

LES BASES DE L'ITINERAIRE TECHNIQUE:

Définition des travaux

Choix et fonctionnalités des équipements



Plateforme Machinisme Agricole:

ANGONIN Bernard

Rappel des fondamentaux d'un itinéraire technique adapté à toutes cultures intensives:

Types d'opérations	Définitions des travaux	Matériels potentiellement utilisables
OPERATIONS PREPARATOIRES AU LABOUR	BROYAGE	• Tondobroyeur • Gyrobroyeur
	DECHAUMAGE	• Pulvériseur à disques: - Autoporté - A disques indépendant • Outils à dents (cultivateurs lourds)
	DECOMPACTAGE (Facultatif)	• Décompacteur (tous types)
AMMEUBLISSEMENT PROFOND	Avec retournement = LABOUR	• Charrue à socs
	Sans retournement = PSEUDO LABOUR	• Décompacteurs
OPERATIONS POST LABOUR	REPRISE DU LABOUR (Emottage)	• Outils à dents - Cultivateurs - Chisels - Outils dents et disques portés • Outils animés - Herses rotatives - Houes rotatives
	PROFILAGE ➤ Lit de semence ➤ Planche de semis ➤ Billon	• Outils à dents ou à doigts Rotobutte ou cultirateur Billonneuse ou butteuse

IMPLANTATION

SEMIS



Semoir

- Monograine
- Minigraine
- En ligne

PLANTATION



Manuelle ou planteuses repiqueuses

PROTECTION DES CULTURES

APPORTS NUTRITIFS



Epandeur à engrais

- Plein champ
- Localisé

APPORTS EN EAU



Irrigation (pompage et distribution)

PROTECTION



- Pulvérisateur
- Bineuse

RECOLTE

MECANISEE



Définition des matériels en fonction du type de produit à récolter

TRANSPORT



Remorque

TRAITEMENT POST RECOLTE

PREPARATION AU STOCKAGE



- Effanage équeutage
- Séchage
- Lavage triage calibrage

STOCKAGE



- Type de contenant
- Mode de conservation:

MISE EN MARCHÉ



- Volume de référence
- Conditionnement

a) La maîtrise de la matière organique ou le broyage:

Sauf pour quelques productions (cultures vivrières comme l'igname dont la plantation intervient en août septembre), la végétation en place lors du démarrage des travaux de préparation du sol, est très abondante car elle s'est développée en période chaude et humide. La maîtrise de cette matière organique ne peut être réalisée correctement qu'en associant matériel et organisation de chantier. Concernant le matériel seul le broyeur à axe horizontal plus communément appelé tondobroyeur peut être compatible avec les besoins mais en respectant une méthode de travail.



Cet outil, muni d'un rotor horizontal comportant des couteaux de formes variables (à définir au moment de l'achat), réalise parfaitement les trois opérations que nécessite un bon broyage:

- **Coupe** plus ou moins rase de la végétation.
- **Broyage** de la végétation coupée en brins inférieurs à 5-7 cm.
- **Répartition homogène** sur le sol du broyât.

Si le broyeur réalise un travail de grande qualité, il ne solutionne pas pour autant, les problèmes liés à la présence d'un fort volume de matière organique. En effet plus la végétation broyée sera

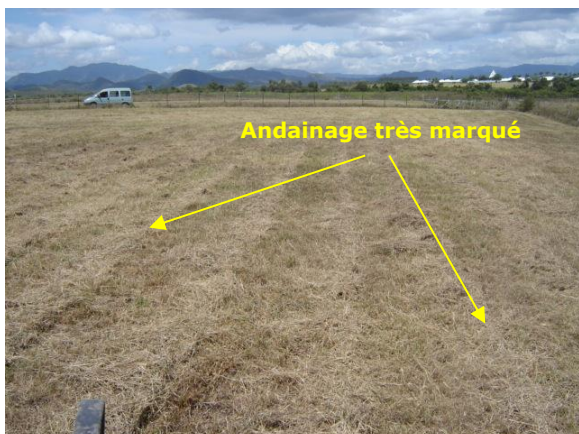
importante plus il sera difficile de l'incorporer dans le sol et s'il est possible d'y arriver, les temps de chantier seront fortement augmentés (diminution des vitesses d'avancement, multiplication du nombre de déchaumage), avec une forte probabilité que cet excès de matière organique crée un effet dépressif temporaire sur la culture à suivre (blocage de l'azote du sol par les bactéries qui dégradent cette M.O.).



Il conviendra donc de réaliser plusieurs broyages avant que la végétation n'ait atteint environ un mètre de hauteur. Par exemple pour un semis ou une plantation en mai juin, il est conseillé de réaliser des broyages successifs dès le mois de janvier si les conditions de traficabilité dans la parcelle (absence de patinage et de marquages des roues importants) le permettent. Dans tous les cas, il faut proscrire l'écobuage (brûlis) sachant que les conditions climatiques de la Nouvelle Calédonie, favorisent la minéralisation rapide de l'humus (stade intermédiaire de la décomposition de la M.O.), alors les besoins du sol en matière organique sont constants.

La photo ci-dessus montre un travail de broyage en condition extrême. Le broyage est conforme aux exigences mais la quantité à enfouir est bien trop importante. A noter que lors de ce chantier les temps de travaux étaient de 4 heures à l'hectare et qu'il a fallu avoir recours à un broyeur semi forestier!

Il existe également des broyeurs à axes verticaux connus sous le nom de gyrobroyeur. Ces équipements sont plutôt conseillés pour l'entretien de pâturage. Leur mode d'action n'est pas aussi efficace et précis que les broyeurs à axes horizontaux. Si la coupe est bonne, le broyage est plutôt moyen et la répartition au sol du broyât très mauvaise puisque ces matériels ont plutôt tendance à andainer plutôt qu'étaler uniformément la végétation traitée.



Travail au "gyrobroyeur".



Travail au "tondebroyeur".

b) Le déchaumage:

Il fait toujours suite au broyage, sauf s'il n'est pas utile de réaliser ce dernier (faible couvert végétal de surface, travail du sol faisant suite à une récolte sans résidus). Son rôle est multiple et bien que moins "spectaculaire" que le labour il n'en demeure pas moins une étape importante dans l'organisation d'un chantier de préparation du sol car il permet:

- De faciliter le travail de la charrue ou de l'outil d'ameublissement profond par un pré-enfouissement de la M.O. préalablement broyée.
- D'effectuer un premier travail de désherbage mécanique.
- De favoriser les échanges hydriques (eau de pluie) et gazeux (oxygène de l'air) avec l'atmosphère favorisant l'activité biologique du sol.



Le choix des outils de déchaumage dépendra avant tout du résultat du broyage et de la capacité de l'outil d'ameublissement profond à enfouir les résidus végétaux dans le sol. Ainsi une charrue à socs équipée de rasettes aura une grande capacité d'enfouissement. Sans rasette (anomalie commerciale), la même charrue perdra toute son efficacité à réaliser cette opération d'enfouissement.

Le choix d'autres outils n'ayant pas la même capacité d'enfouissement qu'une charrue à socs (décompacteur, chisel

lourd,...) impliquera une gestion rigoureuse du broyage et du déchaumage.

L'outil le plus adapté pour réaliser un déchaumage reste le pulvérisateur à disques nommé couramment "Crover Crop" ou "disques". Grâce à ses deux modes d'action (effet de coupe et effet de retournement partiel), le pulvérisateur à disques réalisera un pré mélange terre + matière organique sous réserve que le sol ne soit pas en condition dure et que la quantité de M.O. à enfouir soit raisonnable.

Cet outil a cependant quelques défauts:

- 1.** Il favorise la multiplication des rhizomes d'herbe à oignon (Cyperus Rotundus).
- 2.** En version standard et portée, ces outils ont un pouvoir de pénétration assez faible. Pour corriger ce dernier défaut, les constructeurs proposent des versions autoportés (voir photo ci-contre) plus lourds mais aussi plus cher (>1,2 millions de francs) et nécessitant une puissance de traction supérieure à 75 Ch. avec un rapport poids/puissance de l'ordre de 50 à 55 kg/Ch.
- 3.** Ce type d'outil est fortement déconseillé en reprise de labour: tassement important surtout au passage des roues. Il est donc très peu polyvalent.

Pour pallier, en partie, à ces défauts de nouveaux types de pulvérisateurs à disques sont apparus sur le marché: les déchaumeurs à disques indépendants:



Ce type de pulvérisateurs est composé de deux rangées de disques parallèles (les précédents étant montés en X ou en V) assistés d'un rouleau arrière destiné à contrôler la profondeur de travail. Il est utilisé en version portée trois points sur le relevage hydraulique du tracteur lui conférant ainsi une plus grande aisance d'utilisation surtout dans les parcelles de petites dimensions. Il permet de valoriser au maximum le relevage du tracteur (report de charge du poids de l'outil permettant d'optimiser l'adhérence du tracteur).

Chaque disque du pulvérisateur est indépendant et dispose d'une mobilité verticale permettant un meilleur contact avec le sol.

Avantage non négligeable, grâce à son mode d'attelage, ce type de pulvérisateur à disques peut être utilisé comme outil de pseudo labour pour émottage du labour. Néanmoins, ces outils, compte tenu de leur poids (800 à 900 kg minimum), sont réservés pour des puissances de traction de supérieur à 80 Ch. (gabarit minimum pour pouvoir lever en toute sécurité ce type d'outil).

D'autres outils de la classe des outils à dents sont également utilisables pour réaliser le déchaumage:

- Les outils à dents:



Les chisels ou cultivateurs lourds:

C'est un outil à dents semi rigides ayant un fort pouvoir de pénétration en consistance friable. Cependant compte tenu de son faible pouvoir de retournement, ils ne sont pas très efficaces en présence d'une forte quantité de matière organique, même correctement broyée.

Ils sont cependant très polyvalents, très respectueux de la structure du sol, peu sensible aux chocs et surtout peu onéreux à l'achat ce qui les rend attractifs. Ils peuvent donc faire partie de la panoplie de base des outils de travail du sol. Attention cependant, ses équipements complémentaires (options) devront être choisis avec soin.



Les néo déchaumeur dents - disques:

Ce sont des matériels assez récents (moins de 15 ans d'âge) très efficace au déchaumage et en reprise du labour. Comparable au chisel, ils sont cependant beaucoup plus lourds et donc réservés pour des tracteurs "lourds" tout particulièrement destinés aux travaux du sol (rapport poids/puissance > à 50 kg/Ch.). Ils sont toujours assistés d'un rouleau arrière pour contrôler la profondeur de travail.

Leurs grands pouvoirs de pénétration (en conditions friables), autorisent leur utilisation en remplacement du labour pour des cultures dérobées (engrais vert,

fourrage d'appoint). Comme pour le chisel ce type d'outil perd de son efficacité en forte densité de M.O. du fait de leur faible capacité d'enfouissement. Néanmoins compte tenu de son mode de mise en œuvre (attelage trois point sur le relevage hydraulique), cet outil très polyvalent, et peut être utilisé sur labour contrairement aux outils traînés comme les pulvérisateurs à disques autoportés.

c) Le décompactage:

Le décompactage est une opération dont la profondeur de travail n'excède pas de 35 à 40 cm. Selon l'objectif recherché, il peut être classé comme un travail de remise en forme du sol ou d'ameublissement profond:

- **Remise en forme du sol:** le décompactage fait partie de l'itinéraire technique afin d'annuler un tassement superficiel et artificiel du sol (entre 0 et - 25 cm). Le terme artificiel est utilisé lorsqu'il s'agit d'un tassement consécutif à une mauvaise gestion de la parcelle concernée:
 - Pâturage en condition humide.
 - Utilisation inadéquat ou trop répétitive d'outils de préparation du sol en conditions humides
 - Tassement du aux passages d'attelage lourd.
 - Etc.

- **Ameublissement profond:** le décompacteur est utilisé en remplacement de la charrue sur une profondeur ne dépassant pas 30 cm. Ce mode d'utilisation est cependant assujéti à trois conditions majeures:
 - Travailler en conditions friables à sèches pour un bon fractionnement du sol.
 - Passage croisé en respectant un recoupement de 30 à 45° maximums afin d'être sûr que toute la surface a été travaillée.
 - Absence de matière organique "traînante" impliquant un bon déchaumage au préalable.



Le décompacteur fait partie de la classe des outils à dents rigides. Il existe de nombreux modèles mais les plus couramment utilisés sont ceux du type dents courbes montées sur un bâti en V. Il requiert une puissance de traction référentielle de l'ordre de 25 à 30 Ch. par dent avec un ratio poids/puissance du tracteur du 50 à 55 kg/Ch. L'écartement idéal des dents pour un travail en ameublissement, se situe entre 50 et 60 cm, tandis que pour un décompactage la largeur entre dents peut être écartée à 80-90 cm. Ces outils ne sont pas habilités au dessouchage donc prudence pour un emploi sur des parcelles fraîchement débroussées ou n'ayant jamais été travaillées.



Résultat après un premier passage sur parcelle jamais travaillée.
Travail de décompactage avant labour.



Résultat après le second passage sur une ancienne culture de maïs.
Travail en ameublissement.

d) L'ameublissement profond:

Deux cas sont possibles. Le premier consiste à recourir au décompacteur sous certaines conditions (voir chapitre précédent), le deuxième à utiliser une charrue classique pour réaliser un vrai labour

au sens strict de sa définition (découper une bande de terre et la retourner afin d'enfouir la M.O. de surface, les engrais,...). Il existe deux types de charrue: la charrue à disques et la charrue à socs.

La charrue à disques n'est adaptée que pour les sols sableux et sablo limoneux à faible densité de matière organique à enfouir. Elle est beaucoup plus instable qu'une charrue à socs donc ne convient pas en sol humide surtout si la teneur en argile est élevée. Ayant un effet de retournement moins important que la version à socs, son aptitude à l'enfouissement des résidus végétaux reste assez très limitée.

Le travail de la charrue à soc répond parfaitement à la définition du labour. Ce type d'outil est très stable à toutes profondeurs pour peu que ses réglages et son adaptation au tracteur soient corrects. Son éventail de choix du type de versoir et ses équipements complémentaires (rasettes, roues de jauge, sécurités), lui permette de s'adapter à tous les types de sol. En fait, il est sans doute plus difficile de choisir sa charrue que de l'utiliser. Ses caractéristiques majeures (poids/corps, dégagement sous bâti, type de versoir et de socs, ...) doivent être en adéquation avec la nature du sol, son état physique le plus probables lors des travaux, les exigences des cultures qui seront implantées et quelques autres paramètres secondaires.

Certains considèrent que le pulvériser à disques est une charrue, ce qui est totalement faux. C'est donc une erreur grossière de considérer qu'une parcelle peut être labourée avec ce type de matériel même si l'agriculteur double, triple voire quadruple le nombre de passages. Le résultat final s'apparente plutôt à un pseudo labour très affiné sur toute la couche travaillée avec une forte probabilité de semelle de labour (tassement excessif en limite de la zone non travaillée).



Vue générale d'une charrue réversible de trois corps



Labour "jeté" sur sol sablo limoneux



Labour sur vertisol noir friable à humide



Labour en conditions extrêmes sur sol argileux

L'ameublissement profond doit s'insérer parfaitement dans un itinéraire technique tout en respectant des espaces temps nécessaires entre les opérations pré et post ameublissement. Indépendamment de leurs rôles agronomiques, les opérations pré ameublissement (broyage, déchaumage, décompactage) doivent donc optimiser le travail de l'outil chargé de réaliser l'ameublissement profond (charrue ou décompacteur ou autre matériel de même capacité). Voici

quelques exemples:

- Un broyage insuffisant induira un déchaumage incomplet et pourra provoquer des bourrages au niveau des corps de labour suite à un excès de matière organique "traînante".
- Une mauvaise gestion du broyage (végétation trop dense) obligera plusieurs déchaumages avec comme conséquences directes une augmentation de la durée totale du chantier et une élévation de son coût
- L'absence de déchaumage peut réduire la pénétration de l'outil dans le sol, provoquer des bourrages et la rendre instable (variation incontrôlable de la profondeur). A contrario, en cas de forte plasticité du sol (humidité) l'absence de déchaumage préalable ralentira son ressuyage, retardant les travaux.

Le délai de réalisation de l'ameublissement profond doit être fonction des objectifs recherchés et éventuellement de l'attente de conditions optimale:

- Si le sol est top humide = attente d'une meilleure portance du sol: le déchaumage accélèrera son ressuyage.
- Si le sol est trop sec = attente de pluie: le déchaumage favorisera la circulation verticale de l'eau. Pour 25 mm de pluie, il peut y avoir une différence de profondeur d'infiltration de l'eau de près de 10 cm entre un sol déchaumé et le même sol non déchaumé.
- Si le déchaumage doit servir à réduire l'infestation de mauvaises herbes (désherbage mécanique), il sera nécessaire de respecter un délai de plusieurs jours pour que les mauvaises graines germent ou que les rhizomes (herbes à oignon, panicum,..) repartent en végétation. Le travail du matériel d'ameublissement profond, et en particulier celui de la charrue, auront, dans ce cas un impact très positif sur la gestion de ces adventices: c'est la technique du faux semis.

En résumé, un ameublissement profond se gère dès le broyage des parcelles avec un calendrier de réalisation des opérations pré ameublissement successives très étalé, permettant de se prévenir des aléas climatiques. Cela est assez facile à gérer en Nouvelle Calédonie car les dates de semis ou de plantation pour une majorité de cultures peuvent être bien plus étalées que dans d'autres pays, où les conditions climatiques (en particulier les températures) imposent des dates de semis ou de plantation assez strictes.

e) La reprise du labour:

La reprise du labour consiste à réduire les mottes (ou émottage) laissées par le travail d'ameublissement profond surtout si celui-ci a été réalisé en condition sèches ou s'il y a eu un ressuyage rapide et important (ensoleillement associé à un vent soutenu). Il existe une grande panoplie de matériels classés dans les outils de reprise du labour. Pour simplifier il est possible de les regrouper en trois grands groupes:

- Les outils à dents.
- Les outils animés.
- Les outils roulants.

Réussir une reprise du labour c'est avant tout associer le ou les outils disponibles sur l'exploitation, et le temps météorologique tout en étant très réactif. Ceci est surtout valable pour les sols à moyenne et forte teneur en argile (de 20 à 60%). Les propriétés physiques d'un sol, conférées par sa teneur en argile, associées aux conditions climatiques (gonflement sous l'effet de la pluie et retrait sous l'effet du soleil et du vent), peuvent aider considérablement l'agriculteur en réduisant le nombre de passages d'outils tout en préservant la structure du sol.

Comme pour l'ameublissement profond il n'y a pas de "recette de cuisine" mais une gestion prédéfinie (itinéraire technique) et préprogrammée (calendrier d'intervention) tout en s'adaptant au climat saisonnier. Les successions des travaux précédents et leur qualité de réalisation auront également une grande influence sur les pseudos labour. Ainsi un labour particulièrement bien réussi (voir photo ci-dessus "labour jeté sur sol sablo limoneux") peut supprimer toute reprise du labour et permettre de réaliser directement le profilage superficiel du sol (lit de semence, billonnage, réalisation de planches,...).

➤ *Les outils à dents:*

La gamme est très étendue d'autant que les outils modernes sont souvent associés avec des montages de types de dents différents sur le même bâti. En règle générale, il existe deux grandes catégories de dents:



- Les outils à dents rigides du type chisel:

Les dents sont rigides c'est-à-dire qu'elles n'ont aucune mobilité latérale ou longitudinale, elles ne peuvent donc pas vibrer. Les pointes terminales des dents appelées socs peuvent avoir des formes variables:

- *socs étroits*: grand pouvoir de pénétration mais faible brassage de terre.

- *Socs "pattes d'oie"* (en forme de cœur): pouvoir de pénétration moindre mais gros travail de brassage.

Ces appareils peuvent travailler jusqu'à une profondeur de 15 - 20 cm et en pseudo labour, ils sont souvent utilisés pour "rafraîchir" un labour ancien ou "peigner" un labour très motteux afin d'atténuer l'état de surface. Ils ont un impact positif sur la destruction d'adventices (rhizomes ou graines germées) et surtout ils sont très respectueux de la structure du sol; à condition de ne pas être employée en conditions humides (formation de "lards" et risque de semelle de labour du au marquage des socs en profondeur).

Les dents sont souvent associées à des disques pour atténuer le léger buttage lié au passage des dents. Un rouleau arrière ou des roues de jauges sont des équipements complémentaires indispensables pour stabiliser la profondeur de travail.

Leur mise en œuvre est très simple et ils sont d'autant plus intéressants qu'ils réclament une vitesse d'exécution supérieure à 6 km/h pouvant atteindre les 12 km/h en condition très favorable (état de surface du sol, dimension de la parcelle,...). Il faut compter en moyenne une quinzaine de Ch. /dents et un ratio poids/puissance du tracteur de l'ordre de 50 kg/Ch.

Associé au décompacteur cette catégorie d'outil répond aux exigences à un travail simplifié du sol (TCS), mais attention comme le décompacteur, les cultivateurs à dents rigides ont une faible capacité d'enfouissement de la M.O. Cette association est plutôt utilisée pour la préparation de pâturage en fin d'année lorsque les sols sont sec et avec une faible couverture de végétation.

- Les dents semi rigides type cultivateur:



La photo ci-contre montre un cultivateur semi rigide avec des dents du type double lames. Comme pour tous les autres cultivateurs, l'extrémité des dents supporte des socs pouvant, selon les besoins, avoir une forme différente comme des socs étroits ou des socs "patte d'oie" (voir paragraphe cultivateur lourd).

Ils sont plus légers que les cultivateurs lourds, induisant un pouvoir de pénétration plus faible avec une profondeur de travail n'excédant pas 15 cm. Grâce à la légère vibration longitudinale des dents, ils réalisent un bon émottage et produisent beaucoup de terre fine par effet de choc, lorsqu'ils sont employés en conditions de sol friables à sèches. En conditions humides, comme tous les

cultivateurs, leurs efficacités est très réduite voir négatives (formation de lards et de surface lissées).

Leur vitesse d'utilisation doit être supérieure à 6 km/h mais ne peut dépasser 8 - 10 km/h du fait de leur faible poids les rendant instables. La puissance absorbée est de l'ordre 10 à 15 Ch. /dent selon les conditions de sol du moment. Le ratio poids/puissance conseillé du tracteur se situe aux environs de 45 à 48 kg/Ch.



Ci-contre montre un cultivateur semi rigide à dents double spires ou appelé communément "queue de cochon". Comme pour tous les autres cultivateurs, différents types de socs sont utilisables selon les objectifs recherchés.

La forme des dents leur permet de vibrer dans l'axe transversal et longitudinal favorisant la production de terre fine, sous réserve de conditions de sol favorables.

Ces outils sont très légers et ne demande qu'environ 10 Ch. de puissance par dent avec un ratio poids/puissance de 45 kg/Ch. La profondeur de travail de ces cultivateurs n'excède pas 10 à 12 cm pour des vitesses d'exécution de 6 à 10 km/h.

Seul petit défaut: si les dents ne peuvent pas vibrer

suite à une profondeur de travail trop importante, le risque de casse est non négligeable. Ils sont avant tout conseillés pour l'entretien de labour précoce, surtout s'il s'agit de limiter la population d'adventices par déchaussement (extirpation et mise en surface des racines pour dessèchement). Peu onéreux ces matériels même s'ils ne sont pas systématiquement employés doivent faire partie de la panoplie de base des outils de préparation du sol.

En résumé: les cultivateurs sont des alliés très précieux, d'autant que sous certaines conditions (faible quantité de M.O. à incorporer), ils sont également utilisables pour des opérations de déchaumage. Facile à mettre en œuvre, ils ont des rendements de chantier assez élevé pour une consommation énergétique à l'hectare assez basse.

➤ *Les outils animés:*

Les outils animés contrairement aux outils à dents qui modifient la granulométrie des mottes laissées par l'ameublissement profond par simple traction (effet de choc le plus souvent), les outils animés ne peuvent réaliser le même travail que si leurs organes de travail (dents, lames,...) sont mis en mouvement par la cellule motrice du tracteur (moteur). Ces matériels sont classés en deux groupes: les outils animés à axe horizontal (les houes rotatives) et les outils animés à axes verticaux (les herses rotatives).

- les houes rotatives:



Ils sont communément appelés "Rotavator" mais ce nom est un nom commercial.

Cette machine est composée par un rotor sur lequel sont vissés des lames droites ou en forme de L (cultilabour) ou des doigts (rototiller). Le rotor tourne à une vitesse qui peut être variable selon les modèles (boîte de vitesses), mais qui n'excède pas 250 tours par minute. La profondeur de travail ne doit pas dépasser pas les 10-12 cm.

Leur mode d'action sur le sol est assez brutal mais le travail d'émottage assez important sous certaines conditions. Cependant l'usage de ce type d'outils animés a fortement diminué car son mode d'action induit beaucoup d'inconvénients:

- Besoin de puissance élevé: environ 35 à 40 Ch. /mètre de largeur.
- Vitesse d'exécution assez faible, de l'ordre de 2 à 4 km/h au maximum.
- Ne peut travailler sur sol à consistance humide sous peine de laisser une semelle de labour très marquée.
- Le profil travaillé est très "stratifié" (positionnement de la terre fine et des mottes en couches)
- Favorise la multiplication des rhizomes "d'herbe à oignon" (*Cyperus Rotundus*).
- Charge opérationnelle (remplacement des pièces d'usure) assez élevé du fait d'une usure rapide des pièces travaillantes.

A la vue de ces constats, l'usage de cette catégorie de matériel sera donc déconseillé surtout pour des questions de préservation des sols mais aussi pour des raisons économiques.

- les herse rotatives:



Elles sont composées de plusieurs rotors (2 à 3 par mètre) et tournent en opposition (un rotor sur deux tourne à gauche et un sur deux à droite) avec une vitesse ne dépassant pas 300 tours par minute. Comme pour les houes rotatives leur action sur les mottes est très agressive mais ne présente pas autant d'inconvénients. Toutefois, l'usage de ces machines en conditions humides à très humide est à proscrire car elles aussi peuvent créer une semelle de labour. Nécessitant moins de puissance et pouvant être utilisées à vitesse moyenne (6km/h), elles sont très appréciées en conditions sèches.

Autre particularité, la présence obligatoire d'un rouleau arrière pour assurer un léger tassement du sol. Elles peuvent être également associées avec un semoir pour des travaux combinés.



Travail en combiné avec un semoir à céréales.



Travail d'émottage sur labour sec et très motteux.

En résumé: les outils animés ne présentent pas que des avantages, surtout les houes rotatives, cependant lorsque les conditions d'émottage sont défavorables pour l'emploi d'outils dents (conditions sèches et texture argileuse) et que les échéances de semis ou de plantation approchent, ils peuvent assurer un travail minimum. C'est pourquoi, lors de l'élaboration d'un plan d'investissement en matériel de préparation du sol, ils sont considérés comme une assurance plutôt qu'une nécessité de fait. Quant au choix du type, la herse rotative présente beaucoup plus d'avantage que la houe rotative.

f) Le profilage du sol:

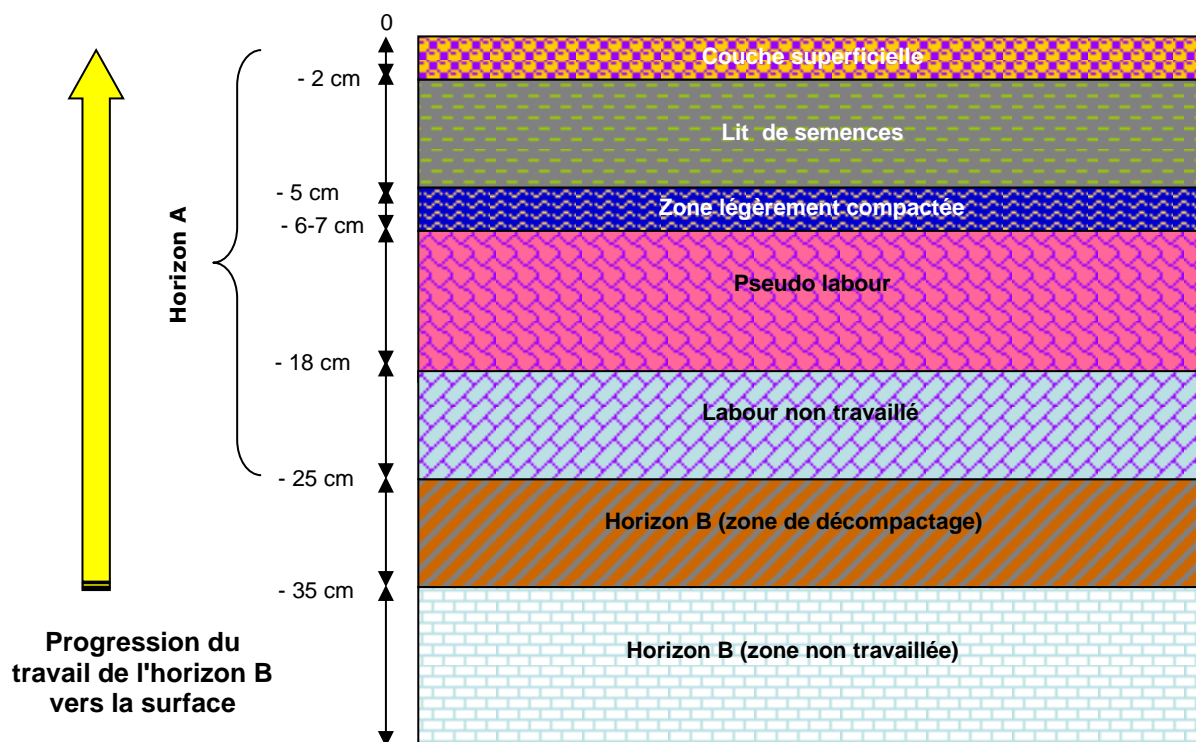
Le profilage du sol est directement lié à la culture à mettre en place et bien entendu la reprise du labour devra être réalisée en conséquence. On retiendra quatre grands types de profilage:

- **Le lit de semence** destiné au semis de graines fourragères céréalières et les grosses graines comme le haricot, la squash ou encore l'arachide.
- **Le buttage** réalisé pour des cultures de petits tubercules comme la pomme de terre.
- **Le billonnage** plus ou moins prononcé, est nécessaire pour les cultures d'ignames, de patates douce, manioc ou encore pour l'arboriculture fruitière (agrumes, banane, mangue,...).
- **Les planches de semis** concernent plutôt les productions maraîchères (oignon, carotte, salade,...) en culture plein champ.

Chaque profilage à recours à des techniques de travail différentes et à des équipements parfois très spécialisés.

➤ *Le lit de semence:*

Le schéma ci-dessous résume l'objectif à attendre pour la réalisation d'un lit de semence théorique idéal. Le cas ci-dessous est un exemple pour un semis de grosses graines type maïs, squash, haricot sec.



Le lit de semence est en fait une superposition de trois couches d'épaisseur variable ayant chacune un rôle à jouer:

- La couche superficielle recouvre les graines mais doit permettre les échanges gazeux (oxygène) et hydriques (eau de pluie ou d'irrigation) avec l'atmosphère. Elle doit donc être constituée de terre fine et de petites mottes libres d'un diamètre inférieur à 3 cm.
- Le lit de semence dans lequel seront incorporées les semences de la culture envisagée. Cette couche d'une épaisseur variable selon les exigences de l'espèce cultivée, devra avoir une granulométrie assez fine et homogène afin de favoriser sa germination.
- La couche de fond ou zone légèrement compactée, destinée à ralentir la circulation verticale de l'eau (la couche superficielle ayant tendance à ressuyer assez vite). un léger tassement permettra également aux premières racines de prendre "pied dans le sol".

La réalisation d'un tel lit de semence ne demande pas trois passages successifs d'outils mais il peut être réalisé par un seul équipement pour peu que ce dernier soit bien choisi, bien réglé et utilisé au moment opportun. Pour obtenir un tel résultat, seuls les matériels ayant un effet de brassage vertical permettant un triage granulométrique sont concernés.

• Les outils à dents flexibles:



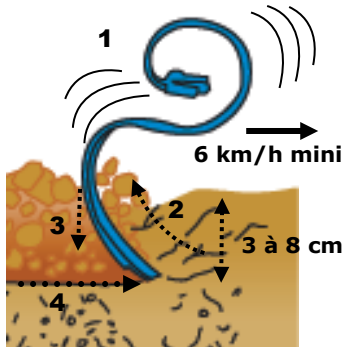
Ces matériels sont composés par un ensemble de dents très vibrantes, d'où leur nom technique de "vibroculteur". Ils peuvent être associés à un ou plusieurs rouleaux ou parfois à un peigne arrière. Comme pour tous les cultivateurs dents peuvent recevoir différents types de socs.

Leur efficacité (émiettement et triage vertical) est liée à leur vitesse d'utilisation assez élevée, de 7 à 12 km/h. Elle favorise la vibration des dents tout en

ayant un effet de brassage vertical énergétique de la couche travaillée, créant le triage nécessaire pour la constitution du lit de semence.

Leurs profondeurs de travail ne doivent pas dépasser les 7 à 8 cm sinon les vibrations sont très atténuées augmentant de fait les risques de bris de dents. En terme d'utilisation ils sont très peu gourmands en puissance (environ 20 Ch./mètre), peu onéreux à l'achat et surtout très respectueux de la structure du sol (sauf si le sol est très humide = conditions plastiques).

Mode de fonctionnement d'une dent de vibroculteur:



- 1- Les vibrations à forte fréquence de la dent provoquent des effets de choc et assurent une réduction des mottes.
- 2- La courbure de la dent favorise la remontée des mottes vers la surface (création de la couche superficielle). Ce travail vertical permet le cas échéant, d'extirper et de remonter en surface les repousses d'adventices.
- 3- Les espaces costaux (coté des dents) et arrière de la dent permettent à la terre fine de descendre en profondeur (profondeur définie par le réglage de l'outil).
- 4- Le frottement de la base des socs assure un léger tassement de la partie inférieure du lit de semence.

- Les outils à doigts:



Ils sont essentiellement composés de matériels ayant comme pièces travaillantes des barreaux verticaux de section carrée, biseauté à leur extrémité. Appelés techniquement herse ils travaillent sur le principe de râteau utilisé par les jardiniers.

Contrairement au vibroculteur les doigts en contact avec le sol ne vibrent pas. L'émottage

n'est réalisé que par effet de choc des mottes contre elles et contre les dents. L'effet de triage est donc la conséquence de la vitesse d'avancement, de la pénétration des doigts dans le sol et de la réaction des agrégats au contact des doigts.

Ces matériels sont peu tirant (12 à 15 Ch. /m) et ne dépassent pas une profondeur de travail de 5 cm. C'est pourquoi ils sont surtout utilisés pour la réalisation de lit de semences superficiel pratiqués, en règle générale sur les cultures céréalières à paille (blé, orge, riz,...) ou fourragère (implantation de pâturage). Seul bémol, ils sont assez sensibles aux pierres (déformations des doigts) et aux racines encore ancrées dans le sol (déformations par blocage des châssis supportant les dents).

- Les outils roulants:

Les outils roulants sont caractérisés par leur mode d'action principal (effet d'écrasement et de laminage) grâce à leur rotation obtenue par contact avec le sol de ou des pièces travaillantes. Ils ne sont pas animés par la prise de force du tracteur, leurs actions sur le sol sont liées à leur poids, à la vitesse d'avancement et à la forme des pièces travaillantes. Pour simplifier, ils sont répertoriés en trois groupes:

- Les rouleaux:



Ils peuvent être à simple ou double rangée, lisses, ondulés, Croskill, Cambridge, spires, etc. Il existe toujours un modèle adapté pour chaque condition de travail, type de sol.

Leur mode d'action est surtout l'effet d'écrasement lié à leurs poids et à leur profil.

Ils sont très utilisés pour la création de lits de semences superficiels (pâturage) mais aussi pour appuyer le sol après le passage d'outil créant un excès de porosité (sol "creux") défavorable aux développements des premières racines et favorisant la circulation des parasites responsable de la fonte des semis.

- Les hersees roulantes:



Ces matériels sont composés de plusieurs rangées de rotors montés obliquement en opposition par paire. Chaque rotor reçoit plusieurs couteaux montés en étoiles légèrement incurvées.



Ces hersees sont dites auto-animées car leurs rotors se mettent en rotation dès que l'outil avance. Elles sont utilisées à

grande voir très grande vitesse (jusqu'à 15 km/h) et ont un effet d'émiettement et de nivellement très important. Leur profondeur de travail n'excède pas 5 à 6 cm.

Peu connu en Nouvelle Calédonie, ce type de herse serait très intéressantes pour des préparations de lit de semences superficiel pour toute culture plein champ ne nécessitant pas de profilage particuliers (planche, butte, billon)

- Les outils à disques indépendants:



Ces outils à disques, sont souvent du type porté ou semi porté et conçu pour des travaux à grande vitesse. Chaque disque est monté sur un système amortisseur (ressort à lame, ressort à boudin, segments caoutchoutés,...) de telle façon à ce que chaque disque ait un appui indépendant et puisse avoir, selon le type d'amortisseur, des vibrations plus ou moins importantes.

Cette catégorie d'outil peut également utilisé pour des déchaumages superficiels sur de sol peu tassé et moyennement encombré de matière organique préalablement broyée.

Le fait qu'ils soient portés ou semi portés, améliore l'efficacité de traction du tracteur par un

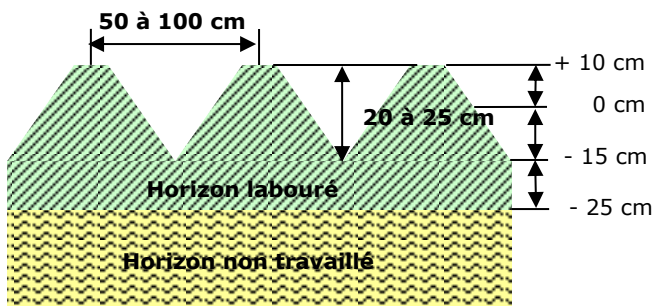
report de charge sur les roues motrices (ce qui n'est jamais le cas pour des outils traînés). Facile à mettre en œuvre, ils sont capables de travailler dans des sols à consistance humide, à condition toutefois de rester dans l'horizon superficiel (jusqu'à 5 cm de profondeur).

Pour parfaire le travail de préparation du lit de semence, ces matériels sont toujours équipés d'un rouleau arrière (il y a autant de modèles que pour les rouleaux simples) destiné corriger un excès de porosité du sol, du le plus souvent à un travail réalisé à grande vitesse. Ce rouleau permet également un contrôle précis de la profondeur de travail.

En résumé: le lit de semence est une opération fondamentale garantissant une germination rapide et uniforme des graines semée. Il ne peut être standardisé car il est étroitement lié aux exigences de l'espèce cultivée (granulométrie, profondeur de semis, conditions physiques du sol du moment, etc.). Les matériels utilisables pour réaliser un lit de semence sont très nombreux et peuvent être combinés (association dents disques doigts et rouleau) c'est pourquoi une sérieuse réflexion s'impose avant tout achat.

➤ *Le buttage:*

Le rôle du buttage est d'apporter un maximum de terre autour des plants afin de permettre un bon développement. Le plant doit être positionné à environ 15-18 cm du sommet de la butte et parfaitement centré.



La création d'une butte est un déplacement de terre dans l'horizon labouré, de -15 cm à +10 cm.

La butteuse réalise un travail de transfert de terre et ne doit en aucun cas avoir une action d'arrachement de terre compactée qui aurait pour conséquences la création de mottes compactes, des buttes très irrégulières et pourrait endommager le matériel.

Un buttage nécessite donc un pseudo labour (émottage de l'ameublissement profond) assez fin et homogène.

Il existe trois grands types de butte:

- **Les buttes triangulaires** dont les sommets sont pointues et sont réalisées avec des équidistances entre buttes assez faibles (50 cm). Les buttes étant moins hautes donc moins larges elles ne sont pas conseillées pour des cultures de tubercules comme la pomme de terre.
- **Les buttes trapézoïdales**: Plus larges et plus hautes que les précédentes elles exigent un déplacement de terre plus important. La butteuse doit être configurée avec précision lors de son achat.
- **Les buttes bombées**: Elles atteignent 1 mètre de largeur et sont plus aplaties que les deux précédentes. Ce type de buttes convient bien à la culture de la patate douce ou aux modes de plantation dit "en couple de lignes" (plantation de deux lignes de cultures sur le même billon (ananas)). La réalisation de ce type de butte exige un matériel au gabarit adapté et le plus souvent sont réalisées avec des butteuses rotatives.

Les butteuses sont classées en trois groupes:

- Les butteuses à socs:



Ce sont les modèles les plus connus en Nouvelle Calédonie. Elles sont constituées de plusieurs éléments ayant comme pièces travaillantes un soc triangulaire et deux versoirs à écartement réglables. Des roues de jauges complètes les équipent fonctionnels et permettent de bien contrôler la profondeur de travail (elles sont donc indispensables).

Le profil des buttes est obtenu, par le déplacement des corps de buttage sur le bâti (écartement), la profondeur de travail (hauteur) et l'orientation des versoirs (forme finale de la butte). Ce type de butteuse ne peut travailler correctement que dans un horizon bien émietté et peu humide sous peine de créer de nouvelles mottes par compression de la terre contre les

versoirs. Les vitesses d'exécution ne doivent pas dépasser 4 à 5 km/h; Enfin elles sont plutôt adaptées aux sols légers (sablo- limoneux, ou limono sableux).

- Les butteuses à disques:



Avec ce type de butteuses les socs sont remplacés par des disques concaves montés en couple et en opposition de concavité. Les disques de buttage peuvent être montés seuls sur le bâti ou en association avec des dents du type vibroculteur.

Comme pour les butteuses à socs, les réglages sont obtenus par déplacement des éléments de buttage sur le bâti, la profondeur de travail et l'orientation des disques. Ces butteuses ne conviennent pas dans les sols lourds et forme des buttes d'un volume inférieur aux butteuses à socs. Par contre leurs vitesses d'exécution peuvent atteindre 6 à 7 km/h.

- Les butteuses rotatives:



Très méconnue en Nouvelle Calédonie, ces matériels réalisent des buttes parfaitement calibrées aux besoins.

Ce sont souvent des outils animés (houe rotative, herse rotative ou cultirateur) derrière lesquels il est possible d'installer un capot préformé ayant le gabarit de la ou des buttes à réaliser. Souvent avec ces matériels, la reprise du labour (émottage) et le profilage en buttes sont réalisés en simultané d'où un gain de temps de d'énergie. Contrairement aux butteuses à socs et à disques, elles sont aptes de travailler dans des sols plus humides. Attention tout de même au risque de création d'une semelle de labour!

Inconvénient majeur: leur valeur d'achat est beaucoup plus élevée que pour les butteuses précédentes (700 à 800 000 F du mètre). Mais compte tenu de la capacité d'un tel outil à réaliser plusieurs travaux en un seul passage, leur emploi peut donc permettre de diminuer les charges opérationnelles d'un chantier.

Enfin avec ce type d'équipement comme avec tous les autres types de butteuses il est conseillé, voir obligatoire, d'utiliser des pneumatiques de faibles largeurs (de 9 à 13 pouces maxima).



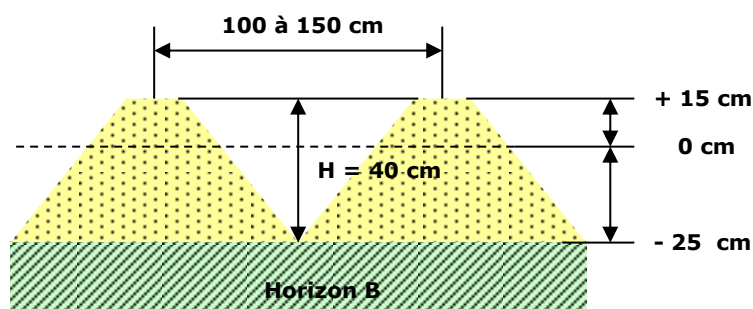
Profilage en butte à l'aide de rouleaux.



Utilisation de pneus étroits pour éviter un écrasement latéral des buttes.

➤ *Le billonnage:*

Le billonnage est un profilage plus particulièrement destiné à certaines cultures comme l'igname, l'ananas, ou encore l'asperge. Le façonnage d'un billon, dont les dimensions sont plus importantes que celles des buttes, imposera donc l'utilisation de matériels spécifiques.



Comme pour les buttes le billonnage consiste à transférer de la terre de -25 cm à +15 cm pour obtenir une hauteur totale de l'ordre de 40 cm. Pour des billons de plus haute taille, la profondeur du labour devra être plus importante mais il est conseillé de faire un profil cultural au préalable pour éviter de remonter de la terre "stérile".

Les dimensions en largeur indiquées ci-dessus correspondent au maximum réalisable avec un outil spécialisé. Il est possible de réaliser des billons de plus de 150 cm d'équidistance mais dans ce cas

le billonnage ne peut être réalisé qu'avec une charrue à socs (labour et sur-labour en ados). Cette technique de travail est plus particulièrement réservée à l'arboriculture fruitière (banane, agrume, mangue,...) et pour des cultures maraîchères ou vivrières en zone à faible drainage naturel. Les billons réalisés peuvent alors atteindre 6 à 8 mètres de largeur pour une hauteur dépassant 1,2 mètre.

On distingue deux groupes de matériels utilisés pour réaliser le billonnage:

- Les billonneuses à disques:



Elles sont composées d'une ou plusieurs rangées de deux disques (jusqu'à 4 rangées), d'un diamètre pouvant aller jusqu'à 810 mm. Les disques sont montés en opposition et réglables selon trois axes:

- Déplacement transversal pour le réglage de la largeur du billon.
- Orientation longitudinale pour la forme du billon (trapézoïdale ou triangulaire).
- Orientation verticale (ou angle d'entrure) pour la profondeur favorisant la descente de l'outil dans le sol.

Ces billonneuses, comme pour les butteuses ne peuvent travailler correctement qu'en conditions sèche à friables et dans un sol préalablement émietté, pour une vitesse d'avancement de l'ordre de 3 à 5 km/h. La réalisation de billons à ignames requiert plutôt une billonneuse du type quatre disques sur deux rangées, plus apte à "monter" la terre que les modèles à deux disques.

- Les billonneuses animées:



Le principe est le même que pour les butteuses rotatives. Un outil animé du type houes rotative, herse rotative ou cultirateur, émotte et émiette la terre tandis qu'un carter arrière ou gabarit profile le sol par moulage. La forme du gabarit arrière pourra être adaptée à la culture (la photo ci-contre montre un façonnage arrondi, plutôt destiné à une plantation des patates douces).

Comme pour les butteuses rotatives ces billonneuses ont une valeur d'achat assez élevée, demande une puissance minimum de 65 à 100 Ch. selon les modèles. Mais au titre des avantages, elles peuvent limiter le nombre de passages, travailler dans des conditions plus humides et plus sèches que les billonneuses à

disques et selon la marque choisie, avoir une certaine polyvalence si le gabarit arrière est interchangeable.



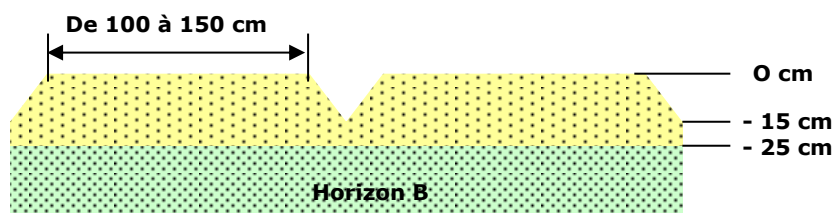
Confection d'un billon trapézoïdale.



Billonneuse animées spécialisée.

➤ *Les planches de semis:*

Les planches de semis sont réservées aux cultures maraîchères comme les oignons, les carottes et en générale toutes les cultures réalisées sous film plastique.



Contrairement aux buttes et aux billons il n'y a pas de déplacement latéral important de terre pour réaliser le profil. Seul un léger retrait de terre permet de séparer les planches et leur assure un drainage permanent pendant tout le cycle.



Les matériels utilisés pour ce type de profilage sont des rotobuttes et les cultivateurs. Ils ressemblent aux houes rotatives mais possèdent des équipements supplémentaires comme des disques avant latéraux chargés de créer un sillon entre deux planches et une planche niveleuse ou un rouleau arrière donnant une forme géométrique parfaite au profilage post passage. Ils sont nommés rotobuttes lorsqu'ils ne possèdent qu'un seul rotor, tandis que les cultivateurs possèdent deux rotors tournant en sens opposé.

Sur un cultivateur le premier rotor, assez agressif, sert à émousser et émietter le labour ou le pseudo labour, selon les conditions du moment, tandis que le second, moins agressif assure un affinage de la couche superficielle dans laquelle seront implantées les graines ou plants de la future culture. Il est possible d'associer à la machine, grâce à un relevage hydraulique rapportée, une dérouleuse de film plastique, un semoir, un épandeur à engrais ou encore un pulvérisateur. Ces machines sont particulièrement polyvalentes mais attention les choix des équipements et options doivent être en totale adéquation avec les cultures envisagées.



Equipement dérouleuse de film plastique avec un pulvérisateur.



Equipement avec distributeur d'engrais

g) L'implantation:

La mise en terre des graines et des plants est dans tous les cas une opération mécanisable. Cependant, il n'existe pas "un" matériel capable de réaliser tous les semis et toutes les plantations, mais trois grands groupes comportant des machines très spécialisés:

- Les semoirs utilisés pour la mise en terre de graines.
- Les planteuses pour l'incorporation dans le sol de tubercules semences.
- Les repiqueuses pour la mise en terre de plants préalablement élevés.

➤ Le semis:

Semer = mettre en terre des semences selon un dosage ou une population bien définie. On parle de dosage lorsque la quantité de graines à semer est évaluée en kg/ha; c'est le cas des cultures comme les céréales à paille (blé, riz, orge,...) ou les pâturages. La notion de population concerne plus particulièrement les espèces à grosses graines (le maïs, le haricot, la squash ou encore le tournesol), ou les toutes petites graines maraîchère (carotte, oignon, ...) qui sont positionnées dans le sol selon une équidistance parfaitement définie entre les pieds et entre les lignes; l'évaluation des besoins en semence s'évalue alors en pieds /ha.

Quelques exemples:

- | | |
|---------------------------------|---------------------------|
| - Semis de blé: | de 120 à 250 kg/ha |
| - Semis de maïs: | de 65 à 85 000 pieds/ha |
| - Semis de haricots secs: | de 300 à 350 000 pieds/ha |
| - Semis de graminée fourragère: | de 8 à 25 kg/ha |
| - Semis d'oignons: | environ 700 000 pieds/ha |

Les semoirs sont répertoriés en deux groupes: les semoirs en ligne utilisés dans le cadre de dosage en kg/ha et les semoirs monograine pour les cultures semées selon une population/ha.

- Les semoirs en lignes:



Ce type de semoir dose la quantité de semence par hectare à semer et la place dans ou sur le sol (selon la culture envisagée) sur des lignes dont les espacements sont constants. Leur technologie est très variable selon leurs modes d'application: semis sur labour ou semis direct (TCS: Travaux Cultureux Simplifié, SCV: Culture sur Couvert Végétal).

De plus en plus les semoirs en lignes sont associés à des outils de pseudo labour du types herse rotative (photo ci-contre), cultivateurs ou (et) de préparation du lit de semences, comme les vibroculteurs, les outils roulants, afin de semer dans un horizon uniforme et dans un souci d'économie d'énergie et de gain de temps.

- Les semoirs monograine:

Leur utilisation est réservée pour des semis exigeant des intervalles entre pieds et entre lignes très précis. La dose de semences par hectare ne s'évalue plus en kg mais en milliers de graines par hectare.

Il existe deux sous-groupes de semoir monograine:

- Les semoirs dits "grosse" graines" adaptés pour des semis de maïs, de tournesol, de haricots secs ou d'arachide, etc.
- Les semoirs dits "mini-graines" utilisés pour les semis de graines maraîchères comme les oignons, les carottes, etc.



Semoir pneumatique "grosses graines".



Semoir pneumatique "mini-graines".

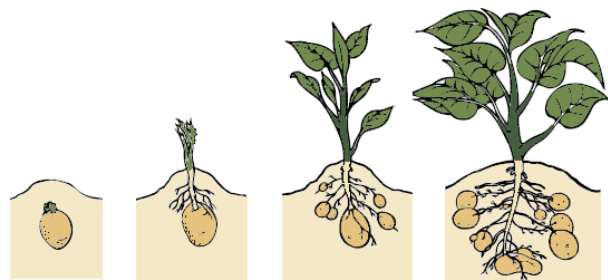
Les semoirs monograine fonctionnent presque tous sur le mode de distribution par disques (chaque type de semence exige un disque particulier) et dépression pneumatique. Les semoirs dits "mécaniques", moins chers mais moins précis, ne sont plus guère utilisés de nos jours.

En résumé: le semis est une étape fondamentale pour la plante à cultiver, à laquelle il faudra accorder beaucoup de réflexion et d'attention. Technologiquement, il n'y a pas de bon ou de mauvais semoir mais des inadaptations dues à des mauvais choix d'options suite à une mauvaise appréciation des conditions de semis (exigences de la plante, nature du sol, itinéraire technique, etc.) et une méconnaissance des montages possibles sur le semoir (type d'organes d'enterrage, options de système de recouvrement et d'appui sur la graine, etc.). Souvent changer de culture se traduit par une obligation de modifier certains organes du semoir car le semoir bon à tout faire n'existe pas.

➤ La plantation:



La plantation concerne en particulier les tubercules comme les pommes de terre, les ignames ou encore le taro bourbon. Le principe est de mettre en terre des tubercules entiers ou fragmentés dans un sol préalablement profilé ou, le plus souvent en réalisant le profilage en simultanément.



Les matériels existants sont parfaitement adaptés à la plantation des pommes de terre, adaptable assez facilement au taro bourbon mais demandent cependant des modifications particulières pour la plantation de semenceaux d'ignames fragmentés du fait d'un profilage du sol très prononcé.

Les matériels de plantation sont très nombreux et de niveaux technologiques très disparates allant de la machine à distribution manuelle (hommes assis sur la planteuse pour servir les organes de mise en terre) à la machine ultra moderne automatisée et asservie par de l'informatique embarquée. Comme pour le semis le choix d'une planteuse doit donc faire l'objet d'une étude au préalable afin de définir son gabarit, les modifications à apporter au matériel de traction, ainsi les équipements fonctionnels à choisir en fonction des conditions de travail et des objectifs à atteindre.

➤ Le repiquage:

Le repiquage consiste à mettre en terre un plant qui a été élevé au préalable dans une planche de semis (plein air ou en serre). En culture légumière classique, cette technique est très courante surtout pour les cucurbitacées (melon, courgette, concombre) et les légumes feuilles (salade, poireau, chou, tomate plein champ, etc.).

Le mode de repiquage dépendra avant tout de la préparation des plants:

- Machines simples: les plants ne subissent pas de préparation spéciale et l'alimentation des systèmes de mise en terre est réalisée manuellement par des hommes assis sur la repiqueuse (un homme par rang).
- Machines complexe: les plants sont préparés à poste fixe selon des processus particuliers pour permettre à la repiqueuse d'être alimentée automatiquement sans intervention humaine. Souvent les préparations initiales sont propres au constructeur de la repiqueuse donc acheter la repiqueuse implique obligatoirement d'acquérir la machine qui conditionne les plants.
- Repiquage en motte: les plants sont élevés dans des mottes fabriquées par une machine (taille et forme des mottes dépendant de l'espèce à repiquer). Une fois que le plant est transplantable l'ensemble est transféré sur une repiqueuse en motte à fonctionnement automatique qui placera le couple motte plant sur une ligne de plantation. Comme pour le mode de repiquage précédent, cette technique nécessite l'acquisition de la machine à poste fixe qui forme les mottes et les ensemencent.



Repiquage plein champ.



Repiquage sur film plastique.



Machine à préparer les plants en mottes.



Transplanteuse de mottes.

Concernant les productions tropicales comme les patates douces, les taros d'eau et de montagne ainsi que le manioc, la technique du repiquage mécanisée peut être envisagée mais que sous l'aspect usage de machines simples car il n'existe pas de machines capable de conditionner, en vue d'un repiquage automatique, des boutures des espèces précitées.

h) La protection des cultures:

➤ La fumure:

La fumure consiste à incorporer dans le sol des éléments minéraux (azote, phosphore, potasse, oligo-éléments,...) déficients dans le sol. La fumure doit être calculée (analyse du sol, définition des besoins de la plante, et peut être apportée sous forme d'engrais minéraux par épandage ou liquide en l'associant à l'irrigation. Elle est indispensable à la plante pour son développement et sa reproduction, induisant une production de feuillage de graines, de tubercules, etc., composants du rendement final.

Indépendamment du type d'engrais et de sa quantité à apporter, une fumure raisonnée doit également tenir compte du stade du développement de la plante auquel doit être apporté cet engrais. Un excès de fumure n'aura que des incidences négatives sur la plante (fragilisation), sur l'environnement (pollution par lessivage ou ruissellement) et sur le résultat financier de la culture (surcoût financier). Le mode d'épandage est donc primordial pour limiter au maximum les gaspillages et le manque d'efficacité de l'engrais à épandre. Grosso modo, il existe trois grands modes d'épandage:

- L'épandage plein champ:



Il est réservé pour les grandes cultures et les pâturages. Les matériels utilisés sont des épandeurs du type centrifuge mono ou bi-disques pouvant projeter l'engrais de 7 à 36 mètres.

D'une capacité variable de 200 à 4000 litres ils sont portés ou traînés et peuvent être assisté d'une régulation électronique du débit (système DPA ou DPAE) et d'une assistance GPS pour le guidage dans le champ. Ces équipements permettent de limiter au maximum le risque d'erreur humaine souvent lié à un non-respect des valeurs de base servant à leur réglage (vitesse d'avancement, largeur d'épandage). Si leur principe de

fonctionnement a peu évolué ces vingt dernières années, les constructeurs ont mis l'accent sur la qualité de la répartition au sol, de l'engrais projeté. Grâce à la simulation sur ordinateur, les disques de projection ont désormais des architectures très complexes, modifiables à chaque variation de la largeur d'épandage.

- L'épandage en localisé:



La localisation de l'engrais est le plus souvent réalisée en association avec un autre outil comme les semoirs, ou encore les bineuses (photo ci-contre).

L'engrais est placé entre ou juste à côté des lignes de semis grâce à des tubes de descentes aboutissant à des organes d'enfouissement (disques ou socs). La technique de localisation post semis n'est adaptée que pour les cultures semées avec des interlignes d'un minimum de 50 cm. Cette localisation de l'engrais permet de ne pas toucher le feuillage des plantes cultivées (risque de brûlure) et s'il est enfoui, de limiter les pertes par sublimation (passage de l'état solide à l'état gazeux par forte chaleur).

Ces matériels sont très précis mais demande des réglages très fins car les dosages par hectare sont généralement assez faibles.

- L'épandage en nappe:



Ce type d'épandeur est dérivé des premiers épandeurs d'engrais à traction animale. La largeur d'épandage est égale à la largeur de l'appareil et peut varier de 1,5 à 18 mètres pour les épandeurs "grande culture".

En version petite dimension, ils sont surtout utilisés sur les cultures maraîchères pour des épandages sur les planches de semis.

Du fait de leur grande précision du dosage et de la répartition, ils sont très employés sur petites parcelles.

➤ *La protection phytosanitaire:*

La protection phytosanitaire sert à protéger la culture en place contre tout ce qui pourrait provoquer sa destruction ou limiter sa croissance par effet de parasitisme ou de compétition vis-à-vis des éléments nutritifs et de l'eau (plus rarement de la lumière):

- **lutte insecticide:** destruction des insectes phytophages (consommant les parties de la plante), piqueurs (se nourrissent de la sève de la plante et peuvent inoculer des agents pathogènes).

- *Lutte herbicide*: destruction des adventices concurrençant la culture par la consommation d'éléments nutritifs et d'eau.
- *Lutte fongicide*: élimination des champignons parasites se nourrissant de la sève de la plante ou responsable du développement de pourriture induisant des sécrétions de mycotoxines très toxiques pour les êtres vivants à sang chaud.
- *Lutte molluscicide*: lutte contre les escargots et les limaces (destruction de jeunes plants).
- *Lutte nématicide*: lutte contre les vers (ou nématodes) parasites du sol (attaque des racines et tubercules).
- *Lutte rotundicide*: lutte contre les rongeurs nuisibles comme les rats et les souris (destruction des semences, des graines et des fruits).

- *L'intervention chimique*:

Le principe de la lutte chimique est de pulvériser (produits liquides) ou d'épandre (granulés) une substance active capable de détruire ou de bloquer le développement des "ennemis" de la culture.



Lutte chimique avec d'un appareil à rampe.



Lutte chimique avec un appareil à flux d'air.

Les matériels de pulvérisation sont très nombreux et surtout très complexes. Leur choix technologique et leur emploi (réglage et mise en œuvre) exigent une formation spécifique (DAPA) qu'il est conseillé de suivre avant d'envisager le recours à ce mode de lutte antiparasitaire.



Pulvérisation plein champ.



Pulvérisation sur plantation en haie.



Pulvérisation fruitière.



Traitement du sol combiné.

- *L'intervention mécanique:*

C'est une alternative ou une action complémentaire destinée à réduire les traitements chimiques et ne concerne que la lutte contre les adventices (lutte herbicide).

Elle peut être préventive au travers de l'action des outils de préparation du sol (itinéraire technique, choix des pièces travaillantes) et de l'organisation des chantiers (espaces temps entre deux passages).

Elle peut être aussi curative par l'emploi d'outils ayant une action directe sur les plantes à éliminer: c'est le sarclage appelé encore binage. Cette technique de désherbage, réalisée à l'aide d'une bineuse, ne peut être applicable que sur des cultures ayant des interlignes suffisamment larges pour permettre le passage des pièces travaillantes (socs) sans risque pour l'espèce à protéger.



Bineuse au travail dans un champ de maïs.



Gros plan sur le travail des dents.

➤ *L'irrigation:*

L'irrigation permet de compenser les déficits de la pluviométrie naturelle et d'apporter à la plante l'eau dont elle a besoin pour réaliser son cycle de production.

Les systèmes d'irrigation sont classés en trois modes:

- *L'irrigation par aspersion (au-dessus des plantes):* l'eau est répartie sur toute la superficie de la culture sous forme de gouttes de pluie. Il existe plusieurs variantes, souvent définies par la taille de la parcelle à arroser:
 - Couverture intégrale: destinées à des cultures de moins de 1 à quelques hectares.
 - Enrouleurs d'irrigation pour des surfaces de 4 à 10 ha/enrouleurs selon le modèle.
 - Les pivots ou rampes d'irrigation pour des surfaces dépassant 15 ha.

Ces méthodes d'irrigation exigent des installations complètes (pompage, canalisations et installations d'arrosage) ainsi que des pressions de refoulement au pompage variables selon le type d'installation mais toujours supérieures à 3,5 - 4 bars (ou kg/cm²).

- *L'irrigation de surface (sillon, planche,...):* l'eau est amenée au bord de la parcelle par une canalisation ou un canal à ciel ouvert puis est distribuée à même le sol par gravité ou siphonage. L'eau est ensuite répartie par ruissellement de surface ou guidée par des canaux. Cette méthode d'irrigation demande peu d'équipements, de faibles pressions de refoulement mais un travail de façonnage du sol très précis (tracés de canaux, dénivelés de pente,...). Ce mode d'irrigation étant très peu consommateur d'énergie, assez efficace (pas de sensibilité au vent), il peut intéresser des parcelles de quelques ares à plusieurs dizaines d'hectare. Les agriculteurs australiens utilisent fréquemment cette méthode (canaux surélevés et distributions par siphonage) pour irriguer leurs parcelles de coton ou de canne à sucre.
- *La micro-irrigation (irrigation localisée):* cette méthode utilise le principe du "goutte à goutte", des "micro asperseurs", ou encore des "mini jets". L'eau est livrée à la plante sans être réparties sur toute la surface, mais appliquée à faible dose tout autour de la plante. Ces types d'irrigations sont très économes en eau avec une efficacité maximum. Ces réseaux sont le plus souvent utilisés en arboriculture fruitière, en horticulture ou en cultures légumières sous serre et plein champ.

b.9) Les récoltes:

Toutes les productions agricoles peuvent être récoltées mécaniquement sous réserve qu'elles aient été cultivées de manière "conventionnelle" (semis, densité, surfaces,...). Cependant la mécanisation des récoltes ne s'adapte pas à tous les produits d'une même espèce. Ces derniers ont été "standardisés" au fil du temps par sélection génotypique et surtout phénotypique (forme) pour répondre au cahier des charges des machines de récolte et des manipulations post récolte (transport, stockage,...).

La décision de mécaniser totalement ou partiellement une récolte relèvera donc de plusieurs facteurs:

- *Le degré d'adaptation du produit* à une mécanisation de la récolte.
- *La surface à traiter annuellement*. Le coût d'achat des machines est souvent très élevé, il faut donc récolter un minimum de surface pour l'amortir dans de bonne condition: exemple une moissonneuse batteuse standard exige un minimum de 200 ha par an pour être rentable.
- *Le prix de vente du produit*. Plus un produit à une valeur ajoutée importante, plus il pourra supporter un coût de récolte élevé.
- *La disponibilité en quantité et en qualité d'une main d'œuvre de récolte*.
- *La destination finale du produit*. Entre un produit destiné à un marché de proximité ou à la transformation la gestion de la récolte sera très différente (mode de culture, quantités par séquence de récolte, aspect du produit, taux de rebus...).

En résumé: les récoltes des productions agricoles et tout particulièrement celles des produits maraîchers, vivriers et arboricoles sont à étudier au cas par cas. Elles peuvent devenir un facteur limitant en terme de surface, si la récolte est manuelle voire même exclue du programme de production si la récolte ne peut être mécanisée, faute de moyens rentables ou d'une disponibilité d'équipement du fait d'un isolement trop important.