable. Le labour d'hiver était autrefois défini comme devant être très dressé dans l'objectif de l'exposer aux rigueurs du climat, au moins dans le nord de la France. En effet, même en l'absence de gel, les alternances humectation-dessiccation permettent aux argiles d'évoluer. Cependant, les emblavements de printemps sont réalisés plus précocement que par le passé et les délais nécessaires à l'évolution des sols ne sont plus respectés. On peut accélérer l'évolution des sols labourés en les travaillant superficiellement au cours de périodes sèches ou froides en hiver. En revanche, le labour assez dressé est bien adapté aux limons ou aux sols calcaires légers qui sont par nature faciles à réduire. Le labour d'hiver en sol limoneux doit être réalisé préférentiellement avec ce type de versoir environ deux mois avant la date de semis prévue. Il convient de bien adapter le labour au comportement du sol, ce qui ne préside malheureusement pas toujours au choix d'une charrue. Le labour dressé est recommandé en zones inondables, leur évolution étant pratiquement certaine et la tenue de la terre lors de la décrue plutôt bonne.

**Les versoirs hélicoïdaux** sont très adaptés aux labours relativement lents en ce sens qu'ils accompagnent le retournement de la bande de terre quelle que soit la vitesse de travail. Les corps de labour ont un angle d'entrure généralement inférieur à 40°. Ils sont donc peu tirants. Les bandes de labour obtenues sont plutôt moulées, de forme arrondie et suffisamment fissurées pour évoluer aisément et surtout ne pas former un relief important susceptible de compliquer la reprise du sol. Entre les creux et les crêtes de labour, la mesure à retenir est de l'ordre de 30 cm par opposition aux 40 ou 50 cm couramment observés en labour dressé. Ces versoirs s'accommodent finalement bien aux labours en sols légers, à condition de travailler avec une largeur de prise de corps supérieure à 16 pouces et en ajustant la vitesse à l'objectif recherché. Nous avons mentionné la qualité et la polyvalence caractérisant les charrues à largeur variable en continu, c'est avec ce versoir hélicoïdal qu'elles délivrent toute leur capacité. Ensemble, ils permettent une très large palette de labours, propre à satisfaire la très grande

majorité des situations. Les versoirs hélicoïdaux longs les mieux adaptés sont les versoirs dits scandinaves, initialement proposés par Kverneland et Lemken et déclinés depuis chez bon nombre de constructeurs.



**Photo 9.2: Versoir scandinave**

Associés à une largeur variable en continu, les versoirs scandinaves sont très polyvalents.

Source : J.-P. Daouze

**Les versoirs cylindrohélicoïdaux (ou universels ou américains)** sont de forme initialement cylindrique puis se terminent en une hélice peu prononcée. Ils représentent un compromis entre les deux classes précédentes, permettant surtout de mieux émietter et de moins dresser les labours en sols moyens à lourds. Ils n'exigent pas la même vitesse de travail que des versoirs cylindriques pour réaliser un labour prêt à être repris. L'américain est un versoir universel court. Ces versoirs universels conviennent bien dans les largeurs de prise de corps de 14 à 16 pouces.

Le tracteur et la charrue exigent une grande cohérence pour travailler efficacement. La voie du tracteur est un élément important vis-à-vis de la régularité et de l'aspect du labour. Comme le suggère le schéma ci-après (*figure 9.1*), lorsqu'un corps de labour est confronté sur la totalité de sa largeur à l'empreinte de la roue de guéret (celle qui roule sur la partie non encore labourée), il fabrique une bande de terre continue, plus grossière et moins fractionnée que les autres : le lard. Elle posera systématiquement des



**Le travail du sol pèse lourd dans les performances économiques des exploitations : les opérations, surtout celles de travail profond, sont coûteuses en énergie fossile et en charges de mécanisation. Par ailleurs il impacte considérablement, à certaines périodes, l'organisation du travail. Enfin, il est un levier important pour mettre en œuvre de nouvelles manières de produire.**

Ainsi, les choix en matière de préparation des sols sont, dans une exploitation agricole, déterminants, sur les plans économique, agronomique et environnemental. Cet ouvrage est un outil précieux d'aide à la décision.

Dans une première partie, il montre le rôle du travail du sol pour relever les défis auxquels les systèmes de culture devront faire face dans le nouveau contexte de l'agriculture (baisse des charges, réduction des impacts environnementaux, diminution de l'utilisation des carburants fossiles, etc.) tout en présentant ses effets sur le fonctionnement des cultures, sur les états du milieu cultivé et sur l'environnement.

Dans une seconde partie, sont listées et décrites l'ensemble des machines agricoles en plus de trente types, permettant de répondre aux objectifs de gestion du sol de chaque exploitation, qu'il s'agisse :

- des outils à dents
- des outils à versoirs
- des outils à disques
- des outils animés par la prise de force
- des matériels entrant dans le processus sans être spécifiques.

---

*Jean-Paul Daouze est ingénieur conseil grandes cultures à la Chambre d'agriculture de la Marne.*

*Jean Roger-Estrade est professeur d'agronomie à AgroParisTech.*

ISBN : 978-2-85557-404-2

