

1- LA PRÉPARATION DU SOL

La préparation du sol fait partie des travaux d'astreinte dans la plus part des systèmes de production agricole. Dans les systèmes traditionnels, la préparation du sol commence très souvent par le brûlis de la végétation sur la parcelle en jachère, ou des résidus de la culture précédente. L'objectif est de nettoyer le sol ou d'éloigner les animaux sauvages et autres serpents.

Planche 1. Cet agriculteur n'est pas seulement entrain de nettoyer sa parcelle, mais il «vide également ses poches» en détruisant la fertilité et les potentialités de son sol. (FAO).



Le brûlis est généralement suivi du labour du sol. Selon les moyens du producteur, le travail du sol peut varier d'un labour léger/ extensif à un labour intensif.

Pourquoi les agriculteurs pratiquent-ils le labour ?

Premièrement, c'est pour préparer un bon lit de semis afin de faciliter la germination des semences. Les agriculteurs pensent qu'un sol bien labouré, ameubli, nivelé améliore le contact entre la graine et le sol. Le semis peut être réalisé à une bonne profondeur. Deuxièmement, les producteurs labourent dans l'objectif de contrôler les mauvaises herbes. D'autres raisons pouvant justifier le labour peuvent être l'augmentation de la capacité du sol à stocker l'eau et des propriétés du sol.

Encadré 1. Les objectifs du labour du sol

- Préparation du lit de semences
- Gestion des résidus de culture
- Enfouissement des engrais et des produits agro-chimiques
- Décompaction du sol
- Améliorer l'infiltration de l'eau
- Modeler la surface du sol (hersage)

Malheureusement, les techniques utilisées pour atteindre les objectifs sus mentionnés, les conséquences du labour pourraient compromettre d'autres objectifs de l'agriculteur. Toute opération supplémentaire de labour pour contrôler l'enherbement enfouit plus de résidus et expose le sol humide, aggravant les pertes en eau. Avec l'augmentation du nombre labour, l'agrégation du sol diminue et le sol devient vulnérable à l'érosion. (Godwin, 1990).

De cette façon, le labour aura un impact négatif sur la productivité des sols et la rentabilité économique des cultures. Le labour influence aussi la quantité d'eau et des éléments nutritifs présents dans sol. Parmi les inconvénients du labour, on peut citer :

- augmentation de l'érosion et baisse de la fertilité
- augmentation de l'évaporation et diminution de l'humidité
- baisse de la capacité de rétention d'eau

La partie érodée du sol est transportée dans les fossés, les lacs, les points d'eau ou sur la parcelle voisine, engendrant des pertes en matières organiques, azote, phosphore et pesticides. Les mesures préventives telles que la construction des terrasses sont onéreuses. Il est plus efficace et moins coûteux de conserver les résidus sur le sol et d'éviter de labourer.

2- LE TRAVAIL DU SOL

Généralement, le travail du sol se caractérise par le type d'opération menée (Friedrich, 2000) :

- **Le retournement** : ce type de travail consiste à retourner (labour, billonnage) les couches superficielles du sol pour les incorporer complètement, et de faire remonter les horizons de profondeur. L'argument selon

lequel le labour permet d'enfouir les résidus végétaux et, surtout, de détruire les adventices n'est pas valide si l'opération est réalisée tous les ans, car la même quantité de semences de mauvaises herbes est ramenée en surface.

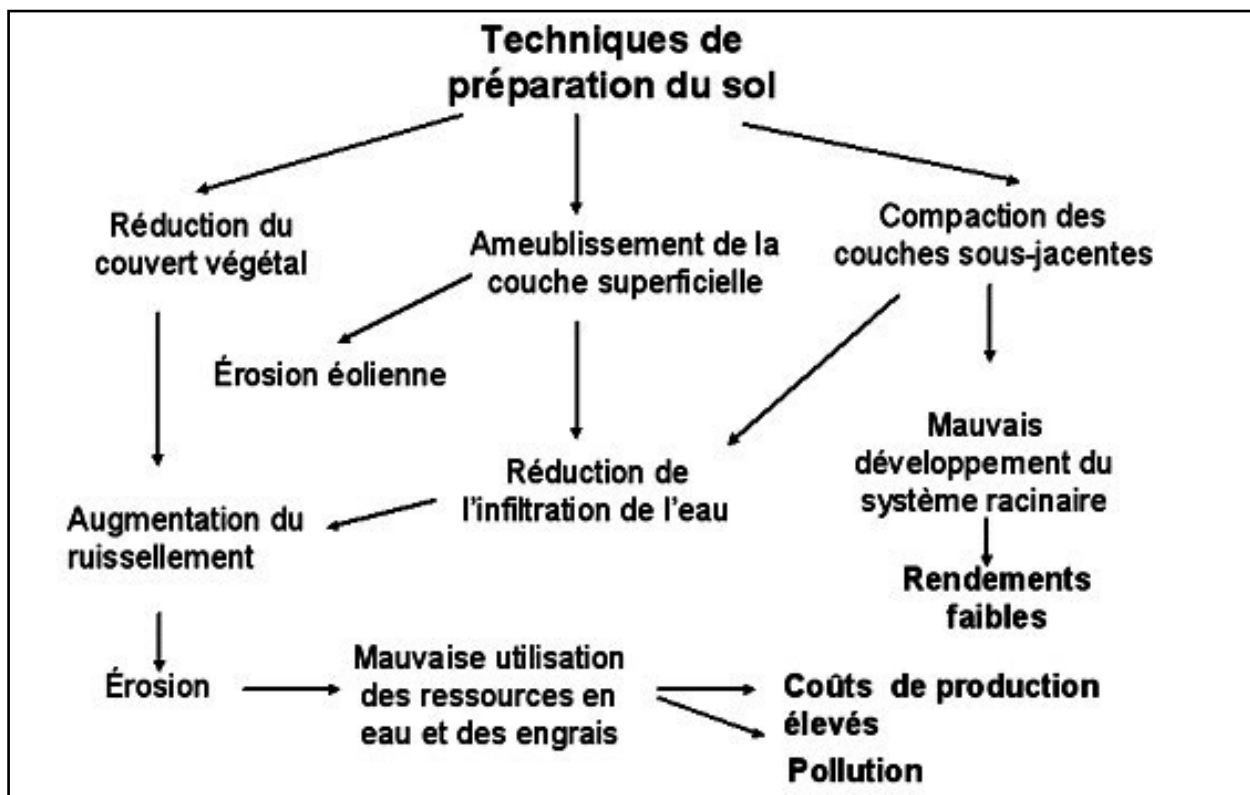
- **Le mélange** : cette opération mélange tous les éléments présents de façon homogène à une profondeur généralement d'environ 10 cm.
- **Le scarifiage** : cette opération qui se fait généralement à l'aide d'un coutrier vise à briser la couche superficielle du sol afin de le décompacter sans toutefois enlever les mottes. Cette opération est surtout pratiquée dans les zones semi-arides où les sols prennent en masse en saison sèche. elle facilite l'infiltration des premières pluies et permet un étalement des travaux de préparation des sols avant la période des semis
- **L'ameublissement** : Cette opération a pour objectif l'ameublissement du sol pour assurer de bonnes conditions de germinations et des taux de levée satisfaisantes. La profondeur d'exécution est de quelques centimètres. Les matériels utilisés peuvent être les pulvérisateurs à disques, l'araire ou les cultivateurs et herses.

Les opérations de retournement et de mélange influencent la quantité des résidus qui reste sur la surface du sol. Le versoir et les disques retournent complètement le sol alors que le chisel casse et mélange la terre, le cultivateur mélange uniquement. La herse pulvérise le sol pour préparer le lit de semences. Quatre types au moins d'opérations de préparation du sol peuvent être distingués dans un système d'agriculture traditionnelle (Krause et al., 1984) :

- Nettoyage du sol et gestion des résidus, y compris le brûlage des résidus et de la végétation issue de la jachère
- Premier labour
- Deuxième labour
- Les opérations d'entretien telles que : le sarclage, binage etc.

Mais quelques fois, un labour profond ou un sous solage est nécessaire pour casser les couches compactées profondes du profil.

Figure 1 les conséquences d'un mauvais choix de la technique de préparation de sol



Dans les zones tropicales et subtropicales où le risque d'érosion hydrique est élevé, les sols sont généralement très pauvres et érodés. Les températures sont élevées, en conséquence la décomposition est rapide. Les techniques de labour sont généralement choisies avec pour objectifs de préparer la couche superficielle du sol de manière à avoir un lit de semis très fin. En parvenant à

cet objectif, les techniques de labour engendrent des processus de dégradation des sols (figure 1) (Vieira, 1996). Le type et le nombre d'opérations de préparation du sol déterminent la quantité de résidus qui restent sur le sol. Par exemple, le labour laisse moins de 15%, alors qu'un agriculteur en travail manuel laisse entre 50 et 70% des résidus sur le sol.

Tableau 1 : quantité (en pourcentage) de résidus gardés sur la parcelle en utilisant différentes techniques de préparation du sol

Type de préparation du sol	Débris solides	Résidus mou
Résidus après récolte	80-95	70-80
Labour à la charrue	0-15	0-10
Charrue + chisel	0-10	0-5
Disques (2 opérations)	15-20	10-15
Chisel (2 opérations)	30-40	20-30
Cultivateur (2 opérations)	40-50	30-40
Cultivateur (1 opérations)	50-70	40-60
Semis direct	80-95	60-80

Encadré 2. Les inconvénients du labour Diminution de l'humidité du sol

Réduction de l'infiltration de l'eau

Destruction de la structure du sol

Augmentation des risques d'érosion

Augmentation des coûts des opérations

forte demande en travail, temps et équipements

Il devient nécessaire de choisir des pratiques de préparation du sol qui concourent à la fois à la protection des ressources naturelles, l'augmentation de la productivité et la réduction des coûts de production. Avec l'AC, la préparation du sol se réduit à un travail minimal du sol, voire purement l'absence de labour.

Le labour zéro ou plus globalement les pratiques de non-labour sont celles où la semence est placée directement dans le sol avec le moins de travail du sol possible. Le semis est réalisé sur un couvert végétal vivant ou mort. Les agriculteurs, les vulgarisateurs et les chercheurs travaillent sur la mise au point non seulement d'outils qui permettront de réaliser ce type de semis, mais aussi sur les outils et équipements qui permettront une meilleure gestion des résidus de culture et des jachères.

Ces outils et équipements ont été conçus pour trois niveaux de puissance :

- énergie humaine
- traction animale
- motorisation

3- LE LABOUR MANUEL

La houe et la binette, de poids et de formes variés sont les outils utilisés pour le labour manuel, sauf dans les cas où l'agriculteur recourt à la traction animale ou au tracteur. Bien que la profondeur et la densité de labour soient moins grandes avec le travail manuel, cette opération n'expose pas moins le sol à la dégradation et à l'érosion étant donné qu'il y a plus de couvert. L'apparition des zones de compaction et des semelles de labour est également avérée. Certains outils de labour peuvent encore s'utiliser en agriculture de conservation pour des opérations comme l'entretien des canaux d'irrigation. Toutefois, avec l'AC il n'y a plus de labour généralisé,

les producteurs recourent au semis direct pour installer les cultures. Ceci permet de lever la contrainte de disponibilité de main d'œuvre qui constitue le principal goulot d'étranglement pour la préparation du sol.

Planche 2. Avec l'AC, il n'y a plus de travail du sol à la houe, disparaît ainsi la principale période de pics de travaux au cours de la campagne agricole. (FAO).
achinisme, outils et équipements



4. CHARRUE, CHISEL ET COUTRIER POUR LA TRACTION ANIMALE

La charrue est probablement l'outil le plus populaire utilisé pour la préparation du sol aussi bien dans les pays occidentaux que dans les pays en voie de développement. La charrue est le symbole du développement de l'agriculture, mieux que tout autre outil. Certains équipements de travail du sol pourraient encore être utilisés pour réaliser certaines opérations dans l'AC. Cette pour cette raison qu'ils seront abordés brièvement dans les lignes qui suivent. Toutefois, avec l'AC ces outils ne sont plus utilisés fréquemment.

Planche 3 : La charrue est principalement utilisée pour un premier labour : ameublissement du sol dans le but de faciliter le développement racinaire, et couper et enfouir les mauvaises herbes. La charrue peut être tractée par un, une paire ou plusieurs boufs ou ânes.



Les inconvénients du labour sont :

- Nécessité d'avoir des animaux plus forts au début de la saison des pluies pour tirer la charrue, alors qu'à cette période les animaux sont généralement faibles
- Création des semelles de labour et compaction de certaines couches du sol en cas de labour intensif
- Le retournement de la terre cause par une baisse de l'humidité du sol par évaporation
- Enfouissement des nouvelles semences des mauvaises herbes tout en ramenant les semences situées dans les horizons profonds en surface, aboutissant à long terme à une plus grande infestation de la parcelle

Les caractéristiques du versoir telles que la largeur et la courbure déterminent la quantité des résidus de culture qui restent sur la surface et la partie qui est enfouie. Un versoir large et bien courbe va enfouir de grosses quantités de résidus, laissant le sol pratiquement nu. Pour commencer la transition vers l'agriculture de conservation, les agriculteurs peuvent choisir des matériels à dents comme le chisel, le cultivateur ou la herse.

Le chisel et le coutrier sont des outils à dents, fins et très tranchants qui peuvent être montés sur l'âge d'une charrue ordinaire (Moeller, 1997). Généralement, les producteurs qui veulent éviter le labour ou réduire le travail de préparation du sol utilisent le chisel.

Planche 4. Coutrier utilisée pour la traction animale (T. Friedrich)



Planche 5. Coutrier de type Magoye avec un semoir : un outil très utilisé en Afrique du Sud et de l'Est. (J. Kienzle)



Il peut également servir pour casser les semelles de labour ou toutes autres horizons imperméables du sol.

Les inconvénients sont :

- Mauvais contrôle de l'enherbement
- De bons résultats ne peuvent être obtenus que si le sol est dans un bon état (sec ou friable)
- Les résidus et la végétation sur la surface
- Les cailloux et mottes de terres sont ramenés en surface

Le sous-solage est pratiqué pour décompacter le sol (notamment les sols des zones semi arides), facilitant ainsi l'infiltration des eaux de pluies et le développement racinaire. Le coultre peut être fixé sur l'axe d'une charrue ordinaire. La pointe travaille au-dessous des couches compactées et peut aller jusqu'à une profondeur de 25 - 60 cm. Avec la traction animale, la profondeur maximale à laquelle le chisel peut travailler est de 30 cm. Pour cette raison, les animaux ne peuvent pas être utilisés pour de vrais travaux de sous solage, mais les couches superficielles compactées peuvent être casées en utilisant des chisels bien tranchants.

Planche 6. Les chisels utilisés pour le scarifiage profond avec la traction animale doivent être minces et droits. A droite de la photo, matériel de sous solage pour le labour traditionnel, à gauche : un coultre de type Magoye utilisé pour le scarifiage. (T. Friedrich).



5. CHARRUE, CHISELS ET SOUS-SOLEUSES

La charrue (versoir ou disque) est probablement l'outil le plus utilisé pour la préparation du sol aussi bien dans les pays occidentaux que dans les pays en voie de développement. Avec l'AC, cet outil ne fait plus nécessairement partie de l'équipement de base de l'exploitation.

Planche7. Labour pour ameublir le sol, réduire la perte d'humidité et l'infestation des mauvaises herbes (T. Friedrich)



La charrue est principalement utilisée pour un premier travail du sol : ouvrir le sol pour l'ameublir afin de favoriser la pénétration des racines, faucher et enfouir les mauvaises herbes. Les inconvénients du labour ont été discutés à la section 4, ils sont les mêmes pour le travail mécanisé du sol.

Les pulvérisateurs sont souvent utilisés pour réaliser un labour minimal du sol. Toutefois, comme les charrues à disques, les pulvérisateurs retournent, mélangent et pulvérisent le sol, entraînant à terme une compaction du sous-sol. Ces actions assez intenses sur le sol rendent les pulvérisateurs inappropriés pour l'AC. Pendant la phase de transition vers l'AC, et dans le cas où certaines opérations de travail du sol seraient nécessaires avant de passer à la pratique de zéro - labour, les agriculteurs choisiraient des outils avec des dents verticales ou des cultivateurs lourds qui laissent un maximum de résidus sur le sol.

Les décompacteurs utilisant les chisels peuvent servir pour décompacter les sols très dégradés et non structurés pendant la phase de transition avant que la structure du sol ne commence à se restructurer. Sous AC, les décompacteurs et les chisels devraient être utilisés de manière à gérer les résidus sur la surface, soit en utilisant des disques coupants à l'avant du chisel ou en réalisant un nettoyage entre la houe et le châssis pour faciliter le passage de l'équipement. On devrait aussi faire attention pour que le chisel ne laisse pas de mottes sur la surface, ce qui exigerait la réalisation d'un deuxième labour pour préparer le lit de semences. On peut y arriver en conduisant l'opération lorsque l'humidité du sol est idéale (quand le sol est friable) et préférant des matériels avec chisel incliné latéralement, tel qu'un chisel ou un décompacteur à dents. Lorsque réalisé, le décompactage devrait être limité aux lignes de semis.

Planche 8. Cultivateur pour le sous-solage, équipé de disques coupants pour la gestion des résidus. (T. Friedrich)



Planche 9. Dents latéralement inclinées de décompacteur pour éviter la formation des mottes (T. Friedrich).



Les sous - soleuses sont constituées de disques ou dents longues pour casser les couches denses ou compactées du sol, dans l'objectif d'améliorer l'infiltration de l'eau et de faciliter la pénétration des racines. Les outils de sous solage travaillent en dessous de la couche compactée, qui est généralement située à une profondeur 25 - 60 cm. Inconvénients :

- Exige des engins de grande puissance
- Le sol doit être friable ou sec sur toute la profondeur de travail
- En cas de mauvaise utilisation, les points de fixation des dents sur la barre pourraient facilement lâcher, les parties usées peuvent réduire l'efficacité de décompactation
- Lorsque le matériel est mal utilisé, l'infiltration de l'eau n'est pas autant améliorée que l'on se serait attendu

Le sous- solage ne doit pas être considéré comme une opération courante, mais comme une action exceptionnelle. Après la décompactation, des mesures doivent être prises pour stabiliser la structure du sol. On doit faire attention pour éviter de recompacter des sols qui ont déjà subi un sous solage. Le passage des engins lourds, ou la réalisation d'un labour intensif avec pulvérisateur sur un sol fraîchement décompacté pourrait annihiler l'effet du sous solage, voire engendrer une compaction encore plus grave qu'avant le sous solage. Vu les besoins en engins de grande puissance pour réaliser le sous -solage, une décompactation biologique avec des plantes qui présentent un système racinaire puissant et profond serait plus économique.

Planche 10. Système racinaire du radis pénétrant le sol. La taille de la racine pivotante indique l'utilité du radis comme un outil biologique de décompactation. Sous AC, la dégénérescence de cette racine va laisser un biopore à travers lequel l'eau pourra facilement s'infiltrer dans le sol. A. Calegari

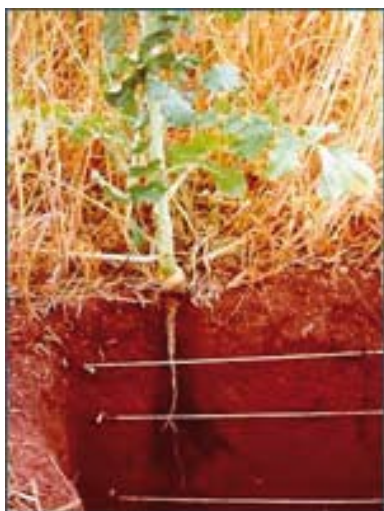


Planche 11. Le sous-solage avec un décompacteur à dents laisse les résidus sur place et ne perturbe pas la surface du sol. (T. Friedrich)



6. GESTION DES PLANTES DE COUVERTURE ET DES RÉSIDUS

L'objectif de la gestion des plantes de couverture, des résidus de récolte et de l'enherbement est de préparer l'installation de la culture de rente et, d'éviter que les mauvaises herbes ou les plantes de couverture ne fassent concurrence à la culture principale. Dans l'AC, cette gestion devrait faciliter la pénétration dans le sol des équipements de semis directs et la création des conditions de milieu favorables pour la germination des semences.

Il est souhaitable que les résidus forment une bonne couverture qui protège le sol pendant longtemps contre l'impact des pluies et, qui libère des substances allélo-

pathiques pour empêcher la germination des mauvaises herbes. La libération de ces produits chimiques doit être lente et graduelle jusqu'à ce que la plante de rente soit à mesure de supporter la concurrence des mauvaises herbes. La décomposition de la matière organique fait partie des facteurs susceptibles d'influencer la libération des substances allélopathiques (Almeida, 1988).

La gestion des résidus et des plantes de couverture peut être faite mécaniquement ou chimiquement. En outre, ces deux techniques peuvent être combinées, en fonction des possibilités de l'agriculteur, de la topographie (sol plat ou en pente), le niveau d'infestation par les mauvaises herbes, et le stade de développement de la plante de couverture.

6.1 - Gestion mécanique

La gestion mécanique des résidus et de la plante de couverture fait appel à l'utilisation des outils tels que : la machette, la faucille, le rouleau, la tondeuse, le broyeur ou tout autre équipement similaire. La présente section comprend trois parties :

- Les outils manuels
- Les équipements attelés aux animaux
- Les équipements montés ou attelés au tracteur

6.2- Les équipements manuels

Machette

L'utilisation de la machette pour faucher les mauvaises herbes ou les résidus de récolte avant le semis est une pratique courante en Amérique Latine et en Afrique Subsaharienne.

Planche 12. L'utilisation de la machette pour faucher ou rabattre la plante de couverture est une pratique courante en Amérique Latine. (T. Friedrich).



Les résidus sont gardés sur le sol. La culture suivante est installée dans ce couvert.

Encadrée 3 : Avantages et inconvénients de l'utilisation de la machette.

Avantages :

- Disponibilité
- Prix accessible
- Outil bien connu des agriculteurs

Inconvénients :

- Lourd et très exigeant temps
- Les herbes repoussent aussi rapidement après le débroussaillage

Le rouleau à lames et le gyrobroyeur

Le rouleau à lames est utilisé pour rabattre et broyer la couverture végétale sur le sol (qui périra par la suite) avant le semis de la culture de rente. Le rouleau est généralement attelé aux animaux de trait ou au tracteur. Mais, son principe peut inspirer la fabrication de 'petits rouleaux' ou d'autres équipements similaires tractés par l'Homme. Idéalement, la coupe ou le broyage de la plante de couverture doit être réalisée après la floraison mais avant que les semences aient atteint la maturité. Il n'est pas nécessaire de recourir à l'herbicide pour dessécher le couvert végétal, les coûts de production s'en trouvent donc substantiellement réduits. Il est important que le rouleau rabatte seulement et broie, sans couper, la plante de couverture de manière à ce qu'elle puisse sécher et mourir. En cas de coupe nette et complète, la tige ou le stolon pourrait bourgeonner donnant ainsi lieu à des repousses. En outre, lorsque les résidus ne sont pas entièrement fauchés, mais restent en contact avec le sol, le semis mécanisé est aussi plus rapide.

Les tondeuses / faucheuses

La tondeuse est un équipement utilisé pour faucher la plante de couverture ou les résidus. Dans certains pays, la tondeuse motorisée portable tend à supplanter la machette. L'utilisation de la tondeuse présente l'intérêt que la végétation fauchée reste sur place et couvre bien le sol.

Planche 13. Une faucheuse rotative et portable, utilisée pour faucher la végétation.



6.3 - Les équipements utilisés en traction animale pour gérer les plantes de couverture et les résidus

Le rouleau à lames et le gyrobroyeur

Le rouleau à lames est utilisé pour rabattre et broyer la couverture végétale sur le sol avant le semis de la culture de rente. L'opération doit être réalisée après la floraison mais avant que les semences aient atteint la maturité. Ainsi, il ne sera plus nécessaire de recourir à l'herbicide pour dessécher le couvert végétal. Il est important que le rouleau rabatte seulement et broie, sans couper, la plante de couverture de manière à ce qu'elle puisse sécher et mourir. En cas de coupe nette et complète, la tige ou le stolon pourrait bourgeonner donnant ainsi lieu à des repousses. Le semis mécanisé est aussi facilité si les résidus ne sont pas coupés, mais restent en contact avec le sol. Rabattre les résidus ou les plantes de couverture améliore la lutte contre l'enherbement comparativement aux situations où les résidus ou les plantes de couverture restent dressés.

Le rouleau à lames est un matériel simple et relativement moins cher qui peut être monté sur place au champ. Il est constitué d'un corps cylindrique qui tourne librement autour d'un essieu horizontal. Il est constitué d'un corps cylindre qui tourne librement autour d'un essieu horizontal. Les lames sont placées à équidistance autour du cylindre. La distance entre les lames détermine la longueur des découpes. Des lames étalées ou un jeu de lames fixés de façon à former un angle avec le rayon du cylindre améliore l'efficacité de l'opération et réduit l'impact sur les animaux de trait. Le rouleau est monté/attelé sur un châssis qui peut en outre être équipé de roues et d'un abri pour l'opérateur. Quand le cylindre est tiré, les lames rabattent et coupent la végétation (Araújo et al., 1993).

Planche 14. Rouleau à lames attelé, prêt pour le transport (T. Friedrich).



Un rouleau à lames simple peut être constitué de tronc d'arbre avec des lames de 22 - 25 cm de long encastrées de part et d'autre de sa circonférence. Les lames peuvent être des pièces en acier, eg un vieux radiateur de véhicule (Bertol and Wagner, 1987).

L'utilisation du rouleau doit se faire de façon appropriée pour éviter les repousses. Au moment de rabattre et broyer la végétation, il faudra se rassurer que le couvert est à un même niveau de développement et que cette opération ne va pas favoriser les repousses et la perte de semences. Il est donc recommandé d'utiliser le rouleau lorsque la plante de couverture a atteint les niveaux de développement suivants (Calegari, 1992) :

- Légumineuses : entre la floraison complète et la formation des premières gousses
- Pour les espèces herbacées : stade laitex - pâteux
- Pour d'autres espèces, tel que le radis : entre la floraison et la maturation

Si plusieurs plantes de couverture doivent être associées, il est nécessaire de choisir celles qui ont un cycle plus ou moins uniforme (Monegat, 1991).

Planche 15. Le rouleau à lames tiré par les boufs de trait est un outil courant dans les petites et moyennes exploitations agricoles au Sud Brésil (T. Friedrich).



Les broyeurs

A partir du principe du rouleau, on peut construire plusieurs autres outils pour rabattre et broyer la végétation. En fait, tout objet rond et plus ou moins lourd pourrait être utilisé comme, le montrent les exemples suivants d'outils utilisés par les agriculteurs :

- Traîneau
- Tronc d'arbre
- Tube en béton
- Vieux pneus de véhicules

Planche 16. Un traîneau tiré par des chevaux pour rabattre le Mucuna (A. Calegari).



Planche17. Un cylindre utilisé pour broyer le couvert végétal avant l'installation de la culture d'ognion (V. H. de Freitas).



Planche 18. Un broyeur constitué de vieux pneus. (M. Piñalva).



Les faucheuses / tondeuses

les faucheuses sont peu recommandées pour gérer les plantes de couverture, car les stolons ou les tiges pourraient repousser. Les faucheuses utilisées en traction animale sont équipées de barres coupantes. Elles peuvent être entraînées par des roues tirées par des chevaux, elles peuvent également s'utiliser avec un petit moteur à essence. Mais, en général, les tondeuses attelées aux animaux sont rarement utilisées pour la gestion des plantes de couverture.

6.4 - Gestion mécanique des plantes de couverture avec les équipements attelés aux tracteurs

Les rouleaux à lames et les gyrobroyeurs les détails sur les caractéristiques et les modes d'utilisation de ces matériels ont été présentés à la sous-section qui traite des équipements manuels ou attelés aux animaux. Le lecteur peut s'y référer.

Planche19. Un rouleau à lames simple, fabriqué avec du bois et des barres métalliques. Il est approprié pour la traction animale et les tracteurs de faible puissance. (T. Friedrich).



Planche 20. Un rouleau à lame attelé au tracteur. (T. Friedrich)



Comment fabriquer un rouleau à lames ? (tiré de <http://www.rolf-derpsch.com/>)
Le rouleau à lames est constitué d'un cylindre creux en acier, de 6 mm d'épaisseur, environ 115 - 220 cm de large et, 60 - 70 cm de diamètre. Les extrémités pour permettre un remplissage avec de l'eau en cas de besoin. Environ 8 - 12 lames émoussées équidistantes de 19 cm. Les lames, d'une hauteur de 7 - 10 cm sont placées parallèlement au cylindre avec un de 45 ou 90°
Lepoidsdechaquecylindrede200cmestd'environ400kg et800respectivementàl'étatvideetquandremplid'eau. Parfois, certains rouleaux comportent trois cylindres, dont deux disposés à l'avant et un à l'arrière afin de couvrir une grande surface de travail. Les cylindres sont montés sur un châssis pour créer une pression hydraulique (Derpsch, 2003)

Planche 21. Le rouleau à lames pour rabattre la végétation et garder les résidus sur le sol est un outil essentiel pour la gestion des plantes de couverture (R. Derpsch)



Les broyeurs

Partant du principe de fonctionnement du rouleau à lames, on peut concevoir plusieurs types d'équipement pour rabattre et broyer la couverture végétale. Certains de ces outils ont été évoqués dans la partie AC et Elevage. Pour les tracteurs, une autre alternative serait d'utiliser les disques modifiés du pulvérisateur. Les roulements rotor du pulvérisateur avec des bars en acier pourraient également fonctionner comme un broyeur.-

Planche 22. Pulvérisateur modifié pour être utilisé comme un rouleau à lames. (T. Friedrich).



Planche 23. Tubes métalliques attelés à un tracteur, utilisé comme broyeur



Les tondeuses

Comme relevé plus haut sur la sous section sur les équipements utilisés avec la traction animale, il n'est pas recommandé de tondre les plantes de couverture au risque de favoriser les repousses. En outre les résidus seront dispersés en vrac sur le sol, contrairement au cas du rouleau à lames où ils sont alignés. Ceci pourrait compliquer les opérations de semis car la biomasse aura tendance à obstruer les équipements du semoir.

Outre les tondeuses, les broyeurs / hacheurs sont un autre type d'outils utilisés pour faucher la couverture végétale. Les broyeurs sont constitués de lames, tournant verticalement à haute vitesse autour d'un axe horizontal. Très souvent, ils découpent la biomasse en petits morceaux. Entre autres avantages, ils permettent une bonne répartition du mulch sur le sol ; la lutte contre les pestes et les pathologies et les morceaux de végétaux broyés n'entravent pas les opérations de semis. Toutefois, et par-dessus tout, le premier inconvénient du broyage réside dans le fait que les morceaux broyés se décomposent rapidement, ils ne peuvent pas rester sur le sol aussi long-

temps que les résidus non broyés. La forte consommation d'énergie constitue le deuxième inconvénient. Pour cette raison, les broyeurs- hacheurs ne doivent être utilisés pour la gestion des plantes de couverture ou des résidus que dans des cas particuliers. Les gyrobroyeurs présentent les mêmes limites que les broyeurs- hacheurs.



Planche 25. Un gyrobroyeur utilisé pour broyer les tiges de cotonniers. (T. Friedrich).



Le même principe est appliqué aux pailles de céréales après la récolte et le battage. Il est important que la distribution de la paille soit uniforme sur toute la largeur de coupe de la moissonneuse - batteuse. Dans beaucoup de cas, les moissonneuses - batteuses modernes sont équipées d'un broyeur de paille. Le broyeur doit être monté de manière que toute la paille et la balle soit distribuées de façon uniforme sur toute la largeur de coupe de la moissonneuse - batteuse.

Planche 26. Moissonneuse - batteuse avec un broyeur de paille (T. Friedrich).



Avec l'AC, il est préférable, mais dans le cas des pailles de céréales, de ne broyer mais d'épandre les tiges derrière la moissonneuse - batteuse. On réalise ainsi des économies d'énergie, le sol est couvert pendant un temps plus long. Les épandeurs de pailles pour les moissonneuses batteuses sont disponibles sur le marché et peuvent être montés facilement au champ.

Planche 27. Épandeur de pailles attelé à une moissonneuse - batteuse (MAX - Irmãos Thonnigs Ltda.).



Planche 28. Épandeur de pailles fabriqué par un agriculteur. (T. Friedrich).



6.5 - Gestion chimique

La gestion chimique des plantes de couverture ou de la végétation des jachères renvoie à l'épandage des herbicides. Les herbicides sont utilisés pour « brûler » (dessécher) le couvert végétal pour faciliter l'installation de la prochaine culture. L'opération est réalisée normalement avant la fin de la floraison de la plante de couverture, ou lorsque cette dernière est au stade laitieux. L'opération peut également intervenir au moment du sarclage de la culture principale, ou lorsqu'il se fait tard pour utiliser le rouleau à lames. Plusieurs types de pulvérisateurs ont été mis au point, ils seront présentés en 2 parties :

- Les pulvérisateurs manuels ou tractés par les animaux
- Les pulvérisateurs utilisant les tracteurs

6.6- Equipements manuels et attelés aux animaux, utilisés dans la gestion chimique de l'enherbement

Le pulvérisateur à dos avec levier est probablement le type de pulvérisateur manuel le plus utilisé. Il est porté sur le dos, et peut donc être transporté facilement partout dans le champ et sur tout type de terrain.

Le réservoir constitue la partie la plus volumineuse du pulvérisateur. Rempli, il peut contenir entre 10 et 15 litres. Un levier manuel situé à côté du réservoir, servant à faire un mouvement de montée - descente, est utilisé pour créer la pression nécessaire pour la propulsion du produit (Moeller, 1997). Le liquide s'écoule par petites gouttelettes en sortant de la buse.

L'utilisation du pulvérisateur à dos est assez fatigante à cause de la portée et de la marche sur de longues périodes. D'autres types de pulvérisateurs basés sur le même principe de fonctionnement ont été mis au point.

Planche 29. Le pulvérisateur à dos est probablement le type pulvérisateur le plus utilisé dans le monde. (T. Friedrich).



Le réservoir est placé sur le châssis d'une brouette ou sur une monture équipées de deux roues. Pour la traction humaine, le réservoir peut contenir entre 25 à 50 litres de produit. Une des roues est utilisée comme pompe. La pompe du pulvérisateur est activée au travers d'une tige de transmission à partie de l'essieu de la roue. Le pulvérisateur n'étant plus porté, mais tracté, la superficie traitée peut être élargie grâce à une rampe munie de plusieurs buses. Un tel système peut couvrir une largeur allant jusqu'à 5 m, et le temps de traitement peut être réduit de 0,6 à 1h par hectare (Araújo et al., 1999).

Planche 30. Adaptation d'un pulvérisateur à dos pour la traction manuelle. (T. Friedrich).



Dans certaines régions, la disponibilité de l'eau est une contrainte majeure pour l'utilisation des herbicides. Le recours aux équipements simples utilisant des buses rotatives peut être une alternative viable. Dans ce cas, les quantités à appliquer peuvent être réduites de 150-200 l/ha à 10-20 l/ha.

Planche 31. Un producteur avec un pulvérisateur à buse rotative (T. Friedrich).



Encadré 4. Différents types de pulvérisateurs

- Buses hydrauliques
- Buses rotatives / faible volume
- Pulvérisateur avec une seule buse
- Pulvérisateur à rampe
- Pulvérisateur avec cache / cultures en ligne

Les humecteurs à mèche sont des équipements simples utilisés pour appliquer les herbicides. Il est important de respecter les doses recommandées d'herbicides et que l'humecteur ait un débit constant pendant toute la durée du traitement. Etant donné qu'il n'y a pas de problème de pression, les humecteurs à mèche peuvent être utilisés pour les traitements sur l'interligne sans présenter aucun risque pour la culture, à condition qu'un minimum de précaution soit pris pour ne pas toucher les lignes de semis.

Planche 32. Humecteur à mèche. (B. Sims).



Même si les herbicides utilisés sont de faible toxicité, il faut noter que la manipulation des produits agro-chimiques doit se faire avec attention et uniquement par des personnes bien formées. Le pulvérisateur ne doit pas

avoir de fuite et doit être dans un bon état. Les buses doivent être nettoyées et remplacées régulièrement. Les utilisateurs doivent être formés sur la mesure et l'utilisation des pulvérisateurs afin de pouvoir obtenir un maximum de résultat avec peu de quantité de produits.

Les grands pulvérisateurs, avec une longue rampe et qui peuvent contenir de grosses quantités de produits, ont été mis au point pour la traction animale, bien qu'ils soient plus adaptés pour les zones plates. Pour les zones montagneuses, il est recommandé d'utiliser les modèles avec une courte rampe.

Planche 33. Un pulvérisateur à rampe attelé aux animaux (T. Friedrich)



6.7 - Utilisation des tracteurs pour la gestion chimique des plantes de couverture et des mauvaises herbes.

Le pulvérisateur à rampe porté ou attelé au tracteur constitue l'équipement le plus utilisé pour épandre l'herbicide. Selon la taille, ce pulvérisateur peut être remorqué, monté ou auto-propulsif. Pour les cultures en lignes, les pulvérisateurs avec cache peuvent être utilisés pour appliquer l'herbicide entre les lignes sans affecter les plants.

L'utilisation des herbicides nécessite beaucoup d'attention, de connaissances et d'habileté pour éviter les risques sur la santé humaine et l'environnement. Les pulvérisateurs doivent respecter les normes standard de sécurité et être dans un bon état. Il ne doit pas y avoir de fuites, le système de réglage doit être en bon état de fonctionnement, les buses doivent être vérifiées et remplacées régulièrement. Les utilisateurs doivent être compétents et recyclés régulièrement. Une mauvaise application d'herbicide augmente les coûts de production et peut endommager la culture.

Planche 34. Pulvérisateur avec cache pour l'application d'herbicide entre les lignes de semis (T. Friedrich)



Avant de commencer l'épandage, le pulvérisateur doit être bien réglé pour se rassurer que c'est effectivement la dose recommandée qui est appliquée. On doit choisir les buses qui donnent une distribution régulière, permettent une bonne couverture du sol même avec des hauteurs variés de la rampe. Les buses avec ventilateur plat, celles dont le jet est abondant ou dévié remplissent généralement ces critères. En fonction du type de buse et de la quantité de produit à épandre, la pression doit être faible (1-2 bar) pour éviter la formation des petites gouttelettes.

Planche35. Pulvérisateur porté à rampe avec manche pour réduire l'entraînement par le vent (drift). (T. Friedrich).



Les pulvérisateurs vieux ou obsolètes qui ne peuvent plus fonctionner normalement peuvent être améliorés ou récupérés à faible coût, en remplaçant les équipements de transports des produits. Très souvent, le réservoir, le pulvérisateur et même la rampe peuvent encore servir. Il est recommandé de remplacer la pompe, la tuyauterie, les filtres et les buses sur les lignes concernées.

Planche36. Récupération et amélioration d'un vieux pulvérisateur : renouvellement de la pompe, des régulateurs et de la tuyauterie. (T. Friedrich).



7. LE SEMIS DIRECT

Cette section donne des informations sur le semis direct avec des outils utilisant diverses sources d'énergie :

- Semoir et houe
- Semis direct manuel
- Semoir attelé aux animaux ou à un tracteur à un seul essieu
- Le semis direct avec les tracteurs
- D'autres informations sur le semis direct

7.1 - Semoir et houe manuelle

Le semis direct est pratiqué dans plus endroits de la zone tropicale, bien que la terminologie ne soit pas autant utilisée.

Planche37. Un agriculteur des hautes terres du Sud Honduras utilisant un plantoir pour semer le maïs. (A.J. Bot).



Planche 38. Haricot semé sur les résidus de la précédente culture au Costa Rico (A.J. Bot)



La houe est l'outil le plus utilisé pour le semis dans beaucoup de zones en Afrique. Avec une lame plus fine et étroite, la houe manuelle utilisée pour le semis est généralement différente de celle qui sert pour le labour et le sarclage. En fait, on parle de semis/plantation direct lorsqu'il n'y a aucun travail préalable du sol avant le semis. En Amérique latine, une canne planteuse (huizute à Salvador, Coa au Mexique, espeque à Honduras, etc.) est généralement utilisée pour semer le maïs, le sorgho et les haricot peuvent être semer à la volée sur le couvert sans aucune préparation du sol. Lorsqu'on les semences traversent le couvert, elles peuvent germer sans difficulté sur le sol humide en dessous du mulch.

7.2 - Semoir pour semis manuel direct ou planteuse Jab

La canne planteuse jab (matracas en Portuguais) a été mise au point pour faciliter et accélérer les opérations de semis. C'est un outil manuel qui permet aux agriculteurs de réaliser le semis dans une position debout, à une vitesse plus rapide qu'avec les autres outils manuels (en moyenne 2 jours par hectare). Elle est constituée de deux longs leviers reliés par une charnière pour former un V avec un bout pointu. En fermant les leviers, le bout s'ouvre pour placer la semence et l'engrais dans le sol. La recharge de la trémie se fait simultanément grâce au mécanisme métrique. La canne est poussée dans le sol à chaque étape, permettant ainsi un espacement régulier.

Les inconvénients du semoir jab :

- Les leviers en bois sont quelquefois faibles et peuvent se casser facilement lorsque utilisé par des personnes énergiques

- Le bout du plantoir est parfois bouché par la terre, notamment lorsque l'outil est utilisé par des novices sur des sols argileux très humides

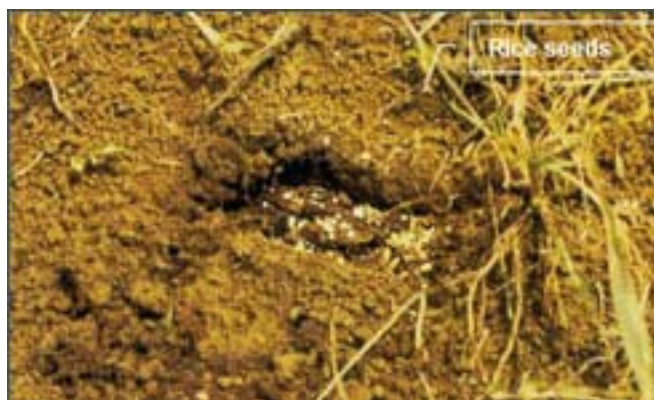
Il existe deux modèles de plantoir Jab: un avec un bout large et l'autre avec un bout étroit. Le premier est utilisé sur les sols bien préparés, par exemple le semis se fait sur des billons. Le deuxième modèle avec le bout étroit est conçu pour le semis direct, il est plus recommandé pour l'AC

Planche 39. Un groupe d'agriculteurs apprenant à utiliser la canne planteuse jab pour semer sur le mulch. (J. Ashburner).



Une des améliorations du plantoir est le montage d'une seconde trémie pour l'engrais, sur le côté opposé de la trémie de semences. Cette adaptation permet aux producteurs d'épandre l'engrais sur la parcelle tout en réalisant le semis. La séparation des distributeurs permet d'éviter que la semence et l'engrais ne soient déposés.

Planche 40. La distance entre les semences et les fertilisants déposés dans le sol par la canne planteuse jab est d'environ 2 cm de large, avec une profondeur d'1-2 cm. (A.J. Bot).



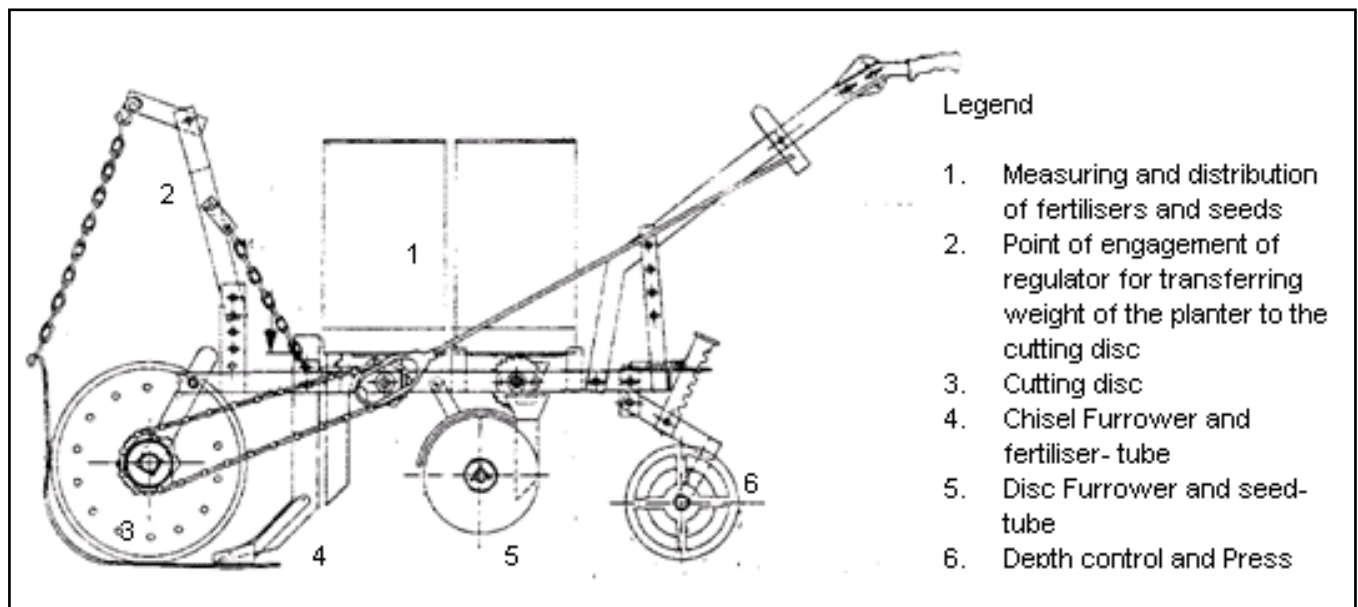
7.3 - Semoirs attelés aux animaux ou aux tracteurs à un essieu

Les équipements de semis direct pour la traction animale ou les tracteurs à un essieu ont été mis au point pour gérer les résidus sur la surface du sol et, e, même temps, placer les semences et les fertilisants dans le sol. Ainsi, les semoirs de semis directs sont constitués des éléments suivants :

- Un disque pour casser le sol et ouvrir une fente

- Un rayonneur (parfois un chisel) pour déposer les fertilisants
- Une rayonneur (un chisel ou un double disque) pour placer les semences
- Des roues pour contrôler la profondeur de semis et éventuellement couvrir la ligne de semis
- Roue compacteuse pour refermer la fente de semis et assurer un bon contact entre le sol et la semence

Figure 2. Dessin de base d'un semoir de semis direct - prototype IAPAR Gralha Azul (adapté de Ribeiro et al.)



L'efficacité d'un disque utilise pour faucher les résidus de cultures (de couverture) dépend de plusieurs facteurs

- Les caractéristiques du sol : texture, résistance à la pénétration, humidité et porosité
- Caractéristiques des résidus et des tiges : résistance à la fauche, humidité, quantité et mode de gestion
- Le semoir : poids et dynamique
- Le disque : taille, forme et profil

Planche 41. Disque coupant (T. Friedrich).



Pour avoir de bons résultats, il est recommandé de :

- Travailler pendant les heures de la journée où la température est la plus élevée (après 10h du matin)
- Conduire l'opération lorsque les tiges sont soit encore vertes ou complètement sèches, jamais quand elles se sont seulement fanées
- Travailler quand le sol est friable
- En cas d'utilisation de la traction animale, ne jamais essayer de semer si la quantité de résidus sur le sol est supérieure à 5 tonnes / hectare.

Une mauvaise coupe peut entraîner une accumulation des résidus sur les différentes parties du semoir, causant des problèmes de dépôt de semences et d'engrais : espacement irrégulier ou absence totale de semences (Ribeira et al., 1999).

Planche 42. Les résidus s'accumulent s'ils sont encore très humides ou quand l'équipement est mal monté. (S. Vaneph).



Le sol doit être assez ferme pour que les résidus soient coupés et traversés, sinon ils seront poussés dans le sol donnant un aspect sale à la surface, par ailleurs il y aura un mauvais contact entre le sol et la semence. L'obstruction du matériel peut également entraîner un tranchage incomplet de résidus sur des sols mous (Casão et Yamaoka, 1990). Les disques coupants ont des bords soit lisses pour faciliter la pénétration dans le sol ou ; des bords ondulés ou cannelés si on souhaite un plus grand travail du sol, par exemple quand une infestation de *Fusarium* est attendue et que l'on veut avoir un sol plus sec, ou faciliter la rotation du disque et éviter les bourrages.

Les rayonneurs pour semences et engrais, pour la traction animale ou les semoirs attelés au mini -tracteurs sont généralement des chisels à dents ou une houe, des doubles disques ou des poinçonneuses rotatives. Très souvent, le rayonneur est placé juste derrière ou sur le bout des tubes qui déposent la semence et l'engrais.

La performance du rayonneur dépend de ses caractéristiques géométriques; la vitesse d'avancement ; la texture et la densité du sol ; la quantité des résidus et ; le charge verticale du semoir qu'elle doit supporter. Le rayonneur peut prendre la forme de :

- Une dent / chisel : généralement utilisé sur des sols qui ont une grande résistance à la pénétration, mais cause beaucoup de problèmes avec l'obstruction de l'outil par les résidus, ne peut pas être utilisé sur des sols où il y a beaucoup de cailloux ou des souches d'arbres. Les chisels sont préférés pour les outils attelés aux animaux car grâce à une bonne possibilité de pénétration, ils exigent moins de puissance.
- Les doubles disques (avec ou non le même diamètre) et un offset monté à un angle de manière à former un V. l'effet additionnel est que les résidus qui n'ont pas été bien coupés par le disque principal sont bien sectionnés permettant ainsi de limiter l'obstruction du matériel. L'outil ne pénètre pas très bien le sol, les sols argileux en particulier (Ribeira et al., 1999). Les disques de diamètres différents et des équipements offsets à un essieu ont de bonne capacité de pénétration et d'auto-nettoyage que ceux de même diamètre.

Les types de sillons les plus généralement formés par les semoirs de semis direct aux animaux (Baker et al., 1996) sont :

- 1- les sillons en forme de V
- 2- les sillons en forme de U

Dans l'agriculture de conservation, les sillons en V sont presque toujours créés par des disques jumelés qui se touchent au niveau du bout avant, et sont ouverts à l'arrière. L'angle du V est généralement d'environ 10°. Chacun des disques pousse à peu près la même quantité de terre quand les deux disques sont montés avec un même angle à la verticale. Le plus grand avantage des disques jumelés verticaux c'est leur aptitude à gérer les résidus sur la surface du sol sans s'obstruer. Le montage est relativement simple, les dépenses pour la maintenance et l'entretien quasi nulles.

Planche 43. Semoir avec deux coutres, et des pneus avec jantes en fonte (T. Friedrich).



Quand le tranchant avant des deux disques laisse une fente au niveau du sol, ceci peut être une porte d'entrée des résidus dans le sol. Pour éviter cela, on peut :

- Placer le troisième disque devant, ou entre les deux autres, pour couper les résidus ou ;
- Fixer l'un des deux disques devant l'autre de manière à ce que à avoir un seul tranchant ou ;
- Remplacer l'un des deux disques par un disque plus petit ; le disque plus grand joue maintenant le rôle du tranchant principal pour couper les résidus.

Les inconvénients des sillons en V :

- Ne conviennent pas dans les conditions de sol sub-optimales
- Exigent une force élevée de pénétration
- Tendance à enfouir les résidus dans les lits de semence (hérissément)
- Tendance à concentrer les semences et les fertilisants, quand ils sont déposés ensemble, à la base du lit de semence

Les sillons qui se distinguent de ceux en forme de V par des bords plus larges sont appelés sillons en U. Dans les cas de semoirs tractés par les animaux ou par un mini-tracteur les sillons en U sont d'habitude formés par les types de billonneurs suivants :

- Des cultivateurs motorisés
- La houe ou chisel

Tous ces types d'équipements ameublissent la surface du sol près du sillon, cette terre peut être utilisée pour recouvrir le poquet. Les ouvre-sillons de type houe ou

chisel éclatent le sol dans un sens ascendant ; les engins combinés pour le semis et le travail du sol hachent le sol avec un jeu de disques rotatifs ; les corps rayonneurs dégagent le sol dans la zone du sillon.

Planche 44. Les composantes d'une billonneuse (T. Friedrich).



Le corps rayonneur désigne à tout type de dent ou de chisel, conçu pour pénétrer verticalement le sol. La semence est distribuée soit au travers de la dent creuse même, ou au travers d'une goulotte fixée tout près de la dent, et très souvent ouverte à l'arrière. Le principal désavantage des houes est qu'elles ne parviennent pas à gérer des quantités même modestes de résidus sans se bloquer, à moins qu'un disque d'entraînement ne soit placé devant la houe pour couper les résidus.

Planche 45. Un semoir avec ouvre-sillon pour engrais et semences, placé derrière le disque coupant (T. Friedrich).



Les corps rayonneurs présentent plusieurs avantages:

- Coûtent moins chers
- Meilleure pénétration du sol que les disques, donc peuvent s'utiliser avec des engins légers, apparaissent comme la meilleure option pour la traction animale
- Ne font pas rentrer les résidus dans les sillons, mais les poussent sur le côté

- Créent un bon lit de semences

Leurs inconvénients:

- S'utilisent avec difficultés sur les sols caillouteux, ou avec obstacles
- Exigent un bon disque coupant pour les résidus
- En fonction de la forme et de la largeur, créent beaucoup de mouvement sur le sol

La poinçonneuse rotative à injection est un autre type d'ouvre sillon. Elle gère assez bien les résidus, mais à tendance à se bourrer sur des sols collants

Planche 46. Un semoir à deux rangs avec poinçonneuse rotative. (T. Friedrich).



Place 47. Un semoir monograine avec poinçonneuse rotative. (T. Friedrich).



Pour les plantes annuelles, il est recommandé de déposer l'engrais à environ 5 cm sur le côté et en dessous de la semence. Pour un semoir de semis direct, ceci signifie que le dispositif d'ouverture de l'engrais est placé hors de la ligne de semis. Dans le cas des semoirs attelés, l'engrais est placé toujours sous la semence, mais sur la même ligne.

Planche 48. Détail de l'intérieur d'une trémie de semoir de semis direct, montrant le disque et l'éjecteur de semence (V.H. de Freitas.)



Les caractéristiques du plateau à l'intérieur de la trémie déterminent la densité de semis. Ces plateaux tournent grâce à la transmission d'un des pneus soit avec une chaîne ou un embrayage. La distance entre le sol et la goulotte détermine la précision de semis : si la distance est grande, il y a de fortes chances que la semence ne soit pas enterrée avec l'écartement souhaité.

Planche 49. Les dispositifs de mesure de la semence et de l'engrais sont activés par le mouvement des pneus. Il y a une transmission par la chaîne et le pignon (A.J. Bot).



Dans le cas des semoirs attelés, les disques peuvent être fabriqués sur mesure par commande auprès du constructeur du semoir. Pour réduire les pertes de semences, le diamètre du plateau doit être assez grand pour avoir une grande vitesse de révolution. Les semoirs de traction animale avec des petits disques doivent être utilisés avec des boufs et non des chevaux, étant donné que les chevaux ont une vitesse d'avancement plus élevée. La majorité des semoirs attelés modernes utilisent maintenant des disques standard conçus normalement pour les semoirs tractés, et qui peuvent supporter la vitesse de n'importe quel animal de trait.

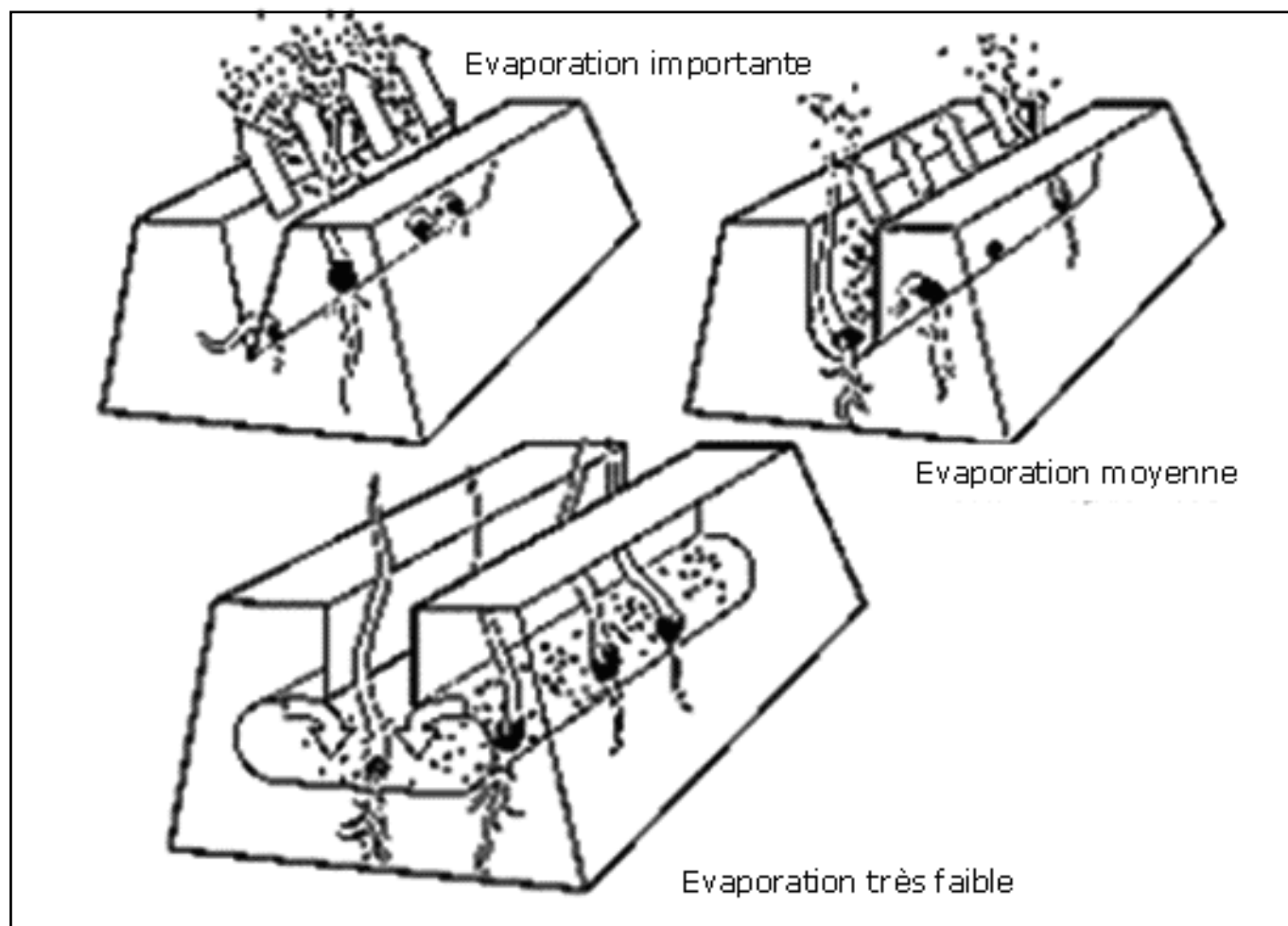
Planche 50. Plateau d'un semoir motorisé standard utilisé dans un semoir attelé simple (T. Friedrich)



Pendant longtemps, les scientifiques ont pensé que la terre ameublie était la meilleure couverture pour les semences. Cette pensée a émergé dans les zones où le

lit de semences était labouré. Mais, dans des conditions arides particulièrement, on peut observer que les semences couvertes par le mulch germent mieux que celles couvertes par la terre. Dans un sol labouré, le macropore situé aux alentours de la semence est entièrement détruit, l'équilibre de l'humidité du sol et la capillarité sont perturbés. Sur les sols non travaillés, l'équilibre de l'humidité du sol reste intact permettant un échange optimal d'humidité entre les particules du sol et les pores. Ceci permet la remontée capillaire de l'eau à la surface, atténuant ainsi les pertes par évapotranspiration du paillis. Dans l'AC, les pertes de l'humidité du sol se passent dans les sillons de semis, le taux de perte dépend de la forme du sillon (figure 3). De plus amples informations sur la conservation de l'humidité selon les types de sillon peuvent être trouvées dans le document de Baker et al (1999)

Figure 3. Perte d'humidité en fonction de la forme des sillons et la position de la semence dans le sol (d'après Carter, 1994)



Les sillons en forme de T retourné piègent la vapeur d'eau dans le sillon, favorisant ainsi la germination de la semence. Dans les sillons en V et U, tasser la semence avant de la recouvrir améliore leurs performances, notamment dans les sols secs.

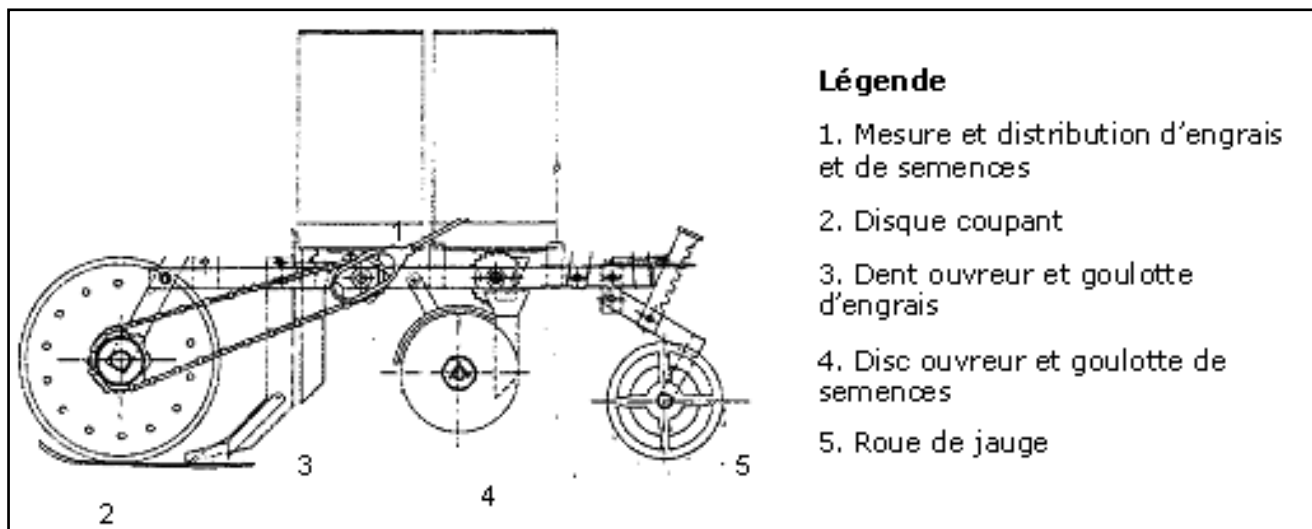
Les pneus et l'arrière de l'équipement servent à appuyer le sol humide ou les résidus de culture sur le sillon afin que le dépôt de la semence se fasse de manière à renforcer le contact avec le sol, au fur et à mesure que l'outil avance sur le sillon.

Les résidus sont une ressource importante pour faciliter le développement de la plantule sur des sols secs. Il est possible d'avoir un bon développement des plantules sur les sols secs avec le semis direct que par le labour, à condition d'utiliser une technique et des outils appropriés.

Les prototypes des semoirs attelés aux animaux étaient conçus pour semer une seule ligne à la fois. Aujourd'hui, il existe des semoirs multi-rang. Certains de ces semoirs ont même un siège aménagé pour l'opérateur.

7.4 - Équipements de semis direct pour tracteurs

Figure 4. Dessin de base d'un semoir de semis direct - prototype IAPAR Gralha Azul (adapté de Ribeiro et al.)



Les planteuses ou les semoirs de semis direct possèdent quelques unes, sinon l'ensemble des pièces suivantes :

- Trémie pour la semence, et si possible pour l'engrais, avec des mécanismes de distribution et des goulottes différents
- Disque de nettoyage, pour enlever l'excédent de mulch sur les lignes de semis
- Disque coupant pour trancher à travers les résidus

Planche 51. Un semoir à deux rangs attelé aux animaux (T. Friedrich).



- Disque (ou dent) ouvreur pour l'engrais
- Un disc ouvreur pour les semences
- Disque (roue) de fermeture
- Roue plumbeuse

Disque nettoyeur

Dans certaines conditions, les semoirs de semis directs disposent d'un disque nettoyeur monté juste devant ou combine au disque coupant. Le disque nettoyeur facilite

l'opération de semis dans les conditions suivantes :

- Mulch épais ou difficile à gérer
- Semences fragiles
- Dans les climats tempérés / froids pour préparer le sol

Planche 52. Disque nettoyeur associé au disque coupant (T. Friedrich).



Le disque coupant

Un disque coupant est généralement nécessaire pour faire une ouverture nette des résidus et éviter l'accumulation des résidus autour de certaines pièces du semoir ou, pour éviter de presser les résidus dans la ligne de semis. Il est particulièrement utile lorsque la quantité de résidus sur le sol est importante et, lorsqu'on utilise un disque (dent) ouvreur. L'efficacité du disque coupant dépend de plusieurs facteurs : les commentaires faits dans ce chapitre sur les performances du disque coupant avec les semoirs en traction animale sont les mêmes pour cette sous partie sur les tracteur, il faut s'y référer.

Le disque ouvreur

Un sillon peut être ouvert par une dent ou une houe, un disque placé à un angle du sillon, des disques jumelés ou par une poinçonneuse. Généralement, le corps rayonneur est placé juste devant ou au bout de la goulotte des semences et de l'engrais.

La performance du disque ouvreur dépend de ses caractéristiques géométriques, la vitesse d'avancement, la texture et la densité du sol, la quantité de résidus et la pression exercée sur le sol par le semoir. Un disque le disque ouvreur peut être :

- Une dent ou une houe : généralement utilisée sur les sols qui ont forte résistance à la pénétration, mais ceci aboutit souvent à des problèmes avec l'obstruction des équipements par les résidus. Cet outil est donc difficile à utiliser sur des sols caillouteux, ou avec beaucoup de racines ou des souches d'arbres. Les ouvre-sillons, utilisé seul ou en combinaison avec les disques, sont généralement préférés pour les semoirs légers de semis direct attelés aux tracteur de faible puissance, leur bonne capacité de pénétration n'exigeant pas d'engins plus puissants.
- Pulvérisateurs simples
- Des disques jumelés, soit de même diamètre ou de diamètres différents sont placés de manière à former un angle en V. l'effet additionnel obtenu c'est que les résidus non complètement tranchés par le disque coupant sont sectionnés par ces disques, réduisant ainsi l'obstruction du matériel. Le matériel a une faible capacité de pénétration du sol, surtout les sols argileux (Ribeira et al., 1999). Les disques de diamètres différents et des offsets à un essieu ont de bonne capacité de pénétration et d'auto-nettoyage que ceux de même diamètre.
- Il existe d'autres types d'ouvre-sillons tel que le T retourné et les sillons croisés

Les points de vue sont diversifiés sur les fonctions du corps rayonneur des semoirs/planteuses de semis direct. D'aucuns pensent que l'ouvre-sillon tout en déposant la semence, réalise une préparation du lit de semence dans le sillon. Pour cette raison, certains agriculteurs utilisent souvent des ouvre-sillon en forme de houe, créant un grand mouvement sur le sol. Cette pratique entraîne des besoins en engins puissants pour la traction, une perte de l'humidité du sol et, la germination des semences des mauvaises peut être facilitée. Avec l'AC, il est préférable d'utiliser les corps rayonneurs qui sont conçus pour créer le moins de perturbation possible sur le sol, le résultat est le même que ces corps soient des dents ou des disques.

Planche 53. Semis sans travail du sol avec une houe de type ouvre-sillon qui fait beaucoup de mouvements dans le sol (T. Friedrich).



Les sillons peuvent avoir 4 formes (Baker et al., 1996) :

- 1- sillon en V
- 2- sillon en U
- 3- Sillon en T inversé
- 4- sillons croisés

Planche 54. Semis direct avec un rayonneur à disques jumelés, très faible perturbation de la structure du sol (à droite, une parcelle semer avec un semoir à houe) (R. Dambros).



Les sillons en V sont presque toujours créés par des disques jumelés qui se touchent au niveau du bout avant, et sont ouverts à l'arrière. L'angle du V est généralement d'environ 10°. Chacun des disques pousse à peu près la même quantité de terre quand les deux disques sont montés avec un même angle à la verticale. Le plus grand avantage des doubles disques c'est leur aptitude à gérer les résidus sur la surface du sol, les cailloux et d'autres obstacles mineurs sans s'obstruer. Le montage est relativement simple, les dépenses pour la maintenance et l'entretien quasi nulles.

Planche 55. Rayonneur avec double disques, ici avec un offset de disques pour améliorer la pénétration (T. Friedrich).



Quand les marges avant des deux disques laissent une ouverture sur le sol, ceci peut favoriser l'enfouissement des résidus ou de la terre. Ceci peut être évité en :

- plaçant un troisième disque à l'avant, ou entre les deux disques jumelés, pour couper les résidus ; ou
- montant l'un des deux disques jumelés à l'avant de l'autre pour présenter un seul tranchant (disques offset) ; ou
- remplaçant l'un des deux disques par un autre disque plus petit, le disque plus grand devient le tranchant principal pour couper les résidus.

Planche 56. Corps rayonneur avec double disques et un jeu de disques de diamètres différents. (T. Friedrich).



Inconvénients des sillons en forme de V:

- Exige une grande force de pénétration
- Ne supportent pas les conditions sub-optimales

- Tendance à boucher les sillons avec les résidus
- Tendance à concentrer les semences et l'engrais à la base du sillon en cas d'utilisation du même sillon

Les sillons en forme de U ont une base plus large que les sillons en V. Ils sont créés par divers types de corps rayonneurs :

- Disque ouvreur
- Houe
- Pulvérisateur

Tous ces modèles ameublissent le sol à côté du sillon, cette terre peut être utilisée pour refermer le sillon. Les disques ouvrent les sillons à angle raclent le sol à partir du centre du sillon, la houe et les autres types de corps rayonneur éclatent le sol vers le haut.

Planche 57. Détail d'un disque ouvre sillon (T. Friedrich).



Encadré 5. les coutres à un disque

Caractéristiques :

- Produit des sillons en forme de U
- Simple et robuste
- Compact (est souvent utilisé pour tracer les lits de semence)
- Gère bien les résidus

Inconvénients:

- Exige une force de pénétration élevée
- Forte perturbation du sol (en fonction de l'angle)

La houe regroupe tous types de dents ou chisels, conçus pour une pénétration verticale du sol. La semence est délivrée soit au travers de la dent creuse même, ou au travers d'une goulotte fixée tout près de la dent, et très souvent ouverte à l'arrière. Le grand désavantage des houes est qu'elles ne parviennent pas à gérer des quantités même modestes de résidus sans se bloquer, à moins qu'un disque d'entraînement ne soit placé devant la houe pour couper les résidus.

Planche 58. Houe large pour ouvrir les sillons (T. Friedrich).



Avantages des houes

- Coûtent moins chers
- Pénètrent facilement le sol, pas besoin d'engins lourds
- Ne provoquent pas l'enfouissement des résidus, mais les poussent de côté
- Créent des bons lits de semences

Inconvénients:

- Fonctionnent mal lorsqu'il y a des obstacles sur le sol (cailloux, etc.)
- Exigent un bon disque coupant pour trancher les résidus
- Forte perturbation du sol selon la forme et la largeur.

Planche 59. Un chisel de type corps rayonneur pour une faible perturbation du sol (T. Friedrich).



Le type de sillon en T inversé a été développé en retournant le bout large, la base étroite de la forme en V. L'objectif principal visé était l'aptitude du matériel à refermer le sillon avec les résidus présents sur la surface du sol pour favoriser la conservation de l'humidité. Le deuxième objectif était de trouver un design qui permette une bonne délivrance de l'engrais en même temps que le semis. L'équipement est constitué d'une barre verticale courbée vers l'extérieur au niveau de sa base pour former deux ailes qui sont inclinées vers l'avant sur un angle de 5 - 10°. Un disque placé à l'avant sert à couper les résidus. Entre autres avantages, on peut citer :

- Absence de compaction du sol
- Auto-fermeture des sillons
- Garde la profondeur de semis constante en suivant la superficie du sol
- Capable de semer très superficiellement grâce à la faible inclinaison des ailes

Planche 60. Ouvre sillon en forme de T retourné (T. Friedrich).



Inconvénients :

- Ne tiennent pas longtemps sur les sols sableux
- Les sillons ouverts sur les sols ameublés ne sont pas de bonne qualité
- Gestion difficile des résidus (exige un disque coupant)

Le corps rayonneur pour sillons croisés est une forme avancée de l'ouvre sillon en forme de T inversé. Il produit de très bonnes conditions de germination pour la semence (encadré 6). Il est constitué d'un disque coupant vertical, avec deux petites ailes rattachées sur les deux côtés. Les ailes créent des fentes horizontales, la semence est placée dans l'une des fentes, et l'engrais dans l'autre. Ces fentes horizontales sont séparées par le sillon vertical créé par le disque coupant.

Planche 61. Détail d'un corps rayonneur pour sillons croisés (T. Friedrich).



Encadré 6 : Caractéristiques des sillons croisés

Avantages :

- Bonnes conditions pour la germination de la semence
- Bonne séparation des semences et de l'engrais
- Faible exigence en force de traction
- Bonne gestion des résidus

Inconvénients:

- Ne tiennent pas longtemps sur les sols sableux
- Coûts élevés

La poinçonneuse rotative à injection est une autre forme d'ouvre sillon. La semence est placée entre les doigts de deux roues étoilées qui sont montées avec un angle comparable à celui du disque jumelé, puis poussée et déposée dans le sol. Ce matériel gère assez bien les résidus, mais à tendance à s'obstruer quand il est utilisé sur des sols argileux (collants).

Planche 62. Un semoir à poinçonneuse rotative (semoir à roue étoilée). (T. Friedrich).



Pour les plantes annuelles, il est recommandé que l'engrais soit placé à 5 cm à côté et en dessous de la semence. Dans le cas de semoir de semis direct, ceci suppose que l'ouvre sillon pour l'engrais est un offset sur un côté de la ligne de travail du semoir. Toutefois, pour la majorité des semoirs l'engrais est placé sous la semence mais sur la même ligne.

Planche 63. Détail semoir à poinçonneuse rotative. (T. Friedrich).



Les avantages des différentes formes de sillons et leurs effets sur la qualité de la germination ont été discutés dans la partie sur la traction animale, le lecteur doit s'y référer. La principale référence sur ce thème est le travail de Baker et al., 1996.

Semoirs et planteuses

Les différentes plantes et semences exigent diverses techniques de semis ou de plantations. Les deux techniques les plus courantes sont :

1- le semis en lignes : la semence est enterrée suivant une bande continue dans la ligne de semis. Cette mé-

thode est souvent utilisée pour les plantes à petites graines comme les céréales. La quantité de semences est mesurée par des rouleaux d'alimentation de différents modèles, qui sont positionnés soit de manière à avoir un rouleau par ligne de semis et alimentation gravitaire, ou alimentation centrale avec une distribution pneumatique de la semence sur les lignes. Les engins utilisés pour ce type de semis sont généralement appelés semoirs en ligne ou semoir.

2- semis de précision: une seule ou un nombre prédéterminé de semences sont enterrées sur la ligne avec un espacement prédéterminé. Cette méthode est généralement utilisée pour les cultures semées en lignes tel que le maïs, le haricot, le coton, le tournesol etc. le nombre de semences par poquet et la distance entre poquets sont déterminés par le plateau qui a des crans ou des alvéoles pour mesurer la quantité de semence. La mesure peut être mécanique ou pneumatique, dans ce dernier cas l'air est soit aspiré ou pressurisé pour choisir le nombre de semence par poquet.

Planche 64. Semoir en lignes de semis direct mécanique (T. Friedrich).



Planche 65. Semoir pneumatique de semis direct avec deux dispositifs centraux de mesure et de distribution (T. Friedrich)



Planche 66. Un petit semoir en ligne de précision (T. Friedrich°.



Il existe des semoirs modernes de semis direct qui combinent les deux fonctions sur une même machine, le semoir en ligne et la planteuse de précision. Le producteur doit juste équiper le semoir en lignes / planteuse avec le nombre nécessaire de corps rayonneur et les connecter au dispositif de mesure approprié.

Planche 67. Semoirs en ligne de précision : en haut les rouleaux d'alimentation du dispositif de mesure pour entraîner les semences, en bas les boîtes pour les plateaux de semences servant au semis de précision (T. Friedrich).



Adaptation des vieux semoirs / planteuses en semoirs/ planteuses de semis de direct

Les semoirs et les planteuses de semis direct sont généralement plus chers que les équipements conventionnels. Le coût d'acquisition de ces semoirs de semis directs pourrait donc constituer une contrainte dans une démarche une évolution vers l'AC. Dans beaucoup de cas, les anciens semoirs en ligne conventionnels peuvent être transformés à moindre coût en semoirs de semis directs, cette modification peut être faite par l'agriculteur lui-même ou par un machiniste. Pour la conversion, le système de mesure reste le même. Il peut parfois s'avérer

nécessaire de renforcer le châssis ; les parties qui font le travail au niveau du sol, le corps rayonneur notamment, sont remplacées par de nouvelles pièces adaptées pour le labour zéro.

Planche 68. Modification d'un semoir de précision conventionnel: ajout d'un disque coupant à l'avant et remplacement du corps rayonneur pour l'engrais et les semences. (T. Friedrich)



Planche 69. Modification pour d'autres usages d'un semoir en lignes conventionnel : augmentation du nombre de disques coupants et d'ouvre-sillons, modification du châssis (T. Friedrich)



Planche 70. Le même semoir en lignes après achèvement des modifications. L'agriculteur a utilisé sa trousse pour apporter toutes les modifications. (T. Friedrich).



7.5- D'autres informations sur les semoirs de semis direct

Plusieurs fabricants de matériels de semis direct ont déjà mis en ligne des informations sur leurs produits. Les services du Département Agriculture de la FAO font des efforts pour actualiser régulièrement leur base de données en ligne sur les techniques d'agriculture de conservation. Cette base de donnée est accessible à l'adresse : <http://www.fao.org/ag/catd/index.jsp>

RÉFÉRENCES

- Almeida, F.S. 1988. A alelopatia e as plantas. IAPAR Circular 53. Londrina.
- Araújo, A.G., R. Casão Jr., and P.R. A. Araújo. 1993. Recomendações para dimensionamento e construção do rolo-faca. In: Encontro Latinoamericano sobre Plantio Direto na Pequena Propriedade. Anais. IAPAR. Ponta Grossa. p. 271-280.
- Araújo, A.G., R.S. Yamaoka and D.A. Benassi. 1999. Máquinas para pulverização em solos de baixa aptidão agrícola. In: Uso e manejo do solos de baixa aptidão agrícola. O. Muzilli and C. Castro Filho (Eds.) IAPAR Circular Técnica 108. p. 154-167
- Baker, C.J., K.E. Saxton and W.R. Ritchie. 1996. No-tillage seeding. Science and practice. CAB International, University Press Cambridge. 258pp
- Bertol, O. and O. Wagner. 1987. A knife roller or chopping roller. In: ILEIA Newsletter. Vol. 3:1. p.10-11.
- Carter, M.R. 1994. Conservation tillage in temperate agroecosystems. Lewis. Boca Raton. 390pp.
- Casão Jr., R. and R.S.Yamaoka. 1990. Desenvolvimento de semeadora-adubadora direta a tração animal. In: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Piracicaba. Anais. p. 766-777.
- Derpsch, R. and A. Calegari. 1992. Plantas para adubação verde de inverno. IAPAR Circular 73. 80 pp.
- Derpsch, R. 2003. No-tillage, Sustainable Agriculture in the New Millennium; internet homepage <http://www.rolf-derpsch.com/>

Friedrich, T. 2000. Conceptos y objetivos de la labranza en una agricultura conservacionista. In: Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. FAO. Soil and Water Bulletin 8. Rome. p. 29-37.

Godwin, R.J. 1990. Agricultural engineering in development: tillage for crop production in areas of low rainfall. FAO. Agricultural Services Bulletin 83. Rome. 124 pp.

Krause R., F. Lorenz and W.B. Hoogmoed. 1984. Soil tillage in the tropics and subtropics. GTZ. Eschborn. 320pp.

Moeller, O. 1997. Farmers' Tools. Farnesa, FAO. Zimbabwe. 115 pp.

Monegat, C. 1991. Plantas de cobertura do solo. Características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó. 337pp.

Ribeira, M.F.S., A.G. Araújo, R. Casão Jr. and D.A. Benassi. 1999. Máquinas para semeadura direta em solos de baixa aptidão agrícola. In: Uso e manejo do solos de baixa aptidão agrícola. Muzilli and Castro Filho (Eds.) IAPAR Circular Técnica 108. p. 139-152.

Vieira, M.J. 1996. Uso del arado de cincel para la producción agrícola y la conservación de suelos y agua. MAG-FAO, San José, Costa Rica. 41 pp.