

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA  
FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



Cours de 3<sup>ème</sup> année License Arido-culture

# Mécanisation et techniques agricoles 2

Réalisé par :

Dr. Hassina Hafida BOUKHALFA

Année Universitaire : 2016/2017

## Table des matières

	Page
Table des matières	
Liste des figures	
Préambule	
Chapitre I : MATERIELS DE FERTILISATION	
Introduction	1
I. Les distributeurs d'engrais centrifuges	1
I. 1. Distributeur centrifuge à tube oscillant	1
I. 2. Distributeur centrifuge à disques rotatifs	2
I.3. Les distributeurs pneumatiques	3
II. Les épandeurs de fumier	4
II. 1. Epandeur de fumier à épandage arrière	4
II. 2. Epandeur latéral à fléaux	5
III. Epandeur de lisier	6
Chapitre II : MATERIEL DE SEMIS, PLANTATION ET REPIQUAGE	
I. Matériels de semis	8
I.1. Semoirs en lignes	8
I.1.1. Semoirs en lignes à distribution mécanique (semoir en lignes classique)	8
I. 1.1.1. La trémie	9
I.1.1.2. La distribution	9
a. La distribution à cannelures	10
b. La distribution à ergots	10
I.1.1.3. Les organes de mise en terre	11
a. Les tubes de descente	11
b. Les organes d'enterrage	12
c. Les organes de recouvrement	13
I.1.1.4. Les organes accessoires	14
a. Les traceurs	14
b. Les jalonneurs	14
I.1.1.5. Vérification du débit d'un semoir en lignes	15
I.1.1.6. Réglages	16
I.1.2. Semoirs en lignes à transport pneumatique des graines	17
I.1.2.1. Semoirs à distributeurs multiples	18
I.1.2.2. Semoirs à distribution centralisée	18
I.2. Semoir monograine	18
I.2.1. Semoirs monograine à distribution mécanique	18

I.2.1. 1. Semoir à plateau alvéolé, horizontal ou incliné	18
I.2.1. 2. Semoir à disque rotatif vertical	19
I.2.1. 3. Semoir monograine à doigts	20
I.2.2. Semoirs monograine à distribution pneumatique	20
I.2.2. 1. Semoir pneumatique à disque rotatif	20
I.2.2.2. Semoir pneumatique à disque et rotor à ailettes	20
I.2.2. 3. Semoir pneumatique à distribution centralisée	21
II. Matériels de plantation	22
II.1. Planteuses de pomme de terre	22
1. Corps rayonneurs	22
2. Système de distribution	22
3. Disques de recouvrement	23
Réglages	23
III. Matériel de repiquage	23
1. Distributeur à roues et à pinces	23
2. Distributeur à disques souples	24
3. Les distributeurs à courroies	25

### Chapitre III: MATERIEL DE TRAITEMENT DES CULTURES

Introduction	33
I. Pulvérisateur à pression de liquide à jet projeté	33
I.1 La cuve	34
I.2 Le panier filtre	35
I.3 Hydro-remplisseur ou hydro-injecteur	35
I.4 L'incorporateur	35
I.5 L'agitateur	36
I.6 Système de rinçage	36
I.7 Pompe de pulvérisation	36
I.8 Régulateur de pression	36
I.9 Le manomètre	36
I.10 Les distributeurs	37
I.11 Les filtres	37
I.12 Rampe de pulvérisation	37
I.13 Buse de pulvérisation à pression de liquide	37
I.14 Le porte-buse	38
I.15 L'anti-goutte	38
I.16 Dispositifs de régulation	38

II. Les poudreuses	38
<b>Chapitre IV: MATERIELS DE RECOLTE</b>	
I. Récolte de fourrage en sec	39
I.1. Le fauchage et le conditionnement	39
I. 1.1. Faucheuse à barre de coupe ou faucheuse alternative	39
A. La barre de coupe	40
B. La planche à andains	40
I.2. Le fanage et l'andainage	41
I.3. Le ramassage-pressage	42
I.3.1. Ramasseuse-presse à balles parallélépipédiques	43
A. Ramasseur ou pick-up	44
B. Les ameneurs	45
C. Le piston	46
D. Les noueurs	47
III. 1. Les réglages	47
II. RECOLTE DES TUBERCULES	46
II.1. L'arracheuse de pomme de terre	46
II.1.1. L'arrachage	46
II.1.2. Le tamisage	47
II.1.3. L'effanage final	47
II.1.4. Le triage	48
II.1.5. Le chargement des tubercules	48
III. MATERIEL DE RECOLTE DES GRAINS	49
La moissonneuse batteuse	49
I. Organes de coupe	50
I.1. La table de coupe	50
I.2. Convoyeur	51
I.3. Engreneur	51
II. Organes de battage	51
II.1. Le batteur	52
II.2. Le contre-batteur	52
II.3. L'auge à pierres	52
II.4. Le tire-paille	52
III. Organes de séparation, de nettoyage et de récupération du grain	53
III.1. Les secoueurs :	53
III.2. Table de retour du grain	54

III.3. Organes de nettoyage	54
IV. Organes de récupération du grain	54
IV.1. Auget à otons	55
IV.2. Auget à grains	55
IV.3. Elévateur à otons	56
IV.4. Elévateur de grains	56
IV.5. Trémie de stockage	57
IV.6. Goulotte de vidange	57
IV.7. Plate-forme d'ensachage	57
V. Les équipements complémentaires	58
V.1. Eparpilleur de paille	58
V.2. Broyeur de paille	58
Références bibliographiques	

## Liste des figures

Figure 1: Epandeur d'engrais centrifuge à tube oscillant.	2
Figure 2 : Epandeur d'engrais centrifuge à disques rotatifs.	3
Figure 3 : Epandeur d'engrais pneumatique.	4
Figure 4 : Epandeur de fumier à épandage arrière.	5
Figure 5 : Epandeur de fumier latéral à fléaux.	5
Figure 6 : Epandeur de lisier.	7
Figure 7 : Vue générale d'un semoir en ligne à distribution mécanique.	9
Figure 8 : Vue en coupe d'un semoir en ligne à distribution mécanique.	11
Figure 9 : Distributeur à cannelures.	12
Figure 10 : Distributeur à ergots.	13
Figure 11 : Montage des éléments semeurs.	15
Figure 12 : Différents types d'éléments rayonneurs.	16
Figure 13 : Réglage des traceurs.	17
Figure 14 : Exemple de jalonnage de pré-levé et de post-levé.	18
Figure 15: Semoirs en lignes pneumatique à distributeurs multiples.	21
Figure 16 : Coupe transversale dan un semoir en lignes pneumatique à distribution centralisée.	22
Figure 17: Semoir monograine mécanique à plateau alvéolé horizontal.	23
Figure 18: Semoir monograine mécanique à disque rotatif vertical.	24
Figure 19: Semoir monograine pneumatique à disque rotatif.	25
Figure 20: Semoir monograine pneumatique à disque et rotor à ailettes.	26
Figure 21: Vue en coupe d'une planteuse de pomme de terre.	27
Figure 22 : vue générale d'une planteuse de pomme de terre.	28
Figure 23 : Principe d'une planteuse à roues et pinces.	30
Figure 24 : Principe d'une planteuse à disques convergents.	31
Figure 25 : Principe d'une planteuse à courroies.	32
Figure 26: Pulvérisateur à pression de liquide à jet projeté pour cultures basses.	33
Figure 27: Hydro-remplisseur du pulvérisateur.	34
Figure 28: L'incorporateur.	35
Figure 29: Régulateur de pression.	36
Figure 30: Types de buses.	37
Figure 31: Principe de fonctionnement de l'anti-goutte.	37
Figure 32: Vue générale d'une faucheuse alternative.	40

Figure 33 : Vue partielle de la barre de coupe d'une faucheuse alternative.	41
Figure 34: types de barres de coupe.	41
Figure 35 : Faneur andaineur rotatif.	42
Figure 36 : Constitution d'une ramasseuse presse à balles parallélépipédiques.	43
Figure 37 : Constitution du ramasseur.	44
Figure 38 : Vue intérieure du canal de compression d'une ramasseuse presse.	45
Figure 39 : Système de liage d'une ramasseuse presse.	46
Figure 40 : Dispositif d'arrachage et de tamisage des tubercules.	48
Figure 41 : Tapis de triage à tétines en caoutchouc.	48
Figure 42 : Système de nettoyage à rouleaux crenels.	49
Figure 43 : Vue en coupe d'une moissonneuse batteuse.	50
Figure 44 : Vue de la barre de coupe et vis d'alimentation.	52
Figure 45 : Vue des organes de coupe et d'élévation.	53
Figure 46 : Vue des organes de battage, séparation, nettoyage et récupération des grains.	57
Figure 47 : Eparpilleur de paille.	58
Figure 48 : Broyeur de paille.	58

## **PRÉAMBULE**

Ce cours vise d'étudier et analyser les activités de l'homme et leur mécanisation pour améliorer les rendements de cultures. Il est impératif aux étudiants de connaître les outils agricoles utilisés lors des opérations culturales durant toute l'année. Ceci dans l'objectif de pouvoir faire un choix raisonné des machines adéquates aux conditions environnantes et répandant le mieux possible aux planifications envisagées. Ce cours fournit aux étudiants les connaissances et savoir-faire nécessaires pour mettre en œuvre une démarche et alimenter un raisonnement nécessaire aux prises de décisions d'ordre technique dans l'utilisation des agroéquipements impliqués dans la conduite des cultures. A l'issue du cours, l'étudiant doit acquérir la capacité d'identifier le matériel agricole, d'effectuer les réglages nécessaires et d'optimiser son utilisation tout en respectant l'environnement de travail.

## **Chapitre I : MATERIELS DE FERTILISATION**

### **Introduction :**

La fertilisation vise à entretenir et à accroître le potentiel du sol, en apportant des engrais et des amendements. Les amendements sont utilisés pour entretenir ou pour corriger la structure physique du sol et sont généralement des produits minéraux (calcaire, marne, chaux agricole...etc.) Tandis que les engrais apportent au sol, et donc aux végétaux, les éléments chimiques indispensables à leurs développement (azote, acide phosphorique et potasse). (Cédra, 1997)

Les engrais peuvent être d'origine naturelle ou industrielle. Ceux dits naturels sont : les engrais verts, les fumiers et les lisiers. Quant aux engrais industriels, ils se présentent généralement sous la forme solide ou parfois pulvérulente (liquide).

Dans tous les cas, les matériels doivent présenter une résistance élevée à la corrosion, car les produits épandus sont généralement très agressifs. Pour cela les matières plastiques et l'acier inoxydable sont souvent utilisés.

### **I. Les distributeurs d'engrais centrifuges :**

Ces distributeurs très répandus sont portés ou semi-portés. Les appareils portés ont une capacité de 40 à 2000 litres et les semi-portés jusqu'à 10000 litres. Les largeurs d'épandage varient ainsi de 9 à 24 mètres, alors que certains appareils peuvent atteindre jusqu'à 30 mètres. Les distributeurs centrifuges sont soit à tube oscillant, soit à disques rotatifs.

#### **I. 1. Epandeur d'engrais centrifuge à tube oscillant :**

L'épandage de l'engrais est assuré par un tube conique horizontal dont l'oscillation projette l'engrais en zigzag à l'arrière, dans l'axe de l'avancement. L'engrais contenu dans une trémie conique descend vers le tube oscillant par gravité. L'entraînement du mouvement du tube s'effectue par prise de force du tracteur.

En fond de trémie, un agitateur entraîné par le mécanisme de distribution assure l'écoulement régulier de l'engrais au travers d'orifices réglables qui permettent d'adapter le débit. Ce réglage de débit est constitué de deux disques superposés, l'un fixe et l'autre mobile, qui comportent des ouvertures. La rotation du disque mobile, actionnée par un levier de commande, modifie les sections d'écoulement de l'engrais et donc, le débit.

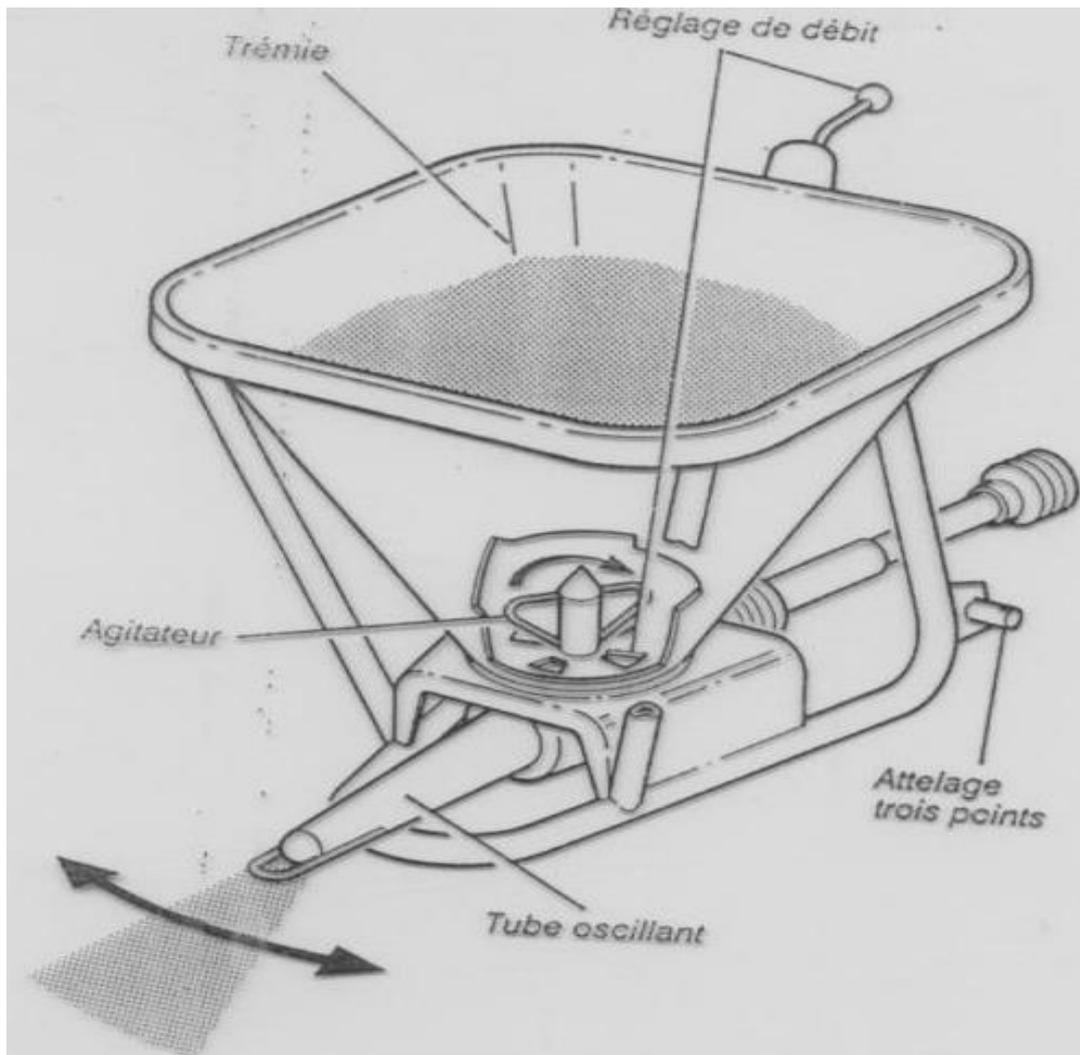


Figure 1: Epandeur d'engrais centrifuge à tube oscillant. (Candelon, 1981)

## I. 2. Epandeur d'engrais centrifuge à disques rotatifs :

Ce type de matériel pourrait être à distribution gravitaire ou mécanique. Dans le cas d'une alimentation gravitaire, l'appareil comporte une trémie, un système de réglage de débit constitué de trappes réglables situées en amont des disques, et un ou deux disques à axes verticaux. Ces disques sont munis de palettes plus ou moins radiales qui éjectent l'engrais en arc de cercle derrière l'appareil. Dans les systèmes à deux disques, les vitesses de rotation sont généralement opposées. L'alimentation mécanique est surtout utilisée sur les distributeurs de grosse capacité, pour lesquels la trémie ne peut se trouver au-dessus des disques. Dans ce cas, l'engrais est conduit par un convoyeur longitudinal vers deux bandes transporteuses latérales en caoutchouc qui alimente les disques. Le réglage du débit est obtenu par des trappes réglables situées en amont des bandes latérales, ou par modification de la vitesse du convoyeur longitudinal.

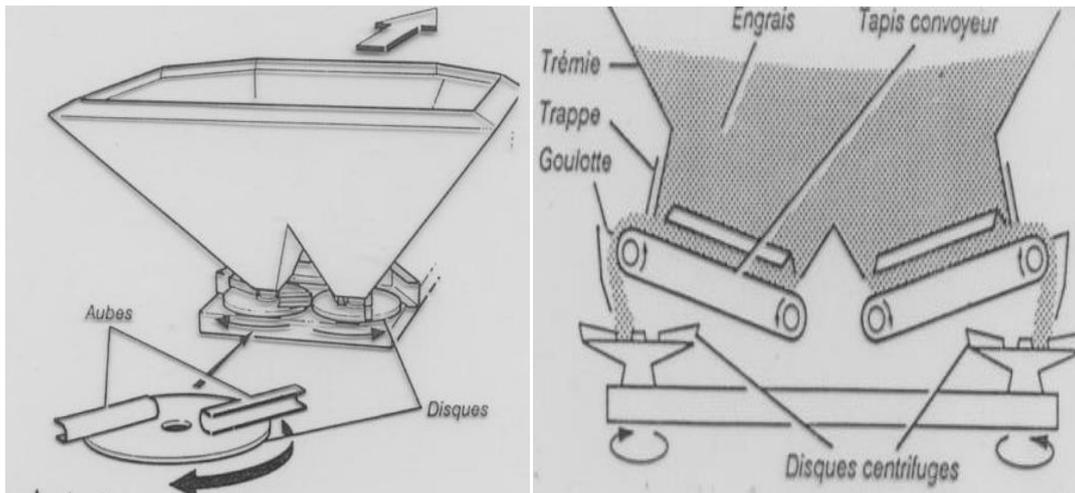


Figure 2 : *Epandeur d'engrais centrifuge à disques rotatifs.* (Candelon, 1981)

### I.3. Les épandeurs pneumatiques :

Dans ce type de distribution, l'engrais extrait de la trémie est entraîné dans des tuyauteries par un flux d'air produit par une turbine jusqu'à des buses de répartition ou diffuseurs disposés sur une rampe transversale. Un distributeur d'engrais pneumatique comprend : une trémie, des doseurs latéraux, une turbine, des tuyauteries et des diffuseurs. (Candelon, 1981)

- **La trémie :** D'une capacité de 600 à 800 litres, elle est en forme de tronc de pyramide ou de tronc de cône pour les appareils portés. Elle est plus large et peut atteindre 5000 à 6000 litres pour les plus gros appareils.

- **Les doseurs :** Les doseurs sont le plus souvent constitués de rouleaux à ergots ou à lamelles disposés en autant de rangées que de conduits à alimenter. Le réglage de débit est obtenu manuellement ou automatiquement (débit proportionnel à l'avancement) en faisant varier la vitesse de rotation de ces rouleaux grâce à une boîte de vitesse ou un variateur. L'entraînement est réalisé par la prise de force pour les appareils portés et par les roues sur les appareils semi-portés.

- **La turbine :** Elle est entraînée par la prise de force et crée un flux d'air qui entraîne l'engrais depuis les distributeurs jusqu'aux diffuseurs.

- **Les tuyauteries :** Disposés parallèlement sur une rampe horizontale, elles sont constituées de tubes rigides ou souples en matière plastique. Elles sont de longueurs différentes, chacune aboutissant à un diffuseur. La longueur de la rampe varie de 9 à 24 mètres.

- **Les diffuseurs :** Ce sont des orifices de sortie, régulièrement répartis sur la rampe, avec un espacement de 35cm à 1m. Ils sont constitués soit d'une palette nervurée formant un déflecteur, soit d'un petit rotor tournant sous l'influence du flux d'air. Leur rôle est de répartir l'engrais, avec un léger croisement, de façon à obtenir un épandage aussi uniforme que possible.

Les distributeurs d'engrais pneumatiques peuvent être utilisés en fertilisation localisée en adaptant

aux diffuseurs des manchettes de localisation qui conduisent l'engrais au sol, à l'endroit souhaité.

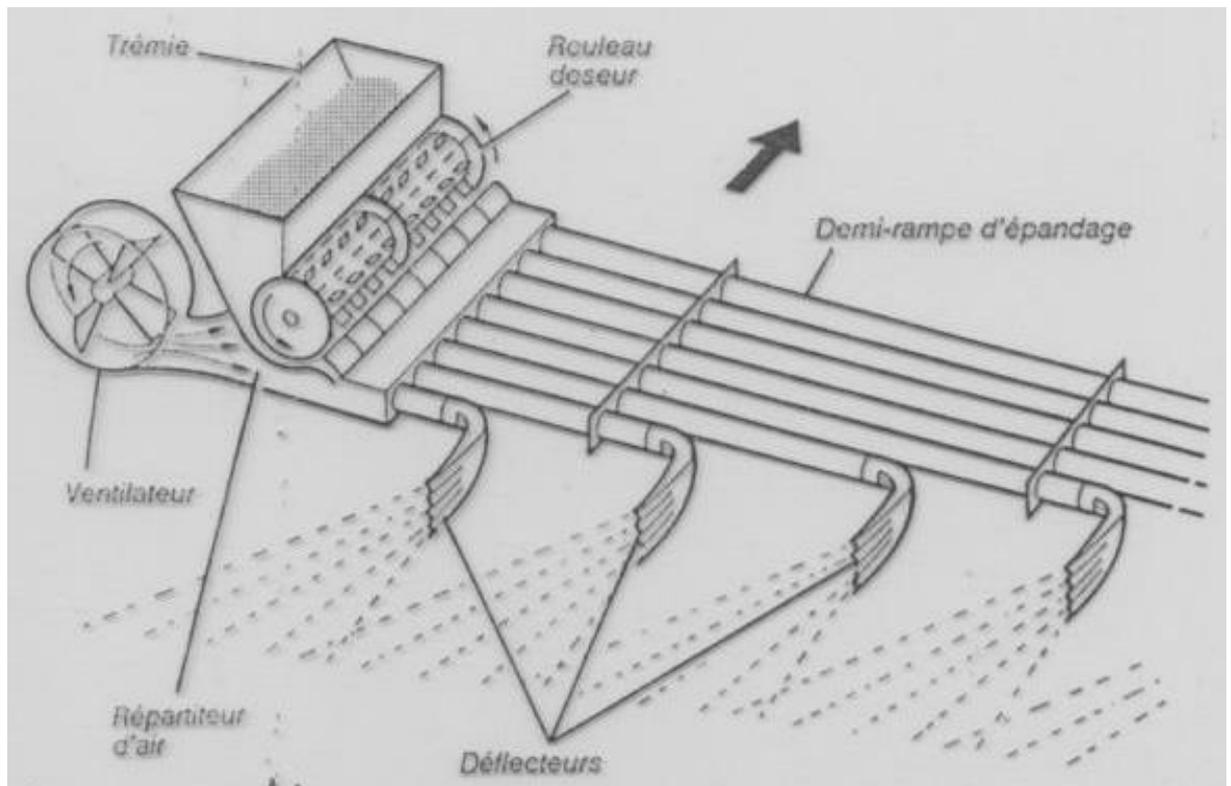


Figure 3 : Epandeur d'engrais pneumatique. (Candelon, 1981)

## II. Les épandeurs de fumier :

Le fumier a une composition et une densité variables : sa structure va du fumier pailleux au fumier compact difficile à déchiqeter. On en épand couramment de 30 à 70 tonnes/ha, ce qui impose la manutention de volumes importants.

### II. 1. Epandeur de fumier à épandage arrière :

Il s'agit d'une remorque semi-portée munie d'un fond mouvant et d'un organe rotatif de déchiqetage et d'épandage, entraîné par la prise de force du tracteur. Les capacités varient de 5 à 15m<sup>2</sup> et les organes d'épandage peuvent être démontés afin de pouvoir utiliser la remorque pour d'autres usages. (Bassez et al., 1997)

- **Fond mobile** : c'est un tablier mobile, généralement constitué de deux ou quatre chaînes longitudinales, reliées entre elles par des barrettes métalliques profilées qui se déplacent au fond de la remorque de l'avant vers l'arrière en entraînant le fumier. Le fond mouvant (très lentement) et le système d'épandage sont actionnés par prise de force du tracteur.

- **Organes d'épandage** : ces organes déchiqettent et épandent le fumier poussé par le fond mouvant. Ils se composent d'un ou plusieurs rotors horizontaux (trois au maximum) ou verticaux

(jusqu'à quatre) de formes très variées : hérissons (rotors munis de dents, de couteaux, de lames ou de bêche), vis hélicoïdales, ou disques crénelés montés obliquement sur un arbre, etc.

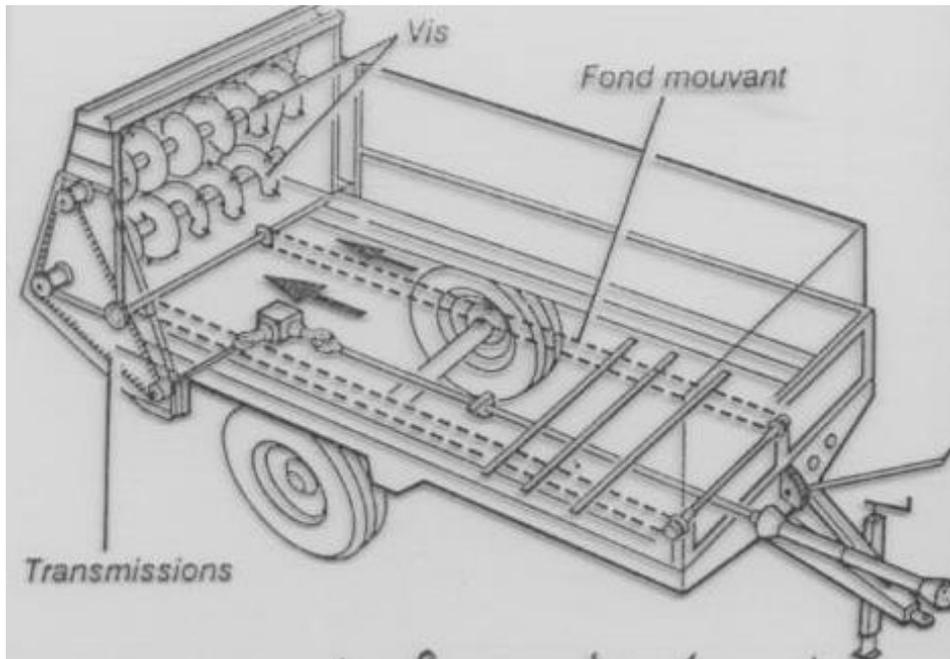


Figure 4 : Epandeur de fumier à épandage arrière. (Cédra, 1991)

## II. 2. Epandeur latéral à fléaux :

Il s'agit d'une remorque constituée d'un caisson étanche supportant un rotor longitudinal, muni de chaînes et de fléaux. Le rotor, animé par la prise de force, peut se déplacer verticalement au-dessus du caisson, afin de permettre une attaque progressive des fléaux qui projettent le fumier sur le côté, grâce à un déflecteur supérieur.

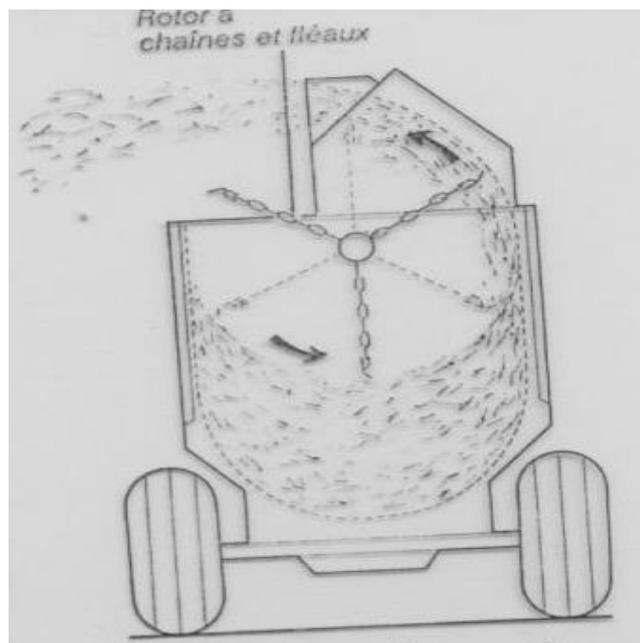


Figure 5 : Epandeur de fumier latéral à fléaux. (Cédra, 1991)

### III. Epandeur de lisier :

Appelé aussi « tonne à lisier », ce matériel semi-porté est constitué d'une citerne montée sur un châssis à un ou deux essieux, d'un compresseur pneumatique qui fournit l'énergie nécessaire au chargement et à l'épandage, et d'un organe d'épandage. (Bassez et al., 1997)

- **La citerne** : elle est d'une capacité de 2 à 10m<sup>3</sup>, elle est réalisée en acier galvanisé pour résister à la corrosion. La partie arrière est rapportée par de solides boulons et des charnières, afin de permettre le nettoyage et l'élimination des dépôts.

- **Le compresseur pneumatique** : il s'agit d'un compresseur rotatif entraîné par la prise de force du tracteur. Un système de vanne d'inversion permet, au moment de chargement, de raccorder l'aspiration du compresseur avec l'intérieur de la tonne. La dépression ainsi produite permet d'aspirer le lisier dans la fosse à l'aide d'un tuyau de remplissage de gros diamètre. Pour l'épandage, l'opérateur inverse le flux du compresseur qui refoule l'air dans la tonne, afin d'expulser le lisier par une vanne d'épandage commandée à distance depuis le poste de conduite du tracteur. Un système anti-débordement à clapets évite toute aspiration de lisier par le compresseur. Par ailleurs, un limiteur de pression et de dépression d'air protège l'installation contre les surpressions et les risques d'éclatement.

- **Les organes d'épandage** : l'épandage du lisier s'effectue le plus souvent par aspersion ou parfois par enfouissement. Dans le cas d'épandage par aspersion, la tonne à lisier est équipée d'un diffuseur placé à la sortie de la vanne de vidange. Ce diffuseur est conçu pour répartir le lisier en nappe sur le sol.

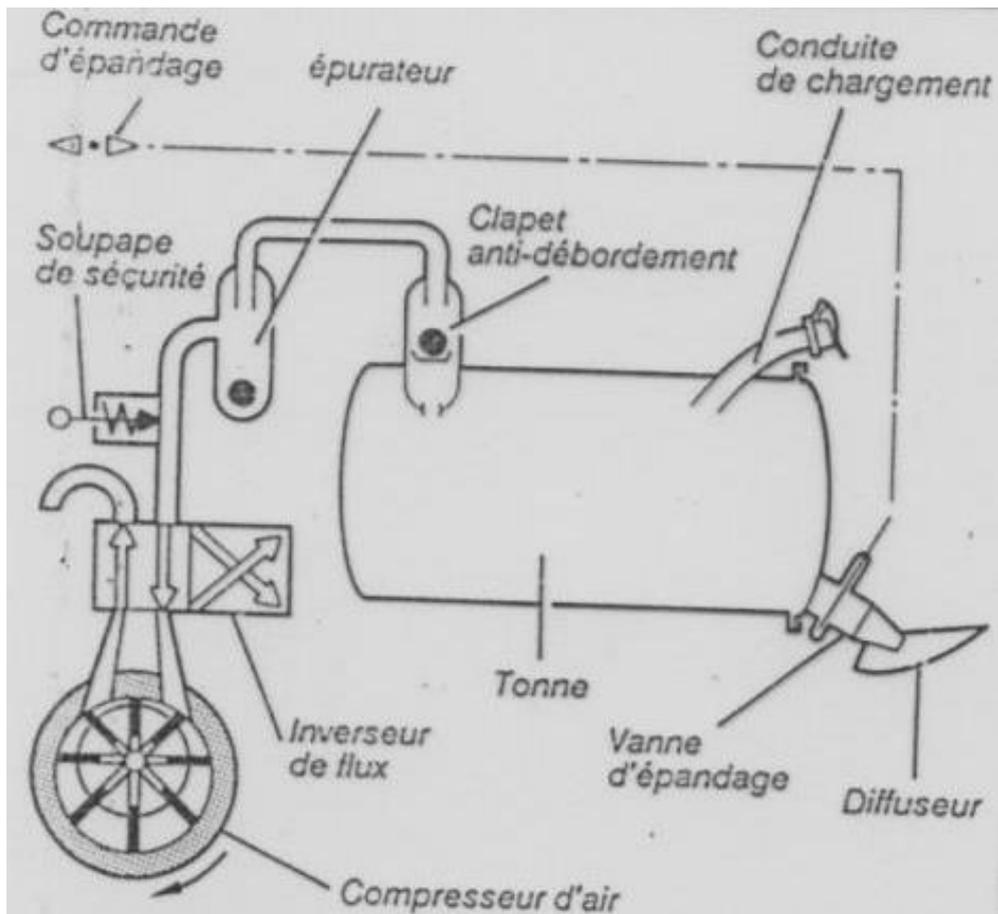


Figure 6 : Épandeur de lisier. (Bassez et al., 1997)

## **Chapitre II : MATERIELS DE SEMIS, PLANTATION ET REPIQUAGE**

### **I. Matériels de semis :**

Pour germer puis donner une plantule, la graine doit se trouver dans un environnement (lit de semence) permettant de satisfaire ses exigences : en eau, oxygène et température. Le rendement d'une culture étant le produit de deux composantes :

- Le nombre de plants par unité de surface qui dépend de la qualité de la levée et donc de la qualité du semis.
- La production de chaque plant qui dépend du climat et des autres opérations culturales (désherbage, fertilisation, traitements phytosanitaires et irrigation).

Alors que la qualité du semis dépend des : (Barthelemy et al., 1989)

- Choix techniques avant et pendant le semis :
  - ✓ Qualité de la semence dont l'état varie selon son origine et son stockage.
  - ✓ Qualité du lit de semence dépendant du choix et des réglages des outils de travail du sol.
  - ✓ Qualité du placement de la graine résultant du choix et des réglages des outils de semis.
- Conditions climatiques après semis.

Le semis s'effectue avec des semoirs qui déposent des graines dans un sillon ouvert par des organes d'enterrage, puis refermé par des organes de recouvrement. Selon le type de culture, on distingue les semoirs en lignes qui sont principalement utilisés pour les semis qui ne nécessitent pas un contrôle précis du nombre de graines au mètre et leur espacement dans le rang (l'exemple des céréales) et les semoirs monograines utilisés pour les semis plus précis (l'exemple des betteraves et du maïs) qui sont aussi appelés semoirs de précision. (Cédra , 1993)

Les semoirs présentent de nombreux avantages qu'on peut résumer aux points suivants :

- Régularité du débit et de l'écartement entre les lignes (réglable entre 12 et 80cm) avec une répartition uniforme.
- Régularité de l'enfouissement à une profondeur constante (1 à 8cm), ceci malgré les irrégularités du terrain.
- Une économie des semences utilisées allant de 30 à 50% comparant au semis à la volée.
- Polyvalence du matériel qui peut semer aussi bien les petites graines fourragères que les graines de céréales et du maïs.
- Respect de l'intégrité de la graine lors de son passage à travers les organes de distribution.
- Facilité du contrôle du travail effectué, la vidange de la trémie et le nettoyage des organes de travail.

## I.1. Semoirs en lignes :

Les semoirs en lignes sont à distribution mécanique et les graines sont transportées par gravité. Cependant, l'accroissement des largeurs de travail conduit les constructeurs à proposer des semoirs en lignes à transport pneumatique des graines.

### I.1.1. Semoirs en lignes à distribution mécanique (semoir en lignes classique) :

C'est un appareil semi-porté ou traîné qui assure la distribution et l'enterrage des graines suivant des lignes régulières. Il comprend : une trémie, des organes de distribution dont le rôle est de doser la quantité de semences déposée dans le sol, des organes d'enterrage, de recouvrement et de rappuyage.

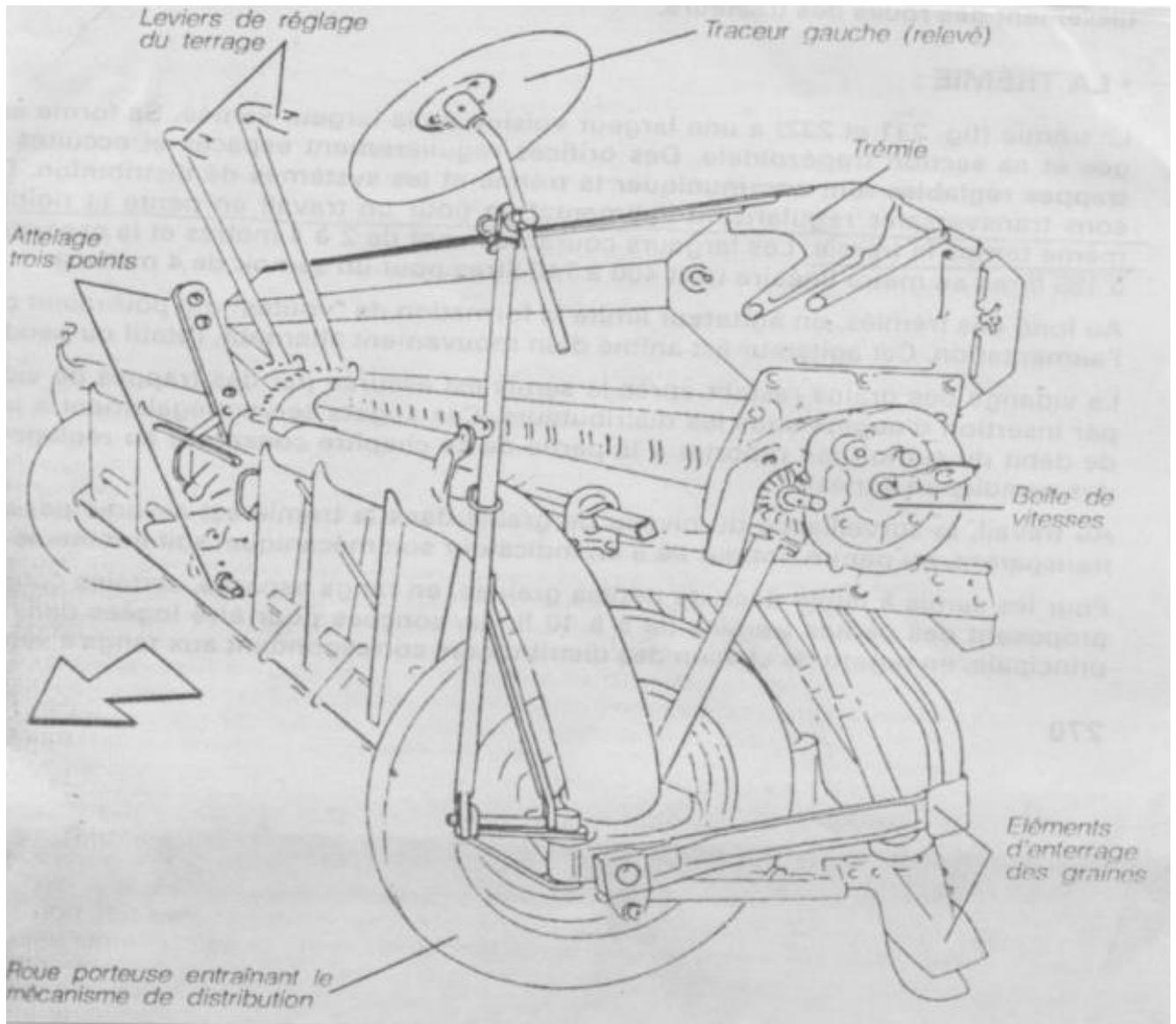


Figure 7 : Vue générale d'un semoir en ligne à distribution mécanique. Cédra C., 1993

### **I. 1.1.1. La trémie :**

C'est le réservoir des graines, elle a généralement une forme allongée à section transversale trapézoïdale. Ses parois lisses favorisent le glissement des graines vers les organes de distribution. Le fond alvéolé permet une vidange quasi complète du grain. Sa capacité est d'environ 100kg/mètre de largeur. Le cloisonnement limite le déplacement latéral des graines lors des virages ou des travaux en pente, il permet aussi de renforcer la trémie. (Candelon, 1983)

Au fond de la trémie se trouvent des alvéoles qui peuvent être obstruées par des trappes et un agitateur qui évite aux graines de former des voûtes et améliore leur écoulement.

La trémie est munie d'un couvercle assurant son étanchéité contre les diverses projections (poussière, pluie... etc.). Sa hauteur ne doit pas dépasser 1.20m pour faciliter le chargement.

### **I.1.1.2. La distribution :**

Les semoirs en lignes sont équipés d'autant d'éléments distributeurs que de lignes de semis. Ces éléments sont placés sous la trémie dans des chambres de dosage séparées, appelées boîtier de distribution. Le fond de chaque boîtier est constitué d'une paroi mobile appelée languette, maintenue contre le distributeur par un ressort réglable. Cette disposition régularise la pression des graines à la sortie des distributeurs et limite leur casse.

L'ensemble des éléments distributeurs est animé par un arbre commun entraîné à vitesse réglable par une transmission commandée par les roues du semoir. Ceci permet que la vitesse de rotation des distributeurs et donc leur débit, soit proportionnelle à la vitesse d'avancement.

Selon les cas, la distribution peut être assurée soit par des distributeurs à cannelures soit par des distributeurs à ergots ou des distributeurs polyvalents.

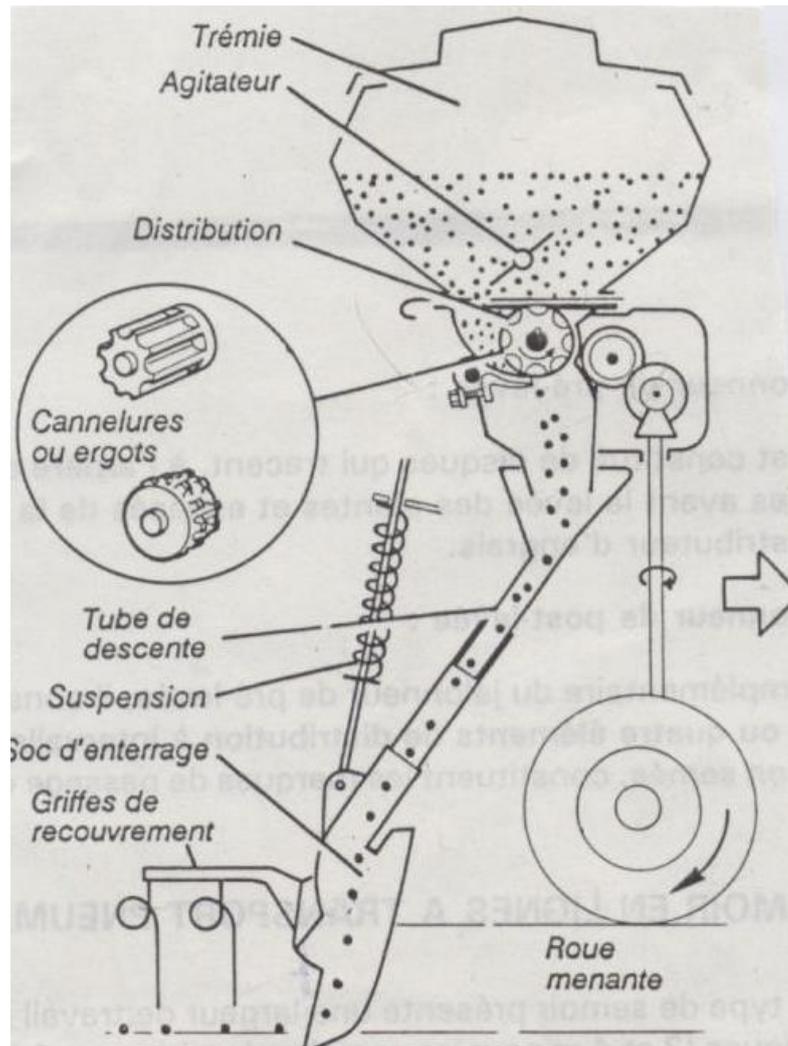


Figure 8 : Vue en coupe d'un semoir en ligne à distribution mécanique. (Cédra, 1991)

#### a. La distribution à cannelures :

Cette distribution est assurée par des cylindres rotatifs comportant des cannelures périphériques axiales ou hélicoïdales et placés dans des boîtiers. Ils sont fabriqués en matière plastique lisse.

En tournant, chaque cannelure prélève à la base de la trémie une quantité de graines limitée et bien définie. Emprisonnées entre la paroi du boîtier et le creux de la cannelure, les semences sont libérées dans le tube de descente correspondant qui les conduit à l'élément d'enterrage. Cette distribution est aussi appelée distribution forcée.

La variation du débit des distributeurs est obtenue par le réglage de la vitesse de leur rotation et par coulissement axial des cylindres cannelés.

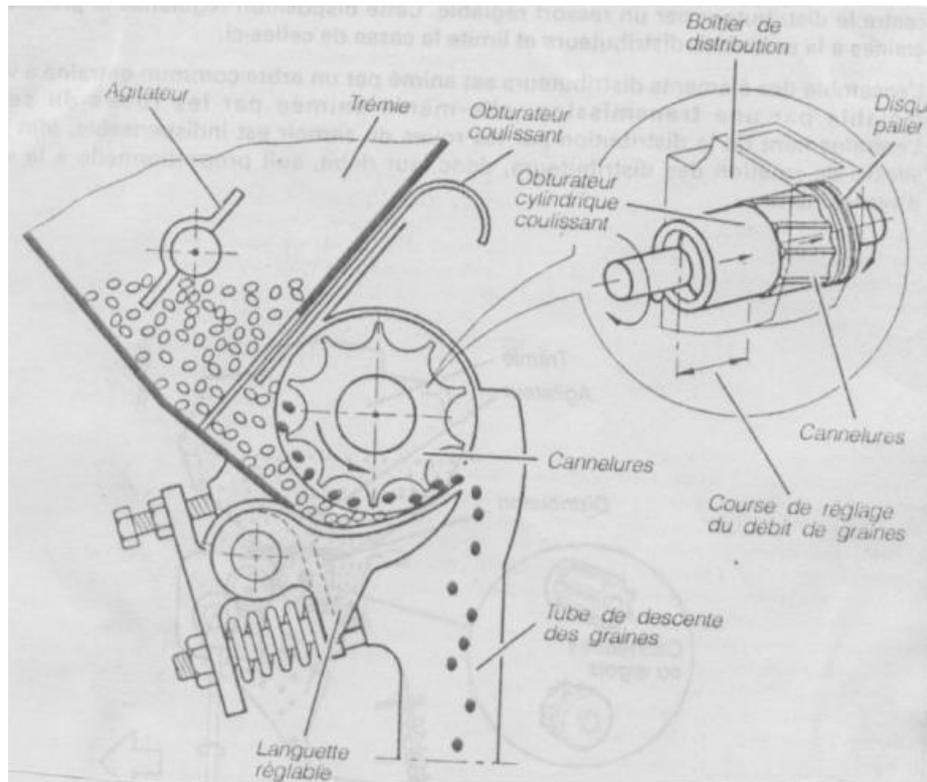


Figure 9 : Distributeur à cannelures. (Cédra, 1991)

### **b. La distribution à ergots :**

Comme les distributeurs à cannelures, chaque distributeur à ergots correspond à un rang de semis et l'ensemble des distributeurs est animé par un axe commun.

Chaque élément de distribution est constitué par un cylindre muni de rangées d'ergots, en forme de tronc de pyramide, et tournant dans un faux fond enveloppant.

Les graines sortent de la trémie par une trappe à ouverture réglable et passent entre le cylindre à ergots et la languette du fond de distributeur. Chaque ergot accompagne un ou plusieurs grains jusqu'au tube de descente. Les constructeurs fournissent souvent deux ou trois types de cylindres à ergots adaptés aux différents calibres de graines. (Cédra, 1991)

Le réglage principal consiste à modifier la vitesse d'écoulement, donc le débit, en choisissant le régime de rotation grâce à une boîte de vitesse et un variateur.

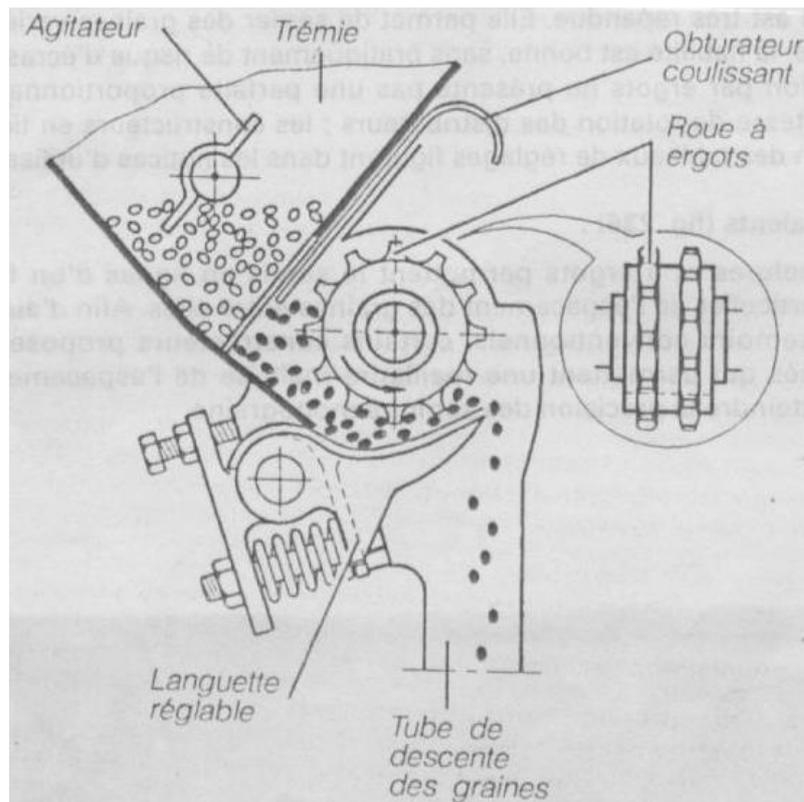


Figure 10 : Distributeur à ergots. (Cédra, 1991)

### I.1.1.3. Les organes de mise en terre :

Il s'agit des organes qui canalisent les graines sortants des distributeurs et qui les localisent dans le sol en creusant un sillon. Ces organes comportent : les tubes de descente, les éléments d'enterrage et les organes de recouvrement.

#### a. Les tubes de descente :

Ces tubes relient chaque distributeur à un organe d'enterrage. Ils canalisent les graines en assurant un écoulement régulier. Ils sont constitués de gaines souples ou de tubes télescopiques en matière plastique, ou parfois en tôle.

Il en existe deux types les plus utilisés :

- Tubes souples formés de feuillards d'acier enroulé en spirales (moins utilisés).
- Tubes télescopiques rigides en matière plastique.

L'extrémité supérieure des tubes est raccordée aux distributeurs par un manchon souple, ou le plus souvent par un cône ouvert disposé en entonnoir.

#### b. Les organes d'enterrage :

Leur rôle est d'ouvrir le sillon et d'y déposer la graine à une profondeur déterminée. Ils sont composés d'un support articulé et d'un corps rayonneur à socs ou à disques.

- **Les supports articulés** : ils permettent de suivre toutes les inégalités du terrain, avec une certaine liberté verticale et une rigidité latérale suffisante, dans le but d'avoir des lignes de semis

parallèles. Ils sont indépendants les uns des autres et sont successivement courts et longs, de manière à répartir les éléments d'enterrage sur deux ou trois rangées, afin d'éviter les bourrages et d'obtenir des espaces entre-rangs réduits. Les supports articulés sont appuyés au sol par des ressorts dont la tension est réglable individuellement et simultanément par un levier. Dans les terres lourdes, les ressorts doivent être plus tendus que dans les terres légères où le poids du soc peut suffire à maintenir les graines à bonne profondeur. (Oestges, 1994)

- **Les rayonneurs à socs** : ils sont appelés sabots ou bottes de semis. Ils présentent une forme profilée et creuse pour laisser passer les graines afin de les déposer dans le sol. On distingue :
  - ✓ Les socs traînants, qui sont les plus répandus.
  - ✓ Les socs piocheurs permettant d'éviter les rebondissements dus aux vitesses rapides et au terrain dur.
  - ✓ Les socs à patins permettant de limiter la profondeur de semis en terre légère ou de semer à de faibles profondeurs.
  - ✓ Les socs étaleurs, conçus pour semer des graines en bande (le lin).
  - ✓ Les socs doubles permettant de semer sur deux lignes très rapprochées à partir d'un seul support.

Les socs doivent être vérifiés régulièrement pendant le semis afin de déceler d'éventuels bourrages ou des obstructions.

- **Les rayonneurs à disques** : le rôle des disques est d'ouvrir la raie tout en évitant les bourrages. Ils peuvent être simples ou doubles.
  - ✓ **Les disques simples** sont plats ou légèrement concaves. Ils présentent un angle d'attaque et parfois un angle d'entrure, qui ouvre le sillon. Les tubes de descente se terminent par un diffuseur incorporé au moyeu du disque qui libère les graines à la partie inférieure arrière du disque, dans le sillon.
  - ✓ **Les disques doubles**, sont constitués par deux disques plats montés fous sur des axes obliques les faisant converger vers l'avant pour ouvrir le sillon. Le tube de descente débouche entre les deux disques pour laisser tomber les graines dans la raie. Les disques sont utilisés particulièrement dans les terres lourdes.

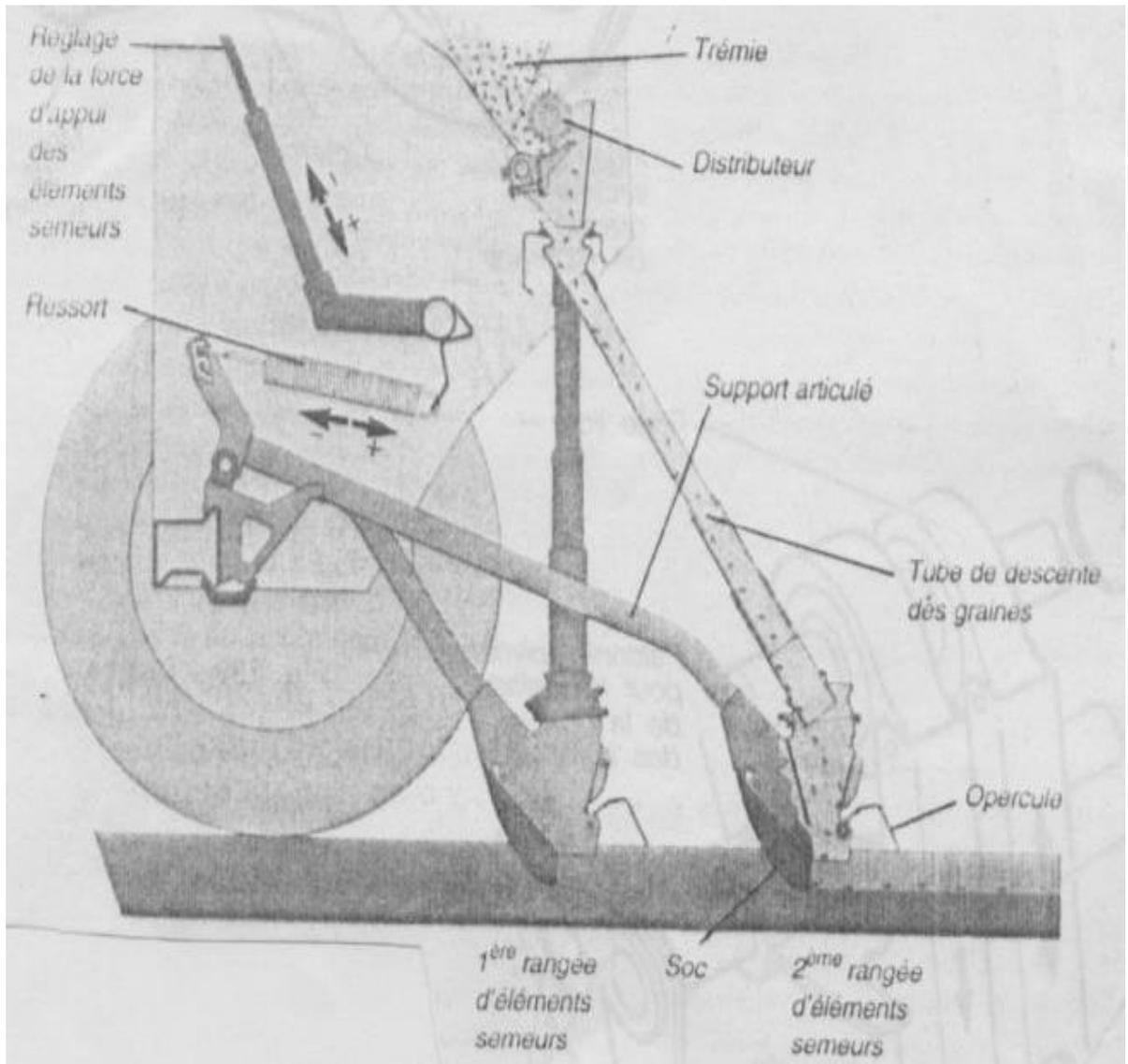


Figure 11 : Montage des éléments semeurs. (CNEEMA, 1963)

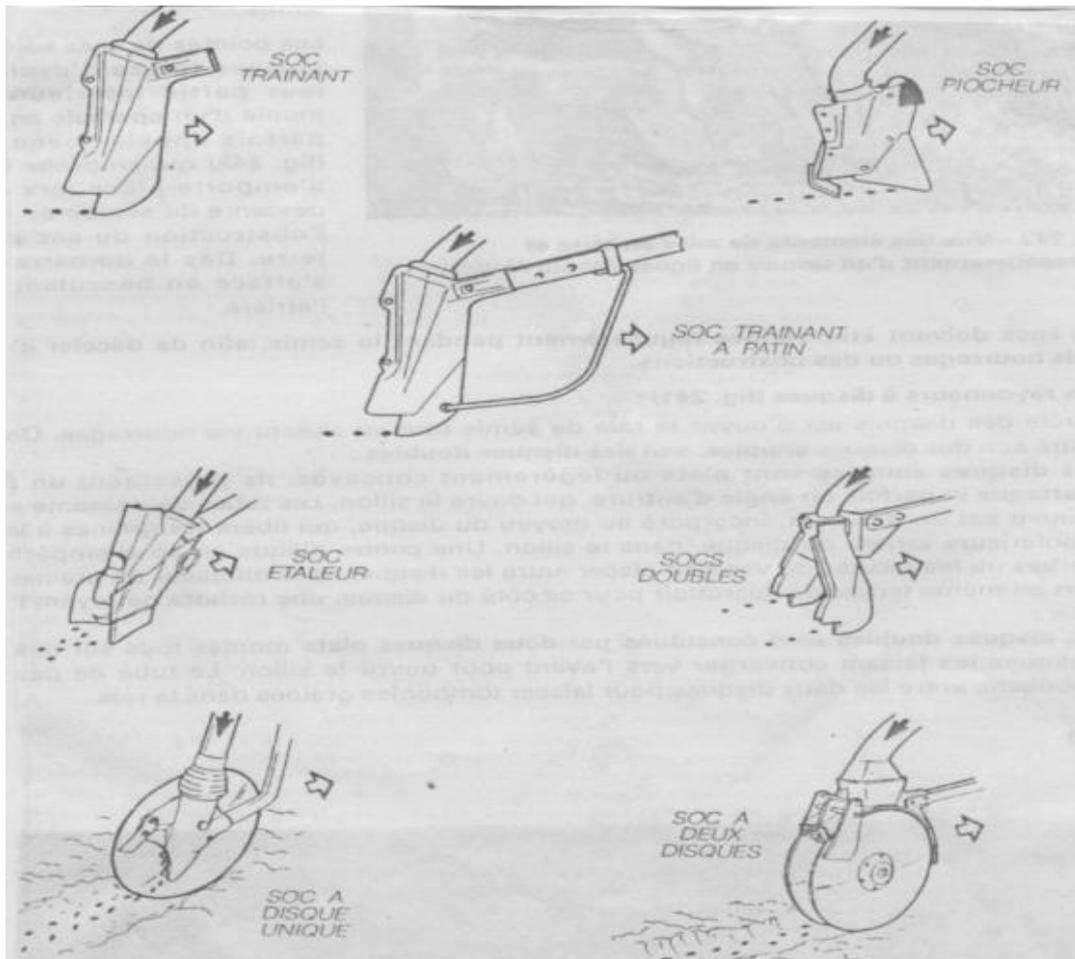


Figure 12 : Différents types d'éléments rayonneurs. (CNEEMA, 1963)

### c. Les organes de recouvrement :

Ce sont des organes annexes aptes à refermer le sillon. Ils peuvent être de petits éléments de herse ou des griffes, parfois accompagnés de rouleaux de rappuyage. Leur rôle est de projeter un peu de terre fine sur les graines. (CNEEMA, 1963)

#### I.1.1.4. Les organes accessoires :

##### a. Les traceurs :

C'est généralement des disques qui permettent le repérage du passage précédent. Ils marquent au sol la trace que le tracteur devra suivre lors du passage suivant.

Les traceurs sont supportés par des bras pivotants placés de chaque côté du semoir dont la longueur est réglable en fonction de la voie du tracteur. Leur commande est assurée manuellement ou hydrauliquement.

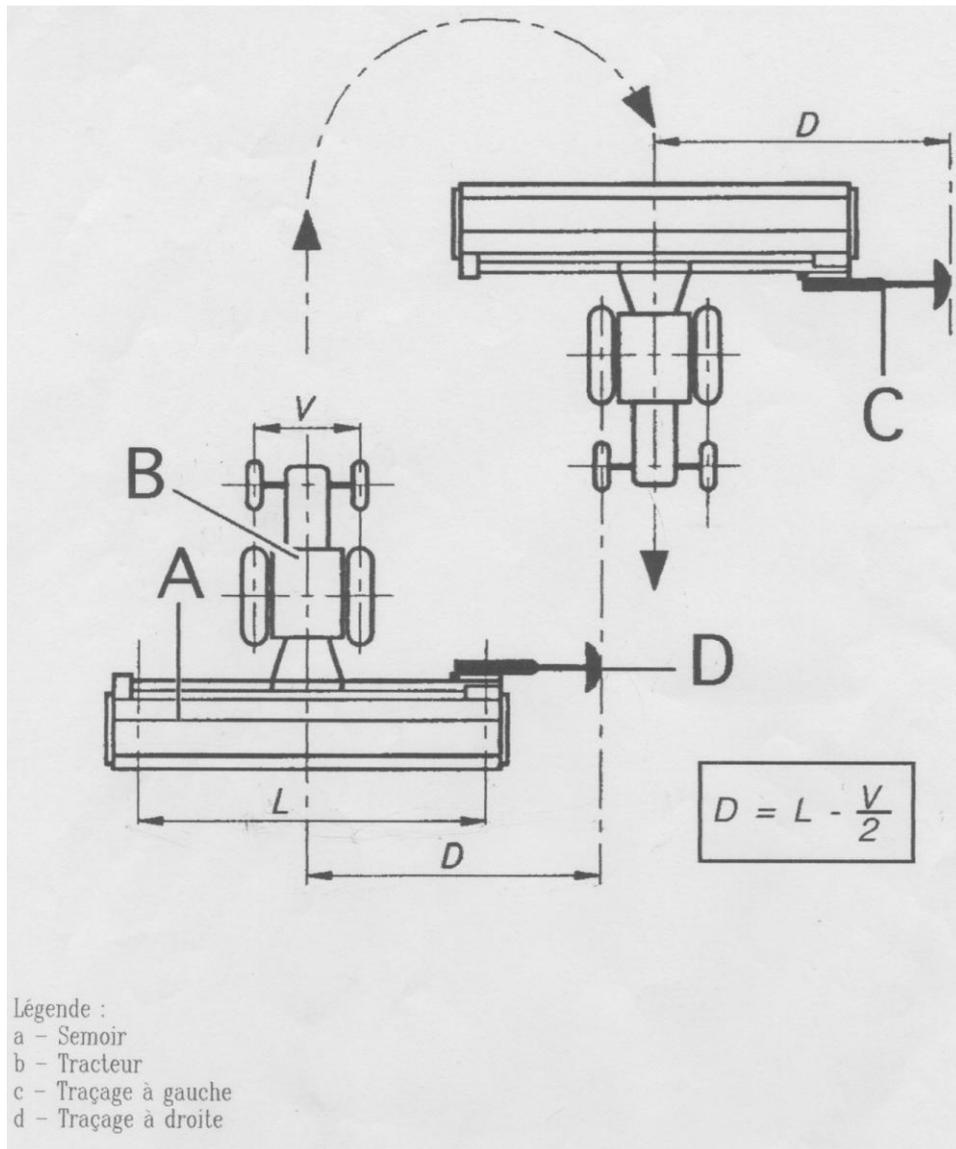


Figure 13 : Réglage des traceurs. (Lerat, 2015)

### b. Les jalonneurs :

Ils permettent de localiser dès le semis les futurs emplacements de passage d'épandeur d'engrais et de pulvérisateur.

- **Jalonneurs prélevée**, deux disques tracent dans le sol des sillons visibles avant la levée des plantes à des espacements définis par la largeur du pulvérisateur ou de l'épandeur d'engrais.

- **Jalonneurs post-levée**, dans les mêmes lignes que les jalonneurs de prélevée, les jalonneurs de post-levée agissent en débrayant deux ou quatre élément de distribution à intervalles déterminés. Ces intervalles constituent des marques visibles pour le passage des roues dans la végétation lors des opérations ultérieures de fertilisation ou de traitements phytosanitaires.

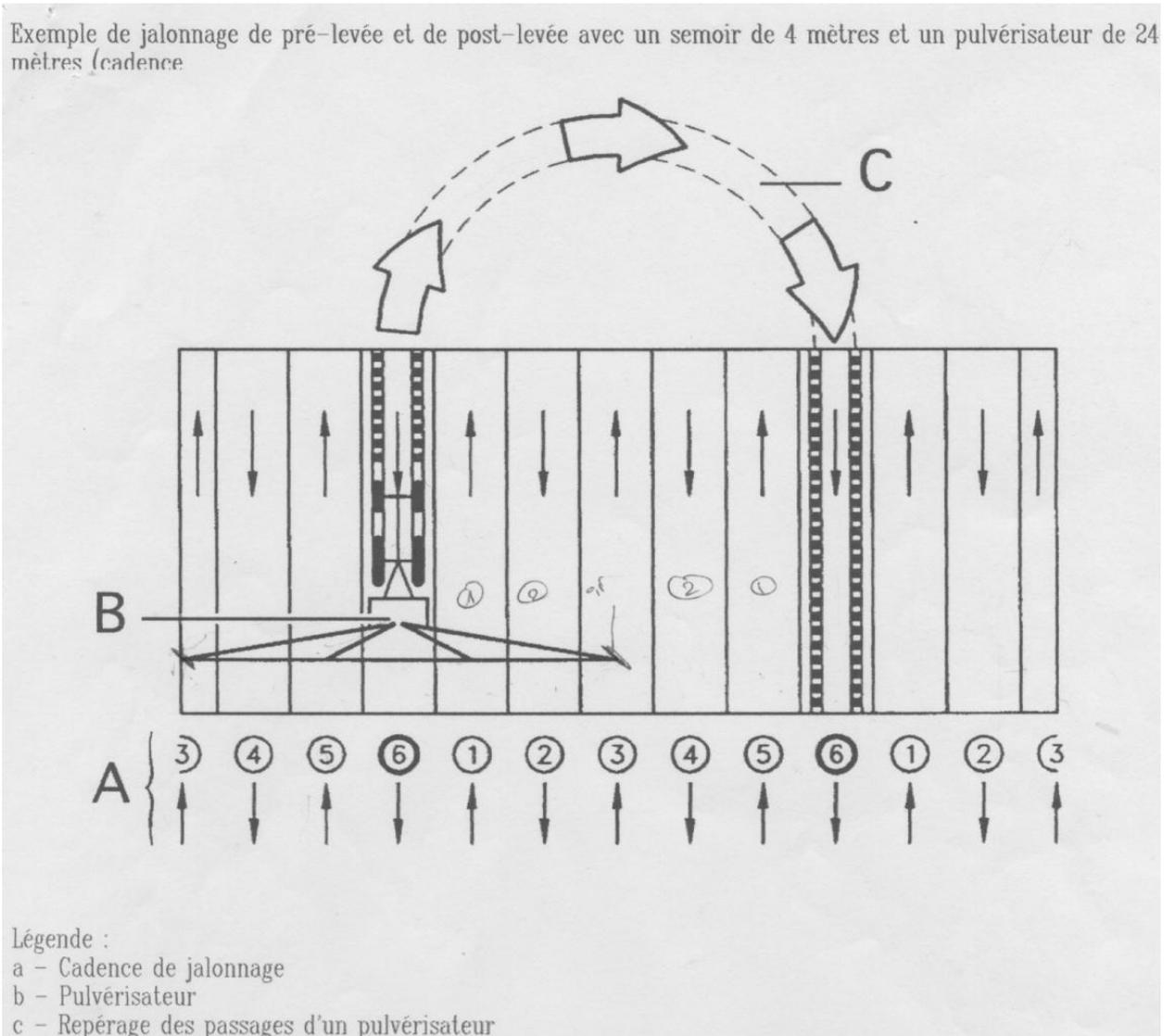


Figure 14 : Exemple de jalonnage de pré-levé et de post-levé. (Lerat, 2015)

#### I.1.1.5. Vérification du débit d'un semoir en lignes :

Les tableaux de réglages fournis par les constructeurs donnent des indications très approximatives sur le choix d'un réglage correct pour une semence et un débit donnés. De nombreux facteurs influent fortement sur le débit réel : nature des traitements des graines, propreté et taux d'humidité des graines, pente du terrain, vitesse d'avancement du semoir... etc. (Lerat, 2015)

On doit donc pour un réglage choisis, effectué une vérification du débit en utilisant la semence envisagée et en suivant les étapes :

- Réglage de la distribution suivant les indications du constructeur.
- Soulever le bâti sur des cales afin de pouvoir faire tourner la roue du semoir qui commande la distribution. Faire tourner la roue pour amorcer la distribution.

- Placer une bâche (ou des augets) sous les tubes de descente et les organes d'enterrage pour récupérer la semence.
- On choisit une surface de référence qui est en générale de  $100\text{m}^2$  (1/100ha) pour les graines de céréales, et de  $250\text{m}^2$  (1/40ha) pour les petites graines fourragères. Pour un semoir de largeur donnée (l), cette surface correspond à une distance de référence (d).  $d = 100/l$  pour les céréales, et  $d = 250/l$  pour les fourrages.
- Mesurer la circonférence (c) de la roue d'entraînement de la distribution.
- Calculer le nombre (N) de tours de roues correspondant à la surface de référence (Sr), pour les céréales :  $N = Sr/c * l = 100/c * l = N$  tours, pour les petites graines fourragères :  $N = Sr/c * l = 250/c * l = N$  tours.
- Faire tourner la roue du semoir de N tours.
- Recueillir la semence et la peser.
- Calculer la dose en kg/ha correspondant à cet essai en multipliant le résultat par 100 pour la céréale et 40 pour le fourrage. Si ce débit diffère du débit souhaité, on recommence l'essai en modifiant le réglage jusqu'à obtenir satisfaction.

#### I.1.1.6. Réglages :

La diversité des conditions d'utilisation des semoirs amène à intervenir fréquemment sur plusieurs réglages. (Oestges, 1994)

- **Ecartement des lignes de semis** : Il dépend essentiellement de l'espèce semée. On peut agir par fermeture des trappes situées au dessus des distributeurs à supprimer.
- **Densité de semis** : le réglage est différent selon le type de distribution.
  - ✓ *La distribution à cannelures* : le réglage se fait en modifiant l'ouverture de la cannelure et la vitesse de rotation de la distribution.
  - ✓ *La distribution à ergots* : le choix de l'ergot, de l'ouverture de la trappe supérieure et de l'obturateur inférieur se font en fonction de la taille des graines. Le réglage de la densité de semis se fait uniquement en modifiant la vitesse de rotation de la distribution.
- **L'aplomb** : ce réglage est nécessaire pour obtenir une profondeur de semis homogène. Il est obtenu par réglage de la longueur de la biellette du troisième point d'attelage. On contrôle la position au moyen de l'indicateur d'aplomb placé latéralement sur la trémie.
- **Profondeur de semis** : ce réglage s'obtient en modifiant la pression exercée sur chaque organe d'enterrage, selon sa position par rapport aux hétérogénéités du sol (traces des roues du tracteur), et

la résistance à la pénétration des organes d'enterrage dans le sol (en sol meuble, détendre les ressorts).

- **Recouvrement du lit de semence :** les dents des herse de recouvrement doivent être réglées pour que leur position ne perturbe pas la placement des graines dans le sol.
- **Rappuyage du lit de semence :** il n'est possible qu'avec des roues tasseuses fixées derrière les organes d'enterrage.
- **Vitesse d'avancement :** une vitesse excessive de semis peut provoquer un patinage des roues qui modifie la densité de semis. Elle entraîne aussi une irrégularité de la profondeur de semis, notamment sur lit de semence motteux. Si sur de très bonnes préparations de lit de semence, la vitesse de semis peut atteindre 8km/h, dans la plupart des situations une vitesse raisonnable se situe entre 5 et 6km/h.

### **I.1.2. Semoirs en lignes à transport pneumatique des graines :**

Ce type de semoirs présente une largeur de travail plus élevées que les semoirs classiques, pouvant atteindre jusqu'à 12m.

Il est pourvu d'une trémie, d'un système de distribution comparable à celui des semoirs classiques mais dont les éléments sont nettement plus rapprochés, d'un circuit de transport pneumatique des graines, de systèmes d'enterrage et de recouvrement comparables à ceux des semoirs en lignes classiques.

On distingue les semoirs à distributeurs multiples et les semoirs à distribution centralisée.

#### **I.1.2.1. Semoirs à distributeurs multiples :**

Dans ce type de semoirs, la quantité de graines pour chaque ligne de semis est dosée par un distributeur à cannelures ou à ergots identique à celui des semoirs en lignes classiques.

A leur sortie des distributeurs, les graines sont entraînées dans des gaines souples grâce au flux d'air d'un ventilateur qui les transporte vers les organes d'enterrage.

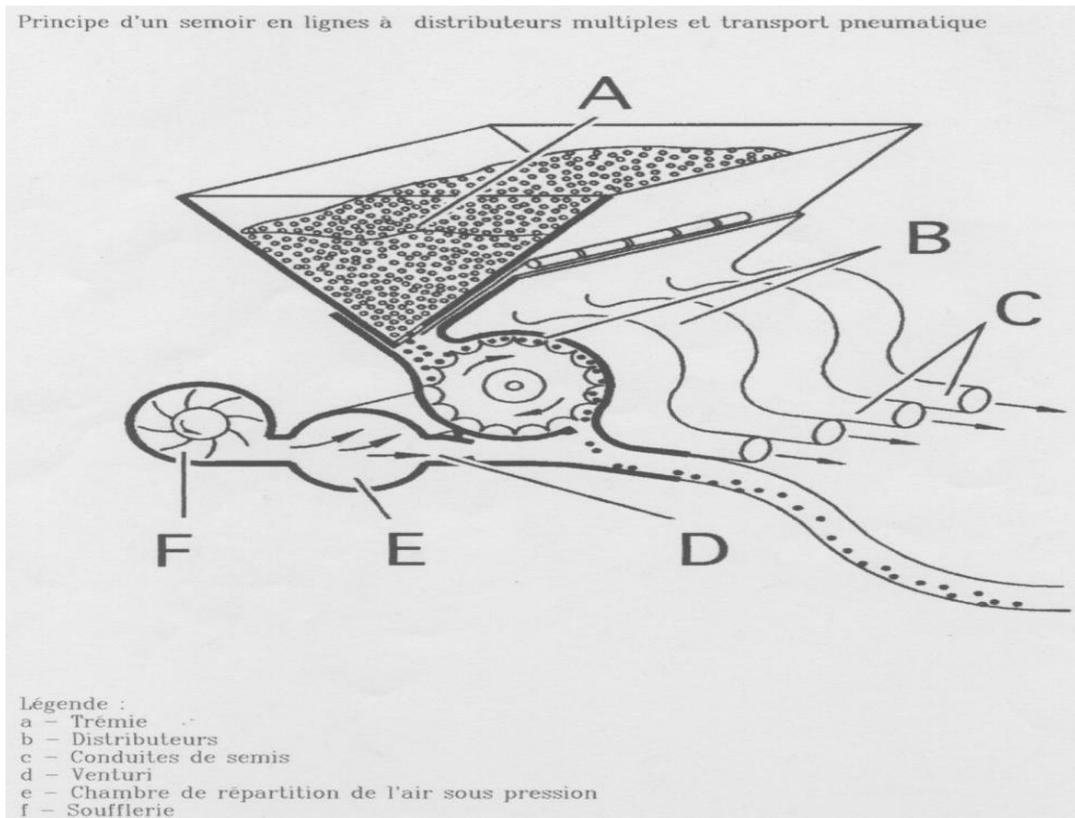


Figure 15: Semoirs en lignes pneumatique à distributeurs multiples. (Cédra, 1993)

### I.1.2.2. Semoirs à distribution centralisée :

Il comprend un distributeur (ou doseur) unique pour l'ensemble des lignes de semis et un répartiteur. Le distributeur est constitué d'un rotor à cannelures dont les cellules sont réglables à la manière même d'un distributeur classique à cannelures. Les graines sortant du distributeur sont transportées par un courant d'air vers le répartiteur qui divise la flux principal d'air en autant de flux secondaire que de corps de semis à alimenter.

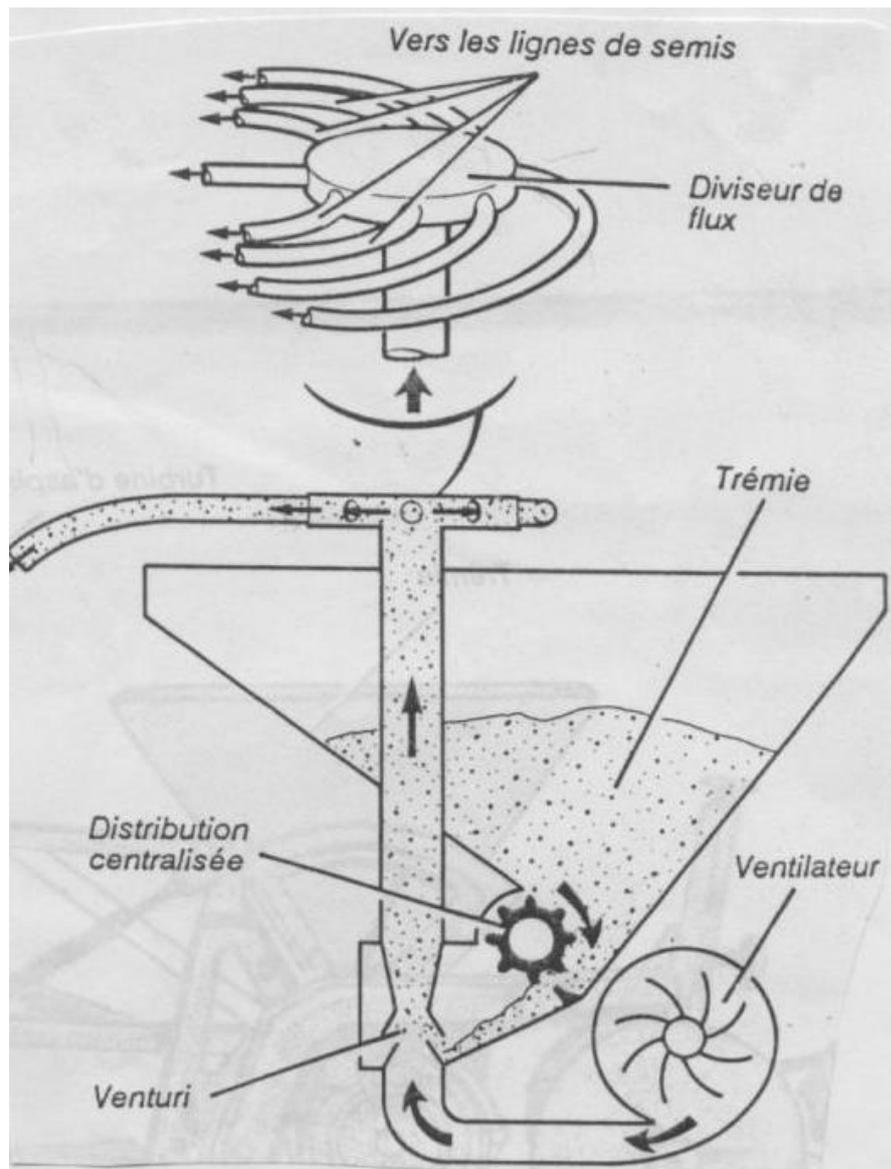


Figure 16 : Coupe transversale dan un semoir en lignes pneumatique à distribution centralisée. (Barthelemy et al., 1989)

### I.2. Semoir monograine:

C'est un semoir permettant de réaliser un semis en lignes, graine par graine espacées dans le rang à une distance préalablement définie.

Il existe de nombreuses techniques d'obtention du semis monograine qui peuvent être classées en deux groupes : les semoirs monograine à distribution mécanique de la graine et les semoirs monograine à distribution pneumatique.

Généralement, le semoir est constitué de 4 à 8 éléments de semis indépendants comprenant chacun : une trémie, un système de distribution, d'enterrage et de recouvrement.

Il existe aussi des semoirs à distribution centralisée qui comprennent une trémie unique et un distributeur central qui dirige les graines vers les corps de semis.

### I.2.1. Semoirs monograine à distribution mécanique :

#### I.2.1. 1. Semoir à plateau alvéolé, horizontal ou incliné :

Dans ce type de semoirs, un plateau horizontal ou incliné comportant des alvéoles à sa périphérie tourne au fond d'une trémie cylindrique. Les graines se logent par gravité dans les alvéoles et sont entraînées vers un canal d'évacuation à l'entrée du quel un dispositif élimine les graines en surnombre.

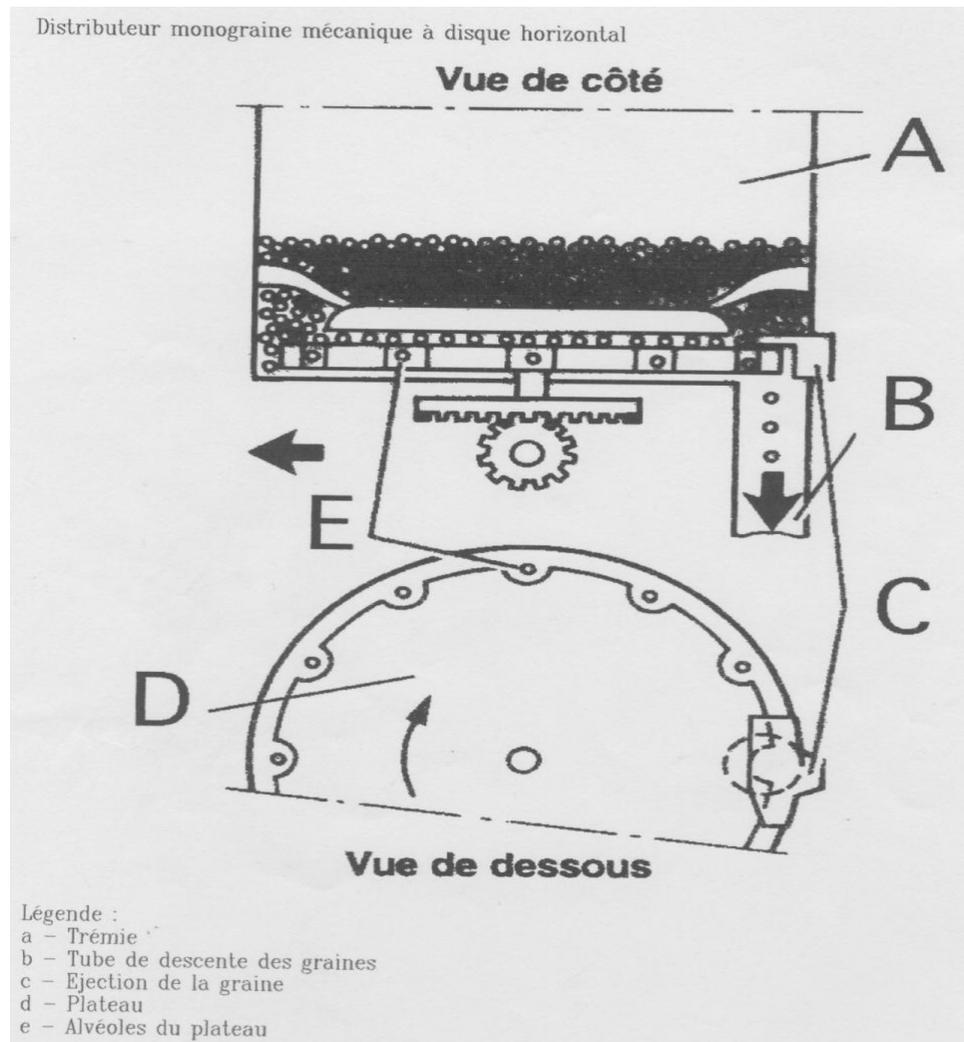


Figure 17: Semoir monograine mécanique à plateau alvéolé horizontal. (Cédra, 1993)

#### I.2.1. 2. Semoir à disque rotatif vertical :

Des alvéoles placées sur la périphérie d'un disque prélèvent des graines dans une trémie. Au cours de la rotation du disque, les graines sont conduites au-dessus du corps de semis dans lequel elles tombent par leur propre gravité ou grâce à une languette d'éjection.

Pour chaque taille de graine, il faut disposer d'un disque adapté.

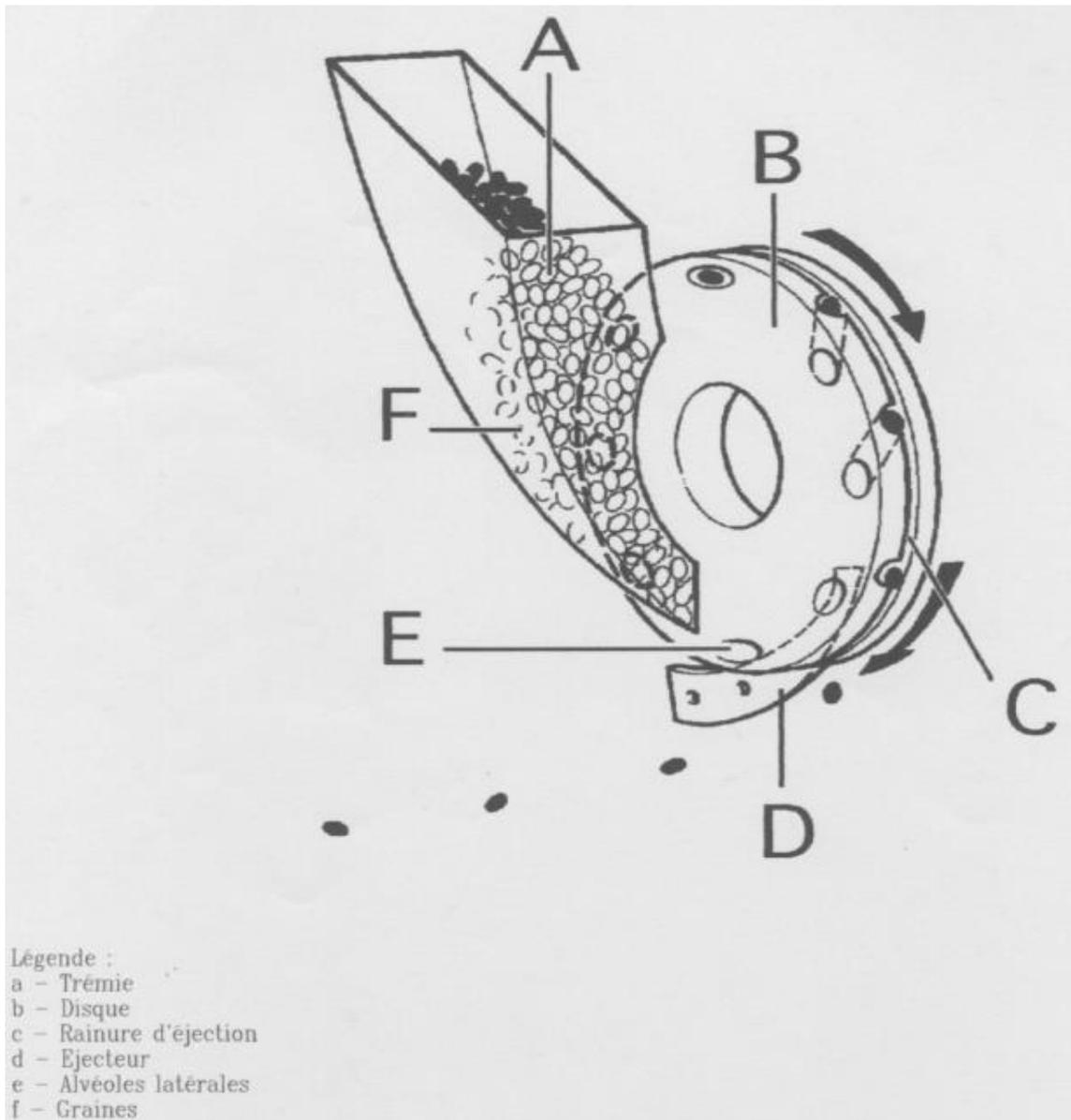


Figure 18: Semoir monograine mécanique à disque rotatif vertical. (Cédra, 1993)

### I.2.1. 3. Semoir monograine à doigts :

Semoir dans lequel la prise des graines est réalisée en fond de trémie par un disque muni de languettes articulées ou doigts. Au cours de la rotation du disque, les doigts libèrent chaque graine dans les godets d'une courroie, d'où elle tombe par gravité dans le sillon.

### I.2.2. Semoirs monograine à distribution pneumatique :

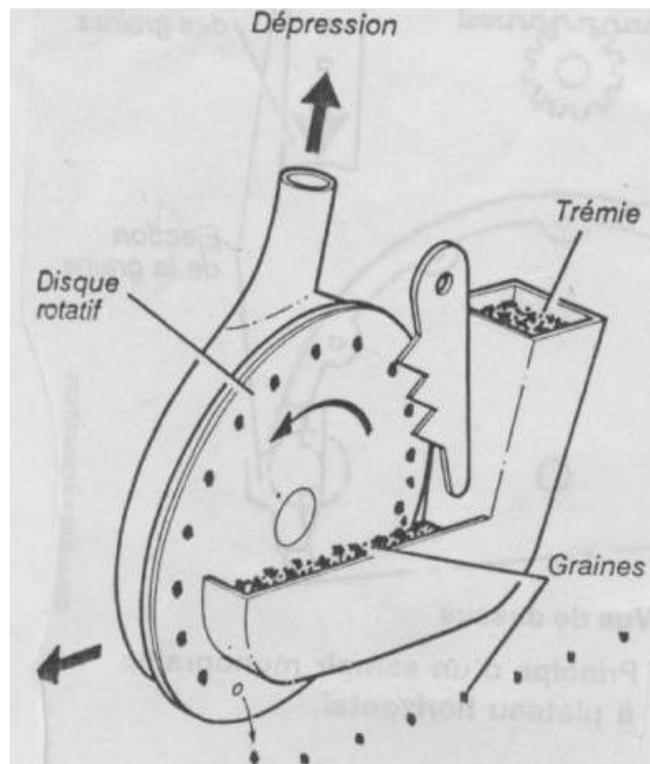
Dans ce type de semoirs, seule la rotation du disque est commandée mécaniquement par les roues porteuses. Par contre, les opérations de prise de graines, d'entraînement et d'éjection vers le sol s'effectuent par la pression ou la dépression d'air d'un ventilateur actionné par la prise de force du tracteur.

### **I.2.2. 1. Semoir pneumatique à disque rotatif :**

Ce semoir est constitué par une trémie et par une chambre d'aspiration qu'un disque de distribution sépare d'une chambre se trouvant à la pression atmosphérique.

Les graines sont aspirées contre le disque au niveau des perforations qu'elles ne peuvent franchir, puis entraînées par la rotation du disque et libérées au ras du sol par la suppression de l'aspiration.

Le maintien des graines contre les orifices du disque s'effectue par la dépression d'air d'un ventilateur.



*Figure 19: Semoir monograine pneumatique à disque rotatif. (Cédra, 1991)*

### **I.2.2.2. Semoir pneumatique à disque et rotor à ailettes :**

Ce semoir comprend un disque à deux ou trois niveaux concentriques de perforation, un rotor à ailette, un sélecteur et un éjecteur.

Les graines venant de la trémie, par une chambre intermédiaire, sont aspirées contre les perforations extérieures du disque par dépression d'air.

En rotation, le disque passe devant un sélecteur qui dévie les graines vers la deuxième rangée de perforations, afin d'éliminer les graines éventuellement en double, puis la dépression cesse et les graines passent devant un éjecteur qui les sépare de leur orifices. Les graines ainsi libérées sont conduites par les ailettes du rotor jusqu'à la conduite du semis.

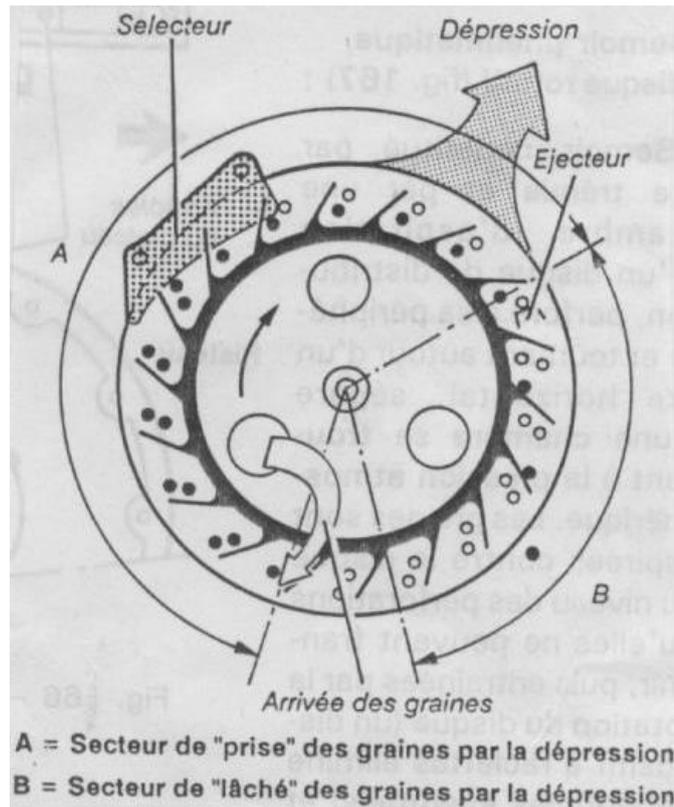


Figure 20: Semoir monograin pneumatique à disque et rotor à ailettes. (Cédra, 1991)

### I.2.2. 3. Semoir pneumatique à distribution centralisée :

C'est un semoir dont la distribution ne s'effectue pas sur chaque élément de semis mais à partir d'un distributeur central.

Le transport des graines entre le distributeur et le corps de semis s'effectue pneumatiquement aux travers de conduites flexibles. Chaque conduite est raccordée à un diffuseur placé sur la périphérie d'un disque rotatif distributeur horizontal.

Chaque diffuseur reçoit les graines distribuées par le disque rotatif et les injecte dans un courant d'air qui les conduit au corps de semis correspondants.

#### IV. Matériels de plantation

##### II.1. Planteuses de pomme de terre :

Les planteuses de pommes de terre sont des outils permettant la mise en terre de tubercules de différents calibres, à distance et profondeur régulière, sans abîmer les germes. Ils sont constitués d'un ou plusieurs éléments de plantation sur un bâti semi-porté (jusqu'à 3 rangs) ou traîné (4 à 6 rangs).

##### Différents types de planteuses :

- **l'alimentation manuelle** est utilisée pour les plantations en primeur, avec des germes développés. Chaque plant est déposé dans un logement du distributeur.
- **l'alimentation automatique** peut faire l'objet de différents systèmes :  
Des systèmes à chaîne ou à godets, des systèmes à convoyeur aligneur, des systèmes à disque et doigts extracteurs.

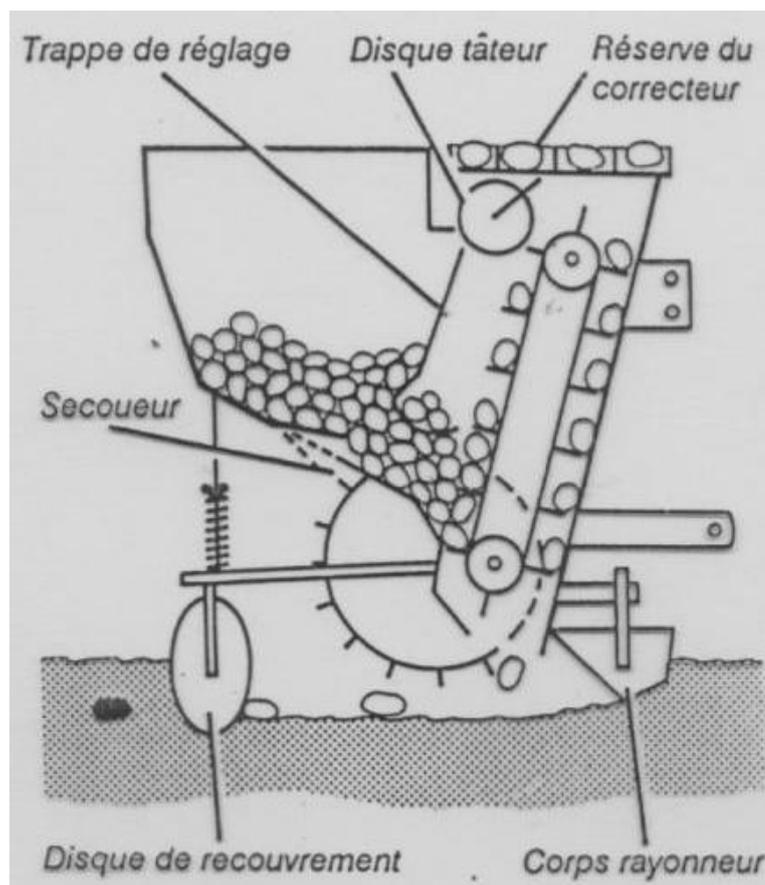


Figure 21: Vue en coupe d'une planteuse de pomme de terre. (Oestges, 1994)

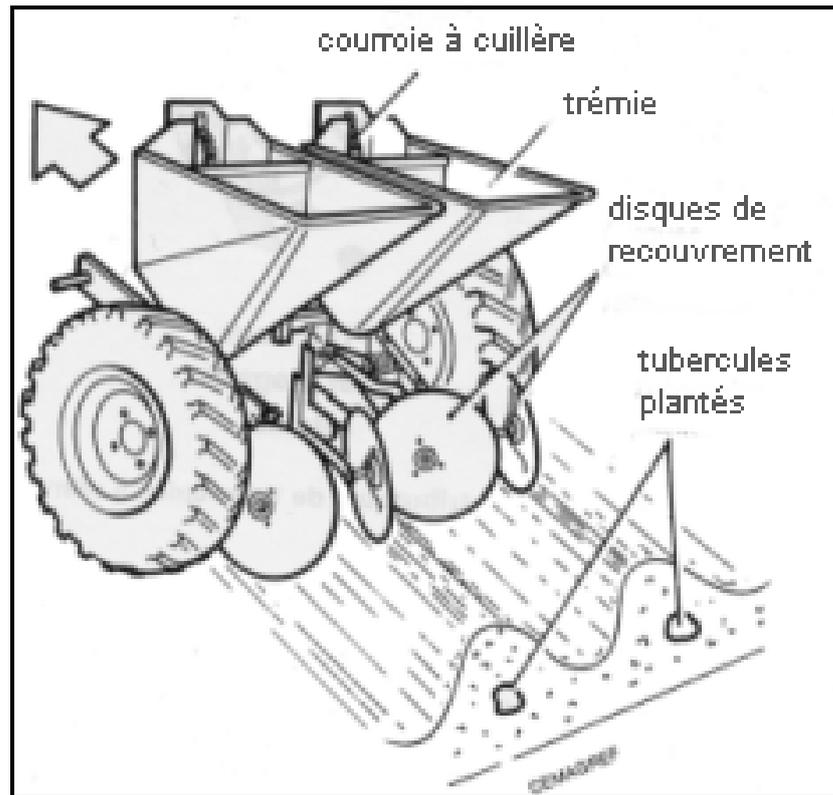


Figure 22 : vue générale d'une planteuse de pomme de terre. (Oestges, 1994)

Chaque élément de plantation est constitué d'un corps rayonneur, d'un système de distribution et de disques de recouvrement.

**1. Corps rayonneurs :** C'est généralement un soc à deux versoirs, inclinés ou perpendiculaires au sol, chargé d'ouvrir le sillon.

**2. Système de distribution :** Entraîné par les roues de la planteuse, le système de distribution comprend une courroie à cuillères ou à godets qui transporte les tubercules de la trémie jusqu'à quelques centimètres du fond du sillon. Sur certaines machines, un palpeur détecte les manques et déclenche un correcteur alimenté par une trémie auxiliaire. (Oestges, 1994)

**3. Disques de recouvrement :** Le recouvrement des tubercules déposées dans le sillon est réalisé par deux disques buteurs divergents.

**Réglages :** (Oestges, 1994)

- **réglage de l'écartement des plants dans la ligne:** le distributeur est équipé d'une série d'engrenage qui permet de modifier sa vitesse de rotation, et donc le rythme des dépôts pour une même vitesse d'avancement.

- **réglage de l'écartement entre les lignes :** sur les machines à plusieurs rangs, les éléments peuvent être déplacés latéralement sur le châssis, pour faire varier la distance entre les lignes.

- **réglage de l'enterrage et du recouvrement** : Les socs d'ouverture des sillons sont fixés au châssis par des étriers qui permettent de modifier rapidement leur profondeur. On peut régler la hauteur, l'écartement, l'inclinaison, la pression des disques de recouvrement.

## **V. Matériel de repiquage :**

### **Repiqueuse de plants:**

Machine destinée à mettre en terre, à sa place définitive, une plante préalablement élevée en pépinière. Son fonctionnement est voisin de celui des planteuses de tubercules. A ceci près que les plants sont très fragiles et qu'ils doivent être disposés dans une position précise. Elles nécessitent en principe la présence de personnel assis devant les distributeurs pour les approvisionner.

Il s'agit en général de machines attelées au système trois points du tracteur, portées en transports et reposant sur leurs propres roues au travail. Elles comportent un bâti supportant 1 à 6 éléments planteurs, correspondant à autant de postes assis, permettant à quelqu'un d'alimenter manuellement le mécanisme de distribution correspondant. Selon les végétaux à planter et les machines, la vitesse peut aller de 1000 à 2500 plants par homme et par heure. Ces matériels sont polyvalents et permettent de mettre en terre différents végétaux, à racines nues ou en mottes. Des dispositifs complémentaires peuvent y être associés (arrosage localisé, apport d'engrais, dérouleur de lignes d'irrigation, etc.). (Lerat, 2015)

On distingue plusieurs systèmes de distribution, le distributeur à pince et le distributeur à disques souples sont les plus utilisés.

#### **1. Distributeur à roues et à pinces :**

Chaque distributeur présente une roue munie de pinces périphériques en nombre variable. La rotation de la roue distributrice est assurée par une roue porteuse, à vitesse proportionnelle à l'avancement. Des cames maintiennent les pinces ouvertes ou fermées selon leur position par rapport au sillon (s'ouvrent pour recevoir le plant, se resserrent légèrement pour le maintenir et enfin le libèrent au moment où les roues de rappuyage le maintiennent en terre).

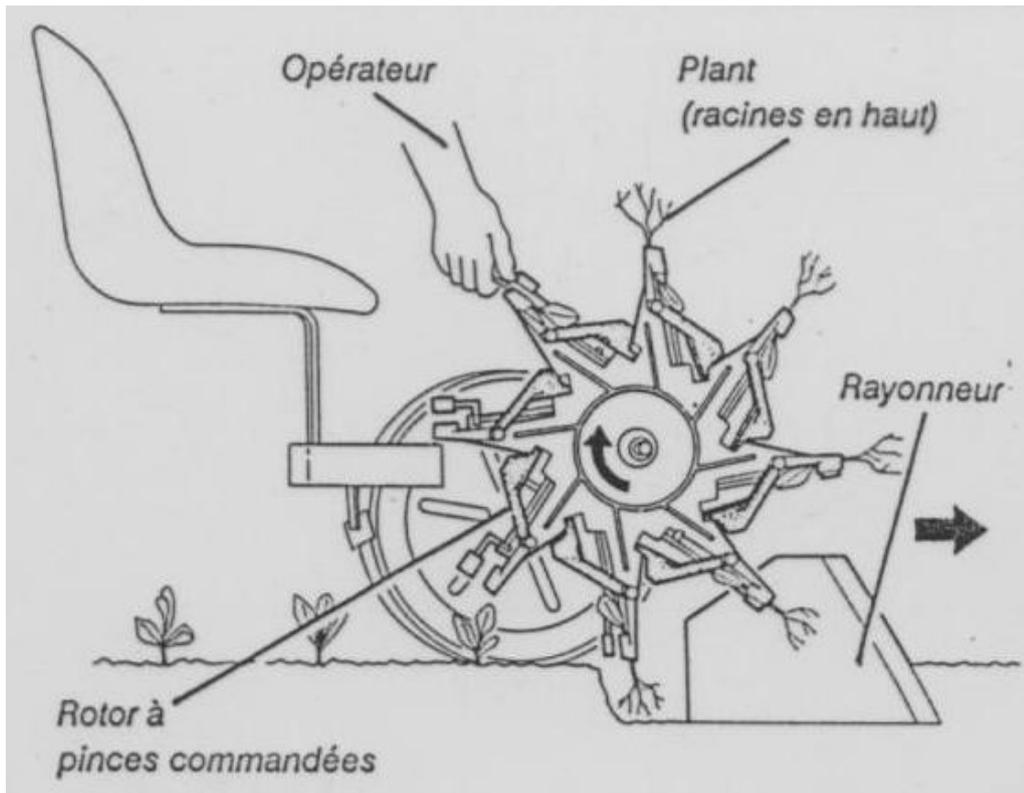


Figure 23 : Principe d'une planteuse à roues et pinces. (Cédra, 1991)

## 2. Distributeur à disques souples

Chaque module de distribution et de mise en terre comprend un rouleau plombeur avant, un corps sillonneur, un distributeur à disques rotatifs convergents, deux roues convergentes de rappuyage et des griffes pour la mise en forme de la surface du sol.

Il s'agit de deux disques souples dont l'écartement est commandé par des galets. L'opérateur dispose les plants dans l'entrure des disques, racines vers l'extérieur. Les disques en matériau souple pincent légèrement le plant et l'entraînent dans le fond du sillon. Le plant est alors relâché par la divergence des disques et positionné par les roues de rappuyage.

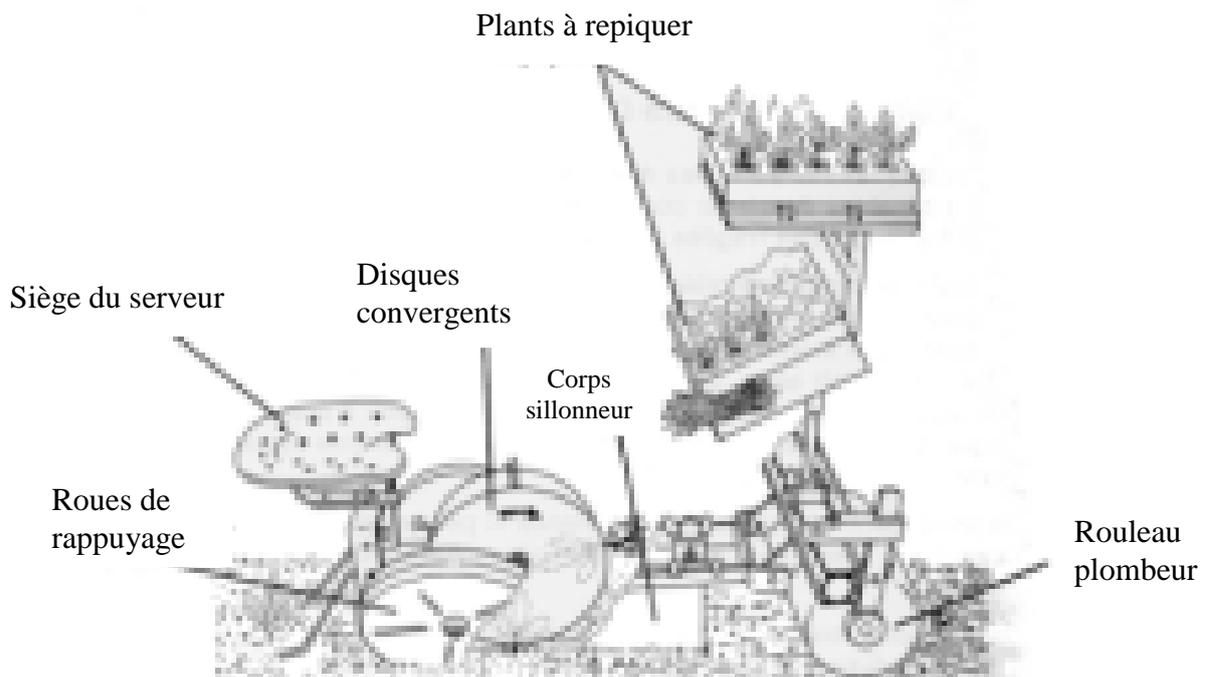


Figure 24 : Principe d'une planteuse à disques convergents. (Lerat, 2015)

### 3. Les distributeurs à courroies :

Ces machines sont utilisées pour le repiquage de plants maraîchers ou forestiers, à racines nues. Un serveur place manuellement les plants dans les encoches de la courroie d'alimentation. Cette courroie conduit les plants entre les courroies du convoyeur de plantation. Deux courroies parallèles saisissent les plants et les conduisent en position verticale dans le sillon, refermé par deux roues plumbeuses convergentes. (Lerat, 2015)

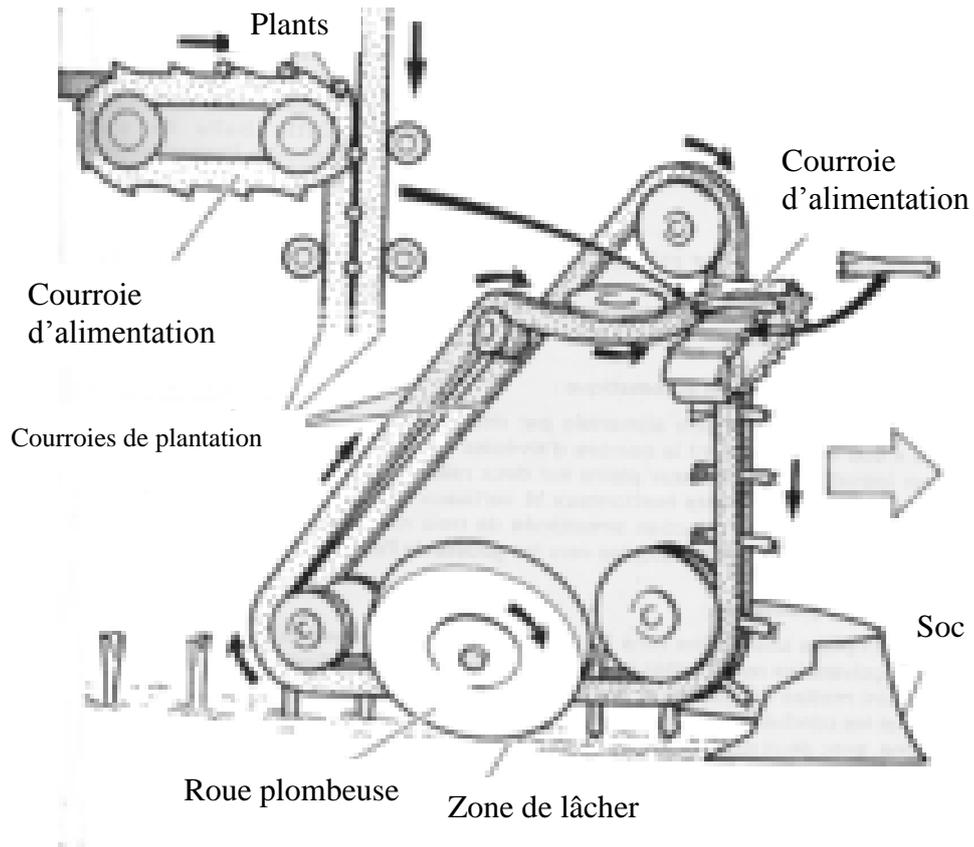


Figure 25 : Principe d'une planteuse à courroies. (Lerat, 2015)

### Chapitre III: MATERIELS DE TRAITEMENT DES CULTURES

#### Introduction:

Le traitement des cultures est une succession d'opérations de lutte contre les maladies, les ravageurs et les mauvaises herbes. La plupart des produits phytosanitaires sont destinés à être appliqués (sur les plantes, le sol, les graines) après dispersion dans un liquide support (eau le plus souvent), sous forme de gouttes ayant un diamètre généralement inférieur à 1mm, produites par un pulvérisateur. Le mélange liquide à pulvériser est appelé « bouillie ». (Barthelemy, 1990)

La pulvérisation consiste à diviser un liquide en fines gouttelettes et à en diriger le jet vers les organes végétaux à traiter ou vers le sol, de manière à ce qu'une certaine dose de produit par hectare soit respectée et épanchée aussi régulièrement que possible.

#### I. Pulvérisateur à pression de liquide à jet projeté :

C'est un appareil de traitement dont la pulvérisation du liquide est obtenue par la mise sous pression de ce liquide qui doit s'échapper par de petits orifices calibrés, en formant des gouttelettes qui sont projetées sans l'assistance d'un fluide auxiliaire. Le jet du liquide à grande vitesse entraîne de l'air qui contribue au transport des petites gouttes.

Le liquide contenu dans la cuve est refoulé par une pompe vers une rampe qui porte des orifices calibrés appelés buses de pulvérisation.

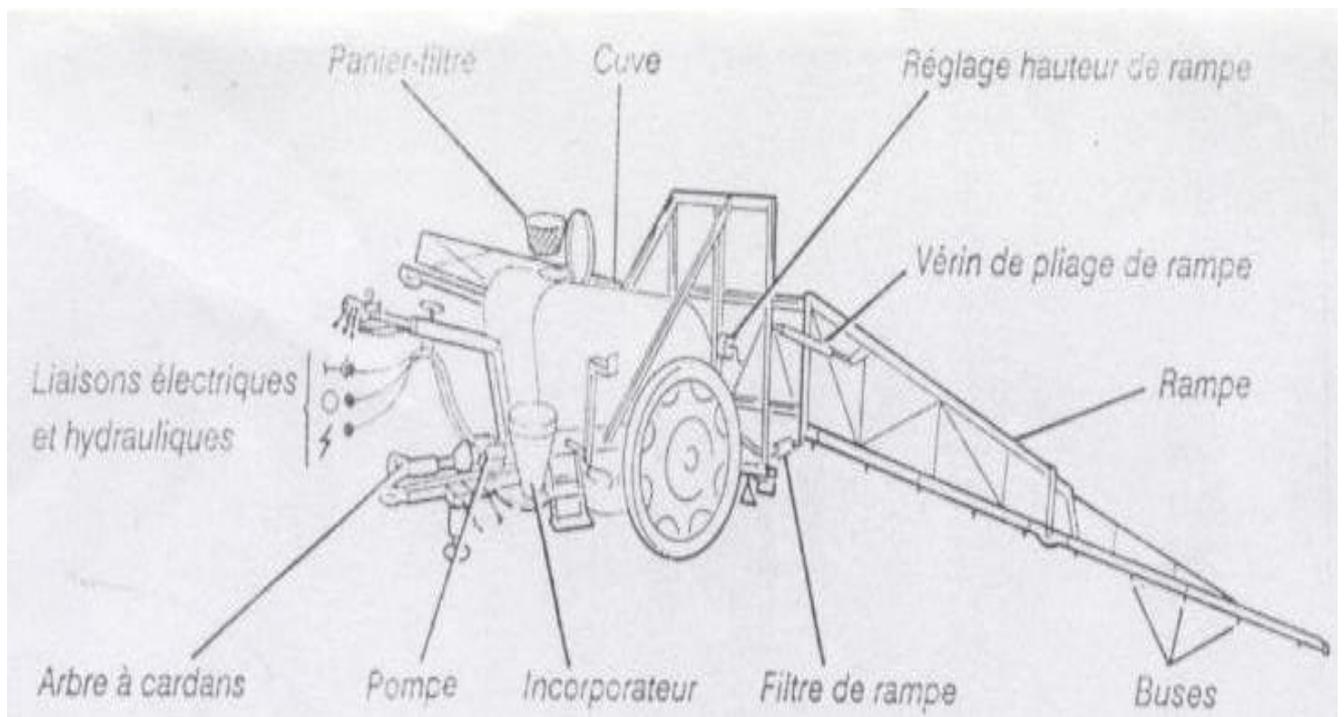


Figure 26: Pulvérisateur à pression de liquide à jet projeté pour cultures basses. (Barthelemy, 1990)

Les principaux organes des pulvérisateurs à jet projeté sont :

**I.1. La cuve:** c'est le réservoir de bouillie, maintenu en général à la pression atmosphérique. Les capacités varient de 200 à 1500 litres pour les pulvérisateurs portés et de 600 à 4000 litres pour ceux semi-portés et automoteurs. La cuve est dotée d'un couvercle étanche, d'un panier filtre et d'un point bas (puisard) où se trouve l'orifice d'aspiration de la pompe et de vidange de la cuve. La vidange s'effectue grâce à une vanne ou un bouchon. (Mostade, 1994)

**I.2. Le panier filtre:** c'est un tamis en matière plastique, à grande surface filtrante, permettant d'arrêter les particules lors des remplissages.

**I.3. Hydro-remplisseur ou hydro-injecteur:** appareil de remplissage des pulvérisateurs, dans lequel un jet d'eau à grande vitesse (obtenu par le débit de la pompe de pulvérisation) traverse un étranglement de la canalisation de remplissage en créant une dépression qui aspire l'eau à travers une crépine.

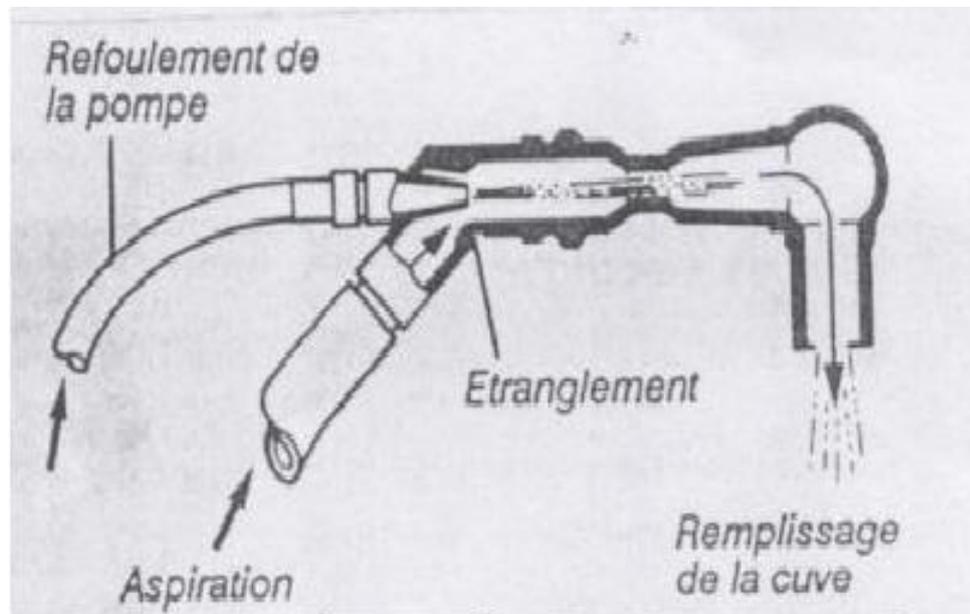


Figure 27: Hydro-remplisseur du pulvérisateur. (Mostade, 1994)

**I.4. L'incorporeur:** Bac polyvalent (pour poudre et liquide) ou éprouvette avec canne et flexible pour l'aspiration des liquides. L'aspiration du produit et son mélange s'effectuent dans l'incorporeur, grâce au courant d'eau de remplissage de la cuve.



Figure 28: L'incorporeur. (Hamza, 2000)

**1.5. L'agitateur** : dispositif assurant pendant le remplissage et le traitement le brassage de la bouillie dans la cuve. L'agitation est réalisée hydrauliquement par le retour d'une partie du débit de la pompe de pulvérisation ou par le débit d'une seconde pompe également utilisée pour le remplissage. Selon les cas, un agitateur mécanique (hélice, palettes, ...) est adjoint.

**1.6. Système de rinçage** : système de jet tournant à grande vitesse, alimenté par la pompe de pulvérisation et permettant un décapage des parois intérieures de la cuve.

**1.7. Pompe de pulvérisation**: pompe résistant à la pression maximale de pulvérisation, ainsi qu'à l'action chimique des produits et des engrais liquides. Pour le maintien d'un débit suffisant à pression élevée, on fait surtout appel à des pompes à piston ou à membrane. De telles pompes sont dites volumétriques, car leur débit est proportionnel à leur vitesse de rotation et peu sensible à la pression.

**1.8. Régulateur de pression** : placé sur le refoulement de la pompe, il commande une dérivation vers la cuve, afin de maintenir une pression de pulvérisation constante. Le liquide doit soulever une soupape rappelée vers son siège par une force réglable (ressort, fluide comprimé,...). La pression en amont immédiat du régulateur est sensiblement le quotient de cette force par la section de passage du fluide.

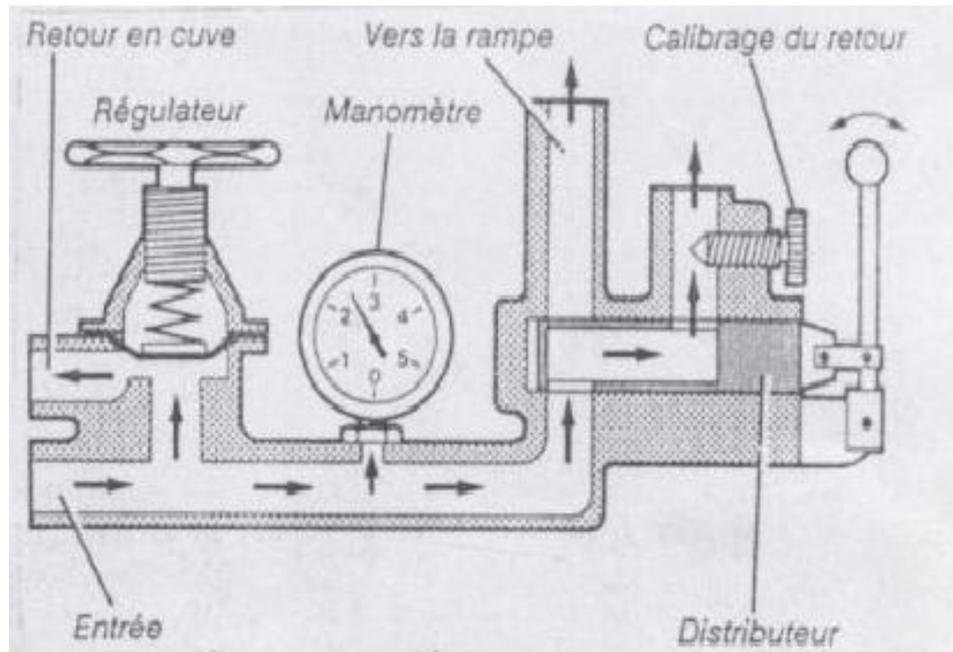


Figure 29: Régulateur de pression. (Houmy, 2011)

**I.9. Le manomètre** : instrument de mesure de la pression de bouillie, branché sur le refoulement, souvent au voisinage des buses. Il s'agit d'un indicateur à aiguille.

**I.10. Les distributeurs** : organes groupés pour la commande des alimentations des segments de rampe. Pour chaque segment, l'élément correspondant du distributeur est souvent associé à un dispositif de calibrage de retour. Le calibrage de retour ou équilibrage de pression a pour but de ne pas modifier la pression de pulvérisation lors de la coupure de l'alimentation d'un segment de rampe. (Hamza, 2000)

**I.11. Les filtres**: afin d'éviter l'obstruction des buses, les pulvérisateurs sont munis de filtration à plusieurs niveaux : filtre d'aspiration de la pompe, filtre de refoulement de la pompe, et filtre sur l'alimentation de chaque segment de rampe.

**I.12. Rampe de pulvérisation**: support sur lequel sont réparties les buses et qui supporte une ou plusieurs canalisations alimentées séparément (tronçons ou segments de rampe). Elle comporte plusieurs éléments articulés et est munie d'un système de suspension visant à maintenir partout la même hauteur par rapport à la végétation ou au sol, ainsi qu'un dispositif de repliage.

**I.13. Buse de pulvérisation à pression de liquide** : pièce dont le rôle est de réaliser la pulvérisation par pression de liquide. Elle comporte un orifice calibré dont le débit dépend d'une loi appelée loi de la buse. Cette loi consiste à ce que le débit d'une buse de pulvérisation reste sensiblement proportionnel à la racine carrée de la pression.

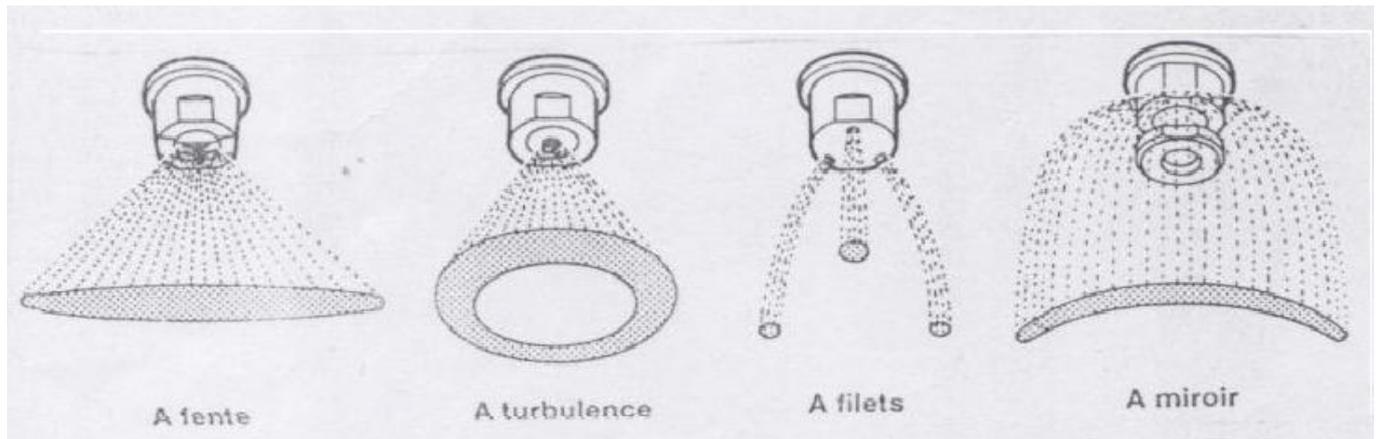


Figure 30: Types de buses. (Ollivier 1999)

**I.14. Le porte-buse:** support permettant de relier les buses aux conduites de la rampe de pulvérisation. La buse est fixée au porte-buse par un écrou étanche à vis ou à baïonnette. Les portes-buses comprennent généralement un filtre et un dispositif anti-gouttes.

**I.15. L'anti-goutte :** organe logé en amont immédiat de chaque buse (pratiquement dans la buse elle-même), et destiné à empêcher l'émission du liquide par les buses après la coupure de l'alimentation du segment de rampe correspondant, et à obtenir le rétablissement rapide de la pression de service dès l'ouverture du distributeur. Un tel dispositif comporte en général, une soupape ou une membrane rappelée par un ressort taré à faible pression.

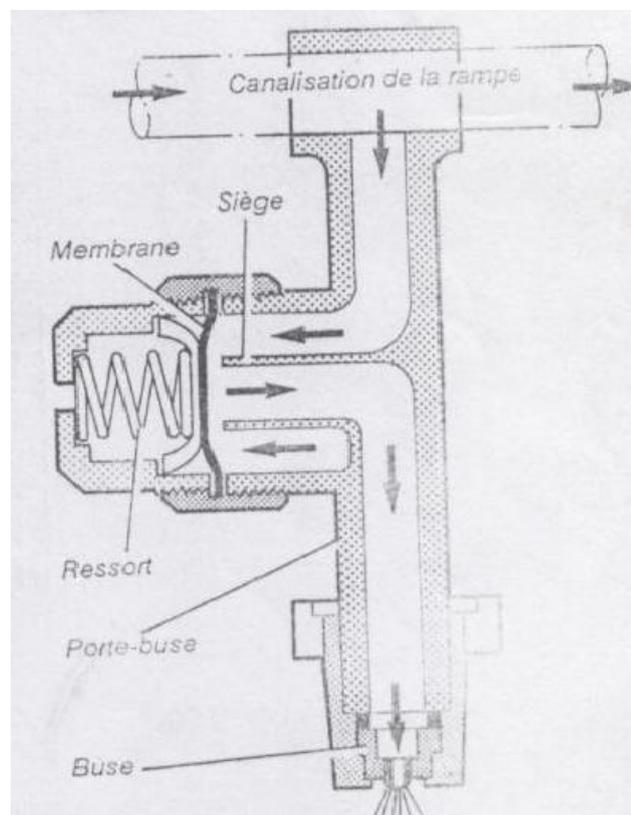


Figure 31: Principe de fonctionnement de l'anti-goutte. (Ollivier 1999)

**I.16. Dispositifs de régulation:** pour mieux réaliser le volume par hectare prévu, les pulvérisateurs sont fréquemment équipés de dispositifs de régulation à débit proportionnel à l'avancement (DPA), ou à débit proportionnel au régime du moteur du tracteur (DPM). Ces automatismes conduisent à une régulation du débit par modification de la pression selon des écarts prédéterminés.

## **II. Les poudreuses:**

Machines destinées à répartir sur le sol ou sur les plantes les produits en poudre utilisés pour lutter contre les maladies ou parasites.

La poudre contenue dans une trémie est entraînée par des dispositifs mécaniques ou pneumatiques (assurant également son agitation) dans un courant d'air engendré par un ventilateur centrifuge.

Le poudrage est surtout pratiqué pour l'application de soufre sur les vignes et les arbres fruitiers, ainsi que pour des traitements antifongiques en cultures maraîchères de plein champ et sous serre.

## **Chapitre IV: MATERIELS DE RECOLTE**

### **IV. Récolte de fourrage en sec:**

La récolte des fourrages en sec consiste en plusieurs opérations qui vont de la coupe jusqu'à la rentrée du fourrage à la ferme et son stockage.

- La première opération consiste en la coupe des plants sur champs sous forme de bandes alignées derrière le passage de la faucheuse.
- La deuxième opération permet de reprendre ce matériau par le biais du faneur afin de remuer et mélanger les différentes parties du produit pour que toutes les herbes subissent une dessiccation homogène et obtenir un fourrage sec.
- La troisième opération, qui parfois a lieu en même temps que la précédente, se fait grâce à l'andainneur qui regroupe les brins d'herbes séchées sous forme d'andains de largeur plus réduite que ceux formés par la faucheuse, facilitant ainsi le ramassage.
- La dernière opération est la fonction de la ramasseuse presse qui ramasse les andains d'herbes en les pressant pour donner des bottes.

Par ailleurs, le fourrage pourrait être conservé par voie humide. Pour cela on utilise pour sa récolte une ensileuse qui coupe les herbes aux champs en les hachant et les refoule dans une remorque qui la suit derrière.

#### **I.1. Le fauchage et le conditionnement:**

Le fauchage ou coupe consiste à sectionner, à leurs bases, les tiges de fourrage sur pied de façon aussi nette que possible. Le conditionnement est une opération souvent associée à la coupe et consiste à écraser les tiges afin d'accélérer l'évaporation de l'eau qu'elles contiennent. Ces opérations sont réalisées avec des faucheuses et des conditionneuses, le plus souvent combinées en faucheuses-conditionneuses.

##### **I. 1.1. Faucheuse à barre de coupe ou faucheuse alternative:**

Machine dont l'organe de coupe (ou barre de coupe) comporte une lame animée d'un mouvement rectiligne alternatif qui coulisse dans une partie fixe munie de doigts dite porte-lame. Les doigts divisent le fourrage sur pied en touffes maintenues verticales avant le sectionnement par la lame. Le système de faucheuse à lame alternative est utilisé sur toutes les tables de coupe des moissonneuses-batteuses pour céréales. (CEMAGREF, 1984)

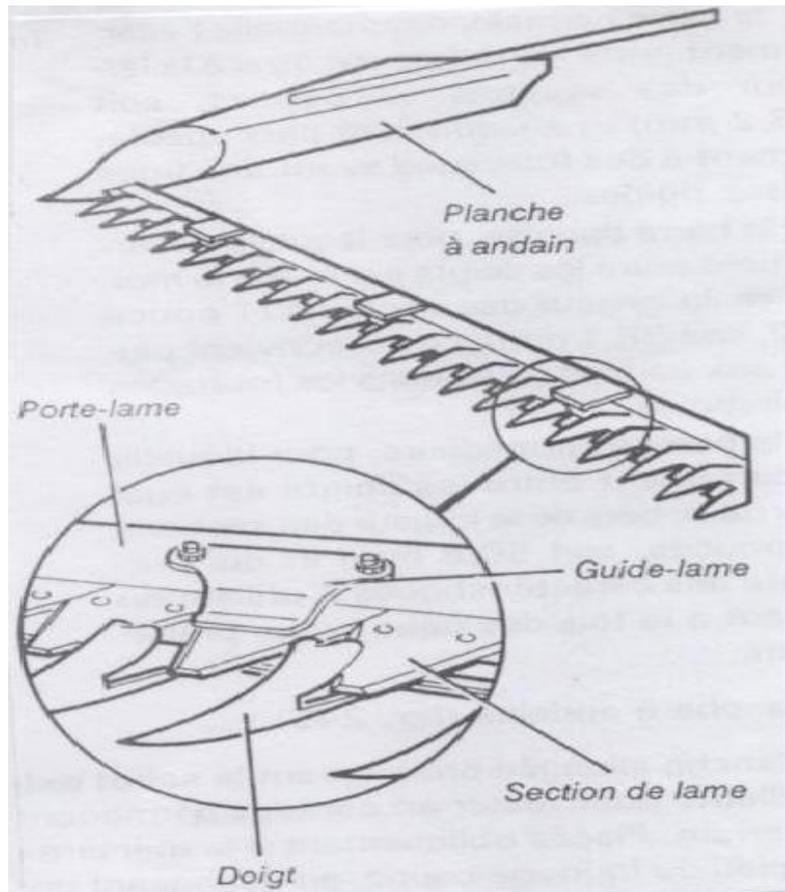


Figure 32: Vue générale d'une faucheuse alternative. (Cédra 1991)

### B. La barre de coupe :

Une barre de coupe est essentiellement composée d'une lame et d'un porte-lame.

- **La lame de coupe:** la lame de coupe est une barre en acier étiré, de section rectangulaire, appelée aussi tringle. Sur cette tringle sont rivetées des sections qui sont de véritables couteaux-scies.
- **Le porte-lame:** appelé aussi barre-support. Il repose sur le sol par l'intermédiaire de deux sabots dont l'un, le sabot extérieur, reçoit la planche à andain. Il supporte tous les organes fixes qui permettent aux sections de la lame de couper effectivement le fourrage : doigts, guide lame et plaque d'usure. Le porte lame glisse sur le sol par ses sabots et peut pivoter dans un plan vertical perpendiculaire à l'avancement pour être relevé, totalement ou partiellement, ou pivoter autour d'un axe horizontal parallèle à l'avancement pour régler le pointage. (CEMAGREF, 1984)

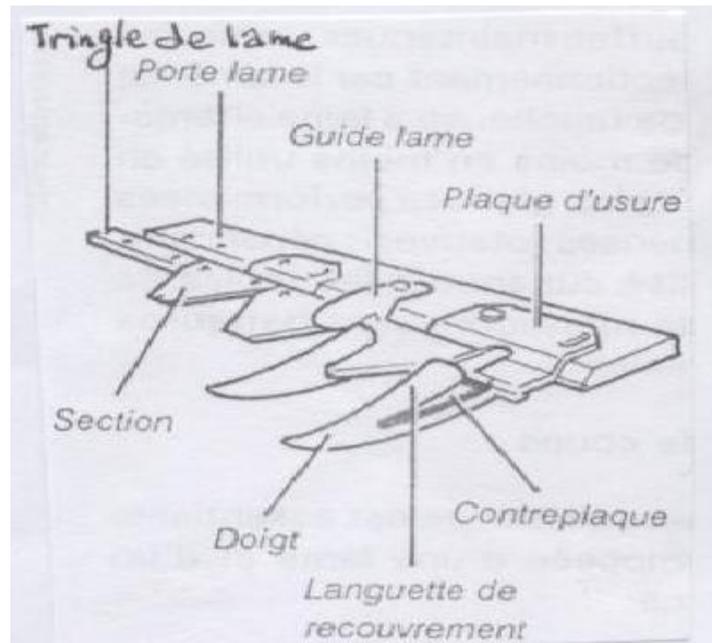


Figure 33 : Vue partielle de la barre de coupe d'une faucheuse alternative. (Cédra 1991)

Selon l'écartement entre les axes des doigts, on distingue trois types principaux de barres de coupe :

- ✓ **La barre normale** : dans laquelle l'écartement entre les doigts est égal à la largeur des sections (76.2mm), et qui convient plus spécialement à des fourrages ayant des tiges assez rigides.
- ✓ **La barre danoise** : pour laquelle l'écartement entre les doigts est égal à la moitié de la largeur des sections (38.1mm), ce qui convient aux coupes rases.
- ✓ **La barre intermédiaire** : pour laquelle l'écartement entre les doigts est égal aux deux tiers de la largeur des sections (50.8mm), et qui présente des caractéristiques d'utilisation tenant à la fois des deux types précédents.

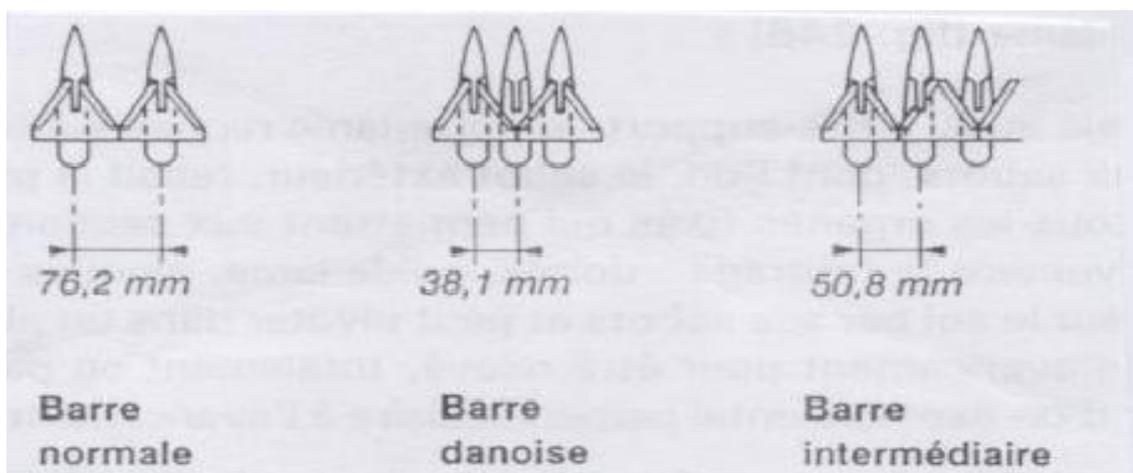


Figure 34: types de barres de coupe. (Cédra 1991)

## **B. La planche à andains:**

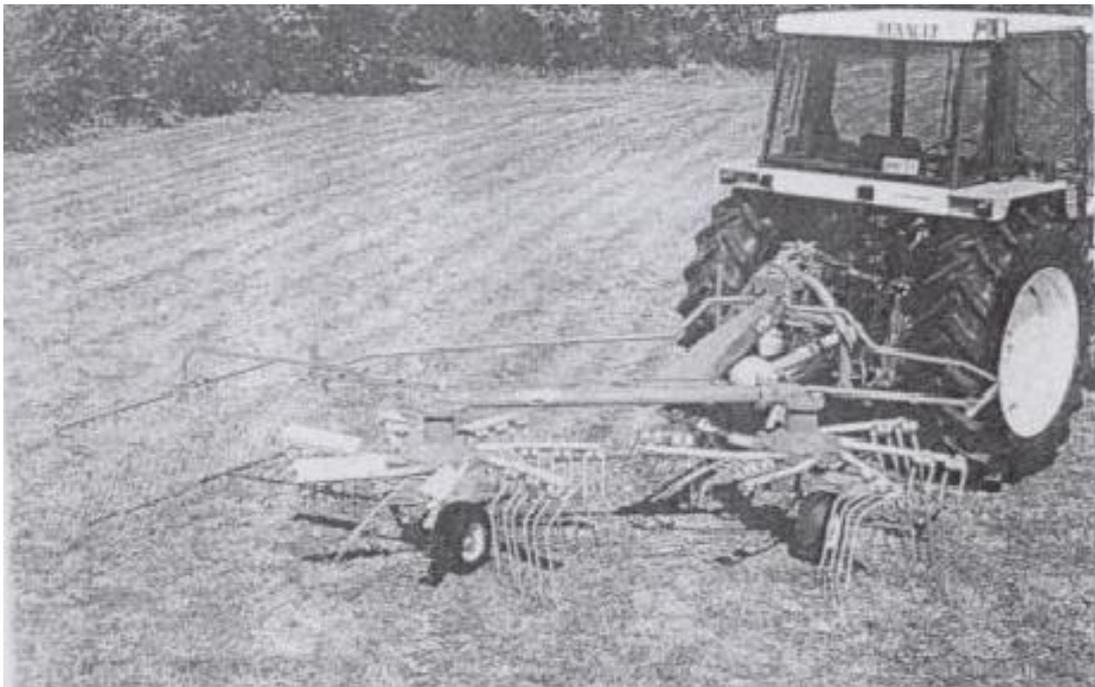
Planche allongée prolongeant le sabot extérieur vers l'arrière. Elle est montée oscillante pour rester en contact permanent avec le sol en dépit des inégalités de terrain. Placée obliquement à la manière d'un versoir, elle sépare le fourrage sur pied du fourrage coupé, en dégagant une bande du terrain où roulera par la suite une roue du tracteur au passage suivant sans écraser le fourrage coupé où glissera le sabot intérieur.

### **I.2. Le fanage et l'andainage:** (Cédra 1993)

Le fanage a pour objet d'accélérer le séchage de l'herbe qui contient environ 80% d'eau au moment de la coupe. L'opération consiste à soulever et à étaler mécaniquement le fourrage laissé au sol après la coupe dans le but de faciliter l'action du soleil et du vent.

L'andainage consiste à regrouper le fourrage, après la coupe ou le fanage, de manière à former sur le sol des lignes continues, soit pour protéger le produit de l'humidité nocturne, soit pour faciliter la reprise mécanique ultérieure en vue d'une autre opération (hachage, pressage, ou chargement).

Ces opérations peuvent être mécanisées à l'aide de matériel appelé faneurs, andaineurs (séparés), ou des faneurs-andaineurs (combinés).



*Figure 35 : Faneur andaineur rotatif. (CEMAGREF, 1984)*

### **I.3. Le ramassage-pressage :**

Cette opération qui complète les opérations précédentes est réalisée à l'aide de matériels appelés : ramasseuses-presses. Elle consiste à reprendre directement sur le sol un andain de fourrage pour confectionner les balles de formes et de volumes différents selon le type de machine.

### I.3.1. Ramasseuse-presse à balles parallélépipédiques :

C'est une machine dont le rôle essentiel est d'effectuer une compression du fourrage, préalablement andainé, grâce à l'action d'un piston pour obtenir des balles compactes de forme parallélépipédique.

Un organe antérieur dit pick-up, ramasse l'andain disposé au sol. Le produit est ensuite comprimé dans un canal, puis les balles formées sont liées avec de la ficelle.

Les ramasseuses-presses peuvent être classées suivant la densité des balles :

- **Haute densité** : 175 à 250 kg/m<sup>3</sup> ; poids moyen des balles de 35 à 50kg.
- **Moyenne densité** : 100 à 175 kg/m<sup>3</sup> ; poids moyen des balles de 15 à 35 kg.
- **Basse densité** : moins de 100 kg/m<sup>3</sup> ; poids moyen des balles de 6 à 15 kg.

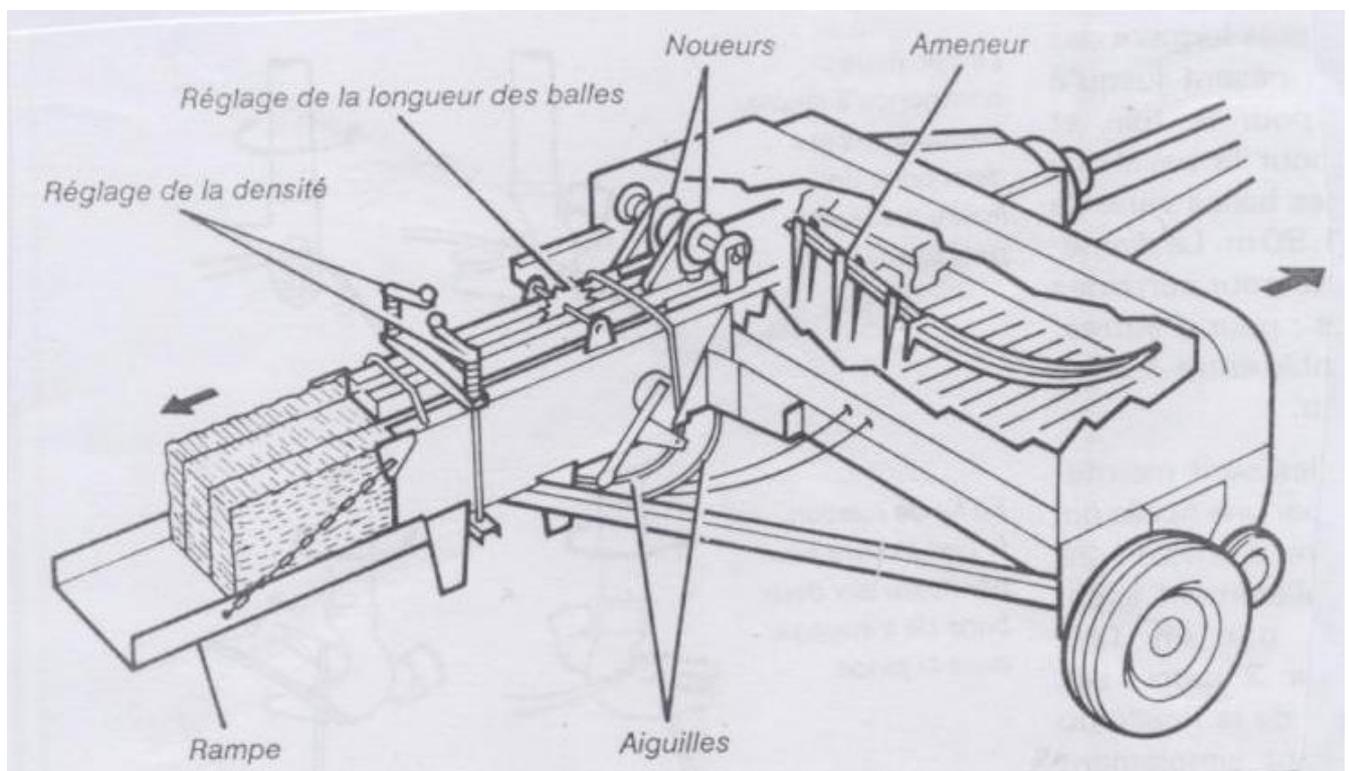


Figure 36 : Constitution d'une ramasseuse presse à balles parallélépipédiques. (Cédra 1993)

Une ramasseuse-presse comprend principalement un ramasseur, des ameneurs, un piston et des noueurs.

**A. Ramasseur ou pick-up :** Organe qui réalise le ramassage de l'andain au moyen de dents métalliques, souples ou non, articulées sur des barres transversales reposant sur deux disques latéraux en rotation.

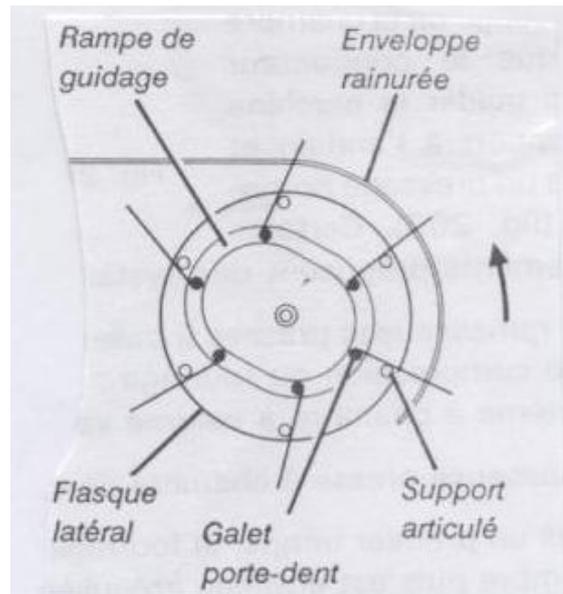


Figure 37 : Constitution du ramasseur. (Cédra 1993)

### B. Les ameneurs :

Organes d'alimentation constitués d'une vis ou de fourches qui assurent l'acheminement du foin depuis la sortie du ramasseur jusqu'au niveau du canal de compression, pour l'engager devant le piston.

### C. Le piston :

Le piston est formé d'un caisson cubique en forte tôle d'acier soudée, animé d'un système de bielle-manivelle et se déplaçant à l'intérieur du canal de compression suivant un mouvement rectiligne alternatif à la cadence de 60 à 90 coups/mn selon les machines.

Equipé de galets en métal, le piston coulisse sur des glissières d'acier disposées dans la partie inférieure du canal. Deux fentes verticales, ménagées dans la face de compression, laissent passer les aiguilles. Un couteau latéral sectionne le fourrage engagé par les ameneurs.

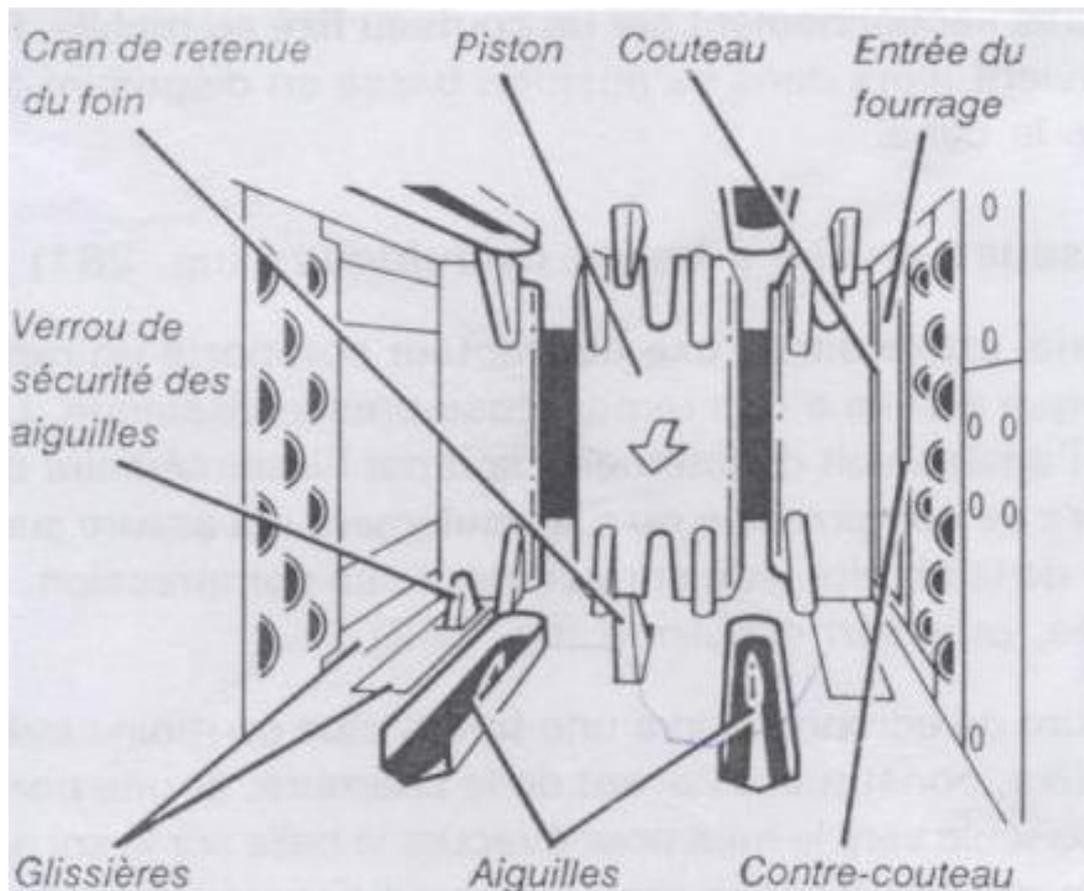


Figure 38 : Vue intérieure du canal de compression d'une ramasseuse presse. (Cédra 1993)

#### D. Les noueurs :

Sur la partie terminale du canal, deux noueurs réalisent le liage des bottes. Le fonctionnement des noueurs peut se résumer de la manière suivante : (Cédra 1993)

- Au début du cycle, les aiguilles sont en position basse et l'extrémité de la ficelle est coincée, à la partie supérieure du canal, dans un disque reteneur.
- Le fourrage, avançant sous l'action du piston, repousse le lien maintenu en haut par le disque reteneur, et la balle ainsi ceinturée continue à avancer. Son avancement actionne un pignon-mètreur qui, au moyen d'une came et pour une longueur de balle prédéterminée, agit sur un levier de déclenchement qui commande l'aiguille et le noueur.
- L'aiguille traverse alors le canal et présente la boucle du lien au bec du noueur. Ce bec prend la boucle et, en pivotant, exécute le nœud.
- Le brin libre du lien est retenu de nouveau par le disque reteneur après sectionnement par un couteau fixe ou mobile.
- Pour terminer le cycle, l'aiguille revient alors dans sa position basse en disposant de nouveau un brin de ficelle dans le canal.

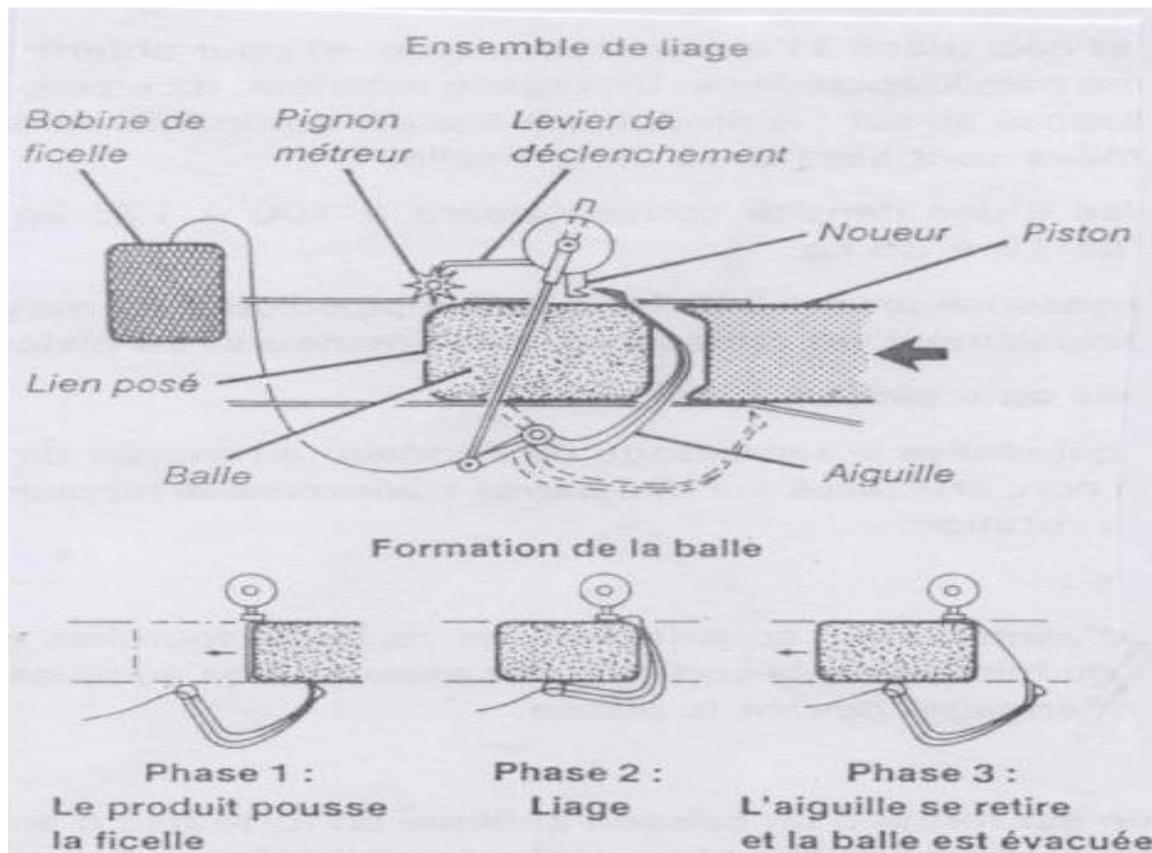


Figure 39 : Système de liage d'une ramasseuse presse. (Cédra 1993)

### III. 1. Les réglages :

Plusieurs réglages peuvent être effectués sur une ramasseuse-presses, spécialement celui de la densité et de la longueur des balles.

- Le réglage du ramasseur porte sur la hauteur de travail et l'inclinaison des dents. La hauteur doit assurer une garde au sol de 3 à 6cm, son réglage s'obtient grâce à un levier, une manivelle, ou une vis variant la tension d'un ressort compensateur. (Cédra 1993)
- Il est possible de serrer plus ou moins des tôles latérales disposées à la sortie du canal de compression pour freiner ou faciliter la sortie du produit grâce à deux manivelles ou volants, ce qui permet de modifier la densité des balles.
- Une vis agissant sur le dispositif entraîné par le pignon-métreur permet de fixer le moment de déclenchement du liage. Ceci assure le réglage de la longueur des balles.

## **V. Récolte des tubercules :**

Surtout destinées à la récolte de pomme de terre, les machines appelées aussi arracheuses doivent satisfaire deux conditions essentielles : soulever le volume de terre dans lequel les tubercules sont contenues et en extraire la récolte sans manque, ni blessures, puis nettoyer par tamisage le produit obtenu pour le séparer de la terre et des cailloux entraînés lors de l'arrachage.

L'arrachage des pommes de terre est souvent précédé d'un défanage préalable qui consiste à détruire la végétation externe (tiges et feuilles), appelée fanes. Le défanage préalable peut être pratiqué par voie chimique au moyen d'un pulvérisateur ou par voie mécanique en utilisant un broyeur de fanes.

De toute manière, l'arrachage s'accompagne, sur les machines, d'un effanage final.

### **II.1. L'arracheuse de pomme de terre :**

Le fonctionnement d'une arracheuse peut se résumer en cinq fonctions : l'arrachage, le tamisage, l'effanage final, le triage, et le chargement.

#### **II.1.1. L'arrachage :**

Il consiste à soulever la butte de terre où se trouvent les tubercules et de diriger le mélange de terre et de tubercules vers les mécanismes de tamisage. Le dispositif d'arrachage comprend des coutres circulaires latéraux et un soc horizontal qui découpent et soulèvent la butte. Un tambour ou diabololo roule sur la butte un peu en avant du soc afin de mouler la terre pour faciliter son transfert vers les convoyeurs.

#### **II.1.2. Le tamisage :**

Il s'effectue grâce à des convoyeurs à chaînes et barreaux qui reçoivent la butte soulevée par le soc. Ces convoyeurs agissent comme des tamis animés qui retiennent les tubercules et laissent retomber la terre au sol. De plus, l'entraînement des chaînes peut s'effectuer grâce à des axes excentrés qui provoquent des secousses afin d'activer la séparation des mottes de terre.

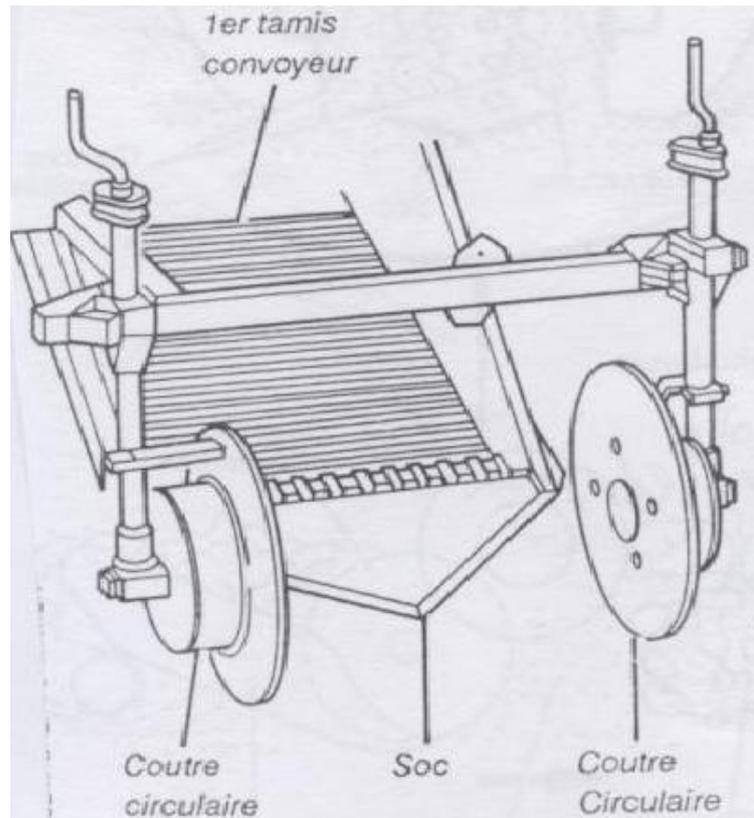


Figure 40 : Dispositif d'arrachage et de tamisage des tubercules. (Candelon, 1983)

### II.1.3. L'effanage final:

L'effanage classique est réalisé par un tapis oblique à gros doigts en caoutchouc, disposé à l'arrière de la machine, à la base duquel sont déversés les tubercules. Les fanes sont retenues par les doigts et rejetées à l'arrière. (Cédra, 1991)

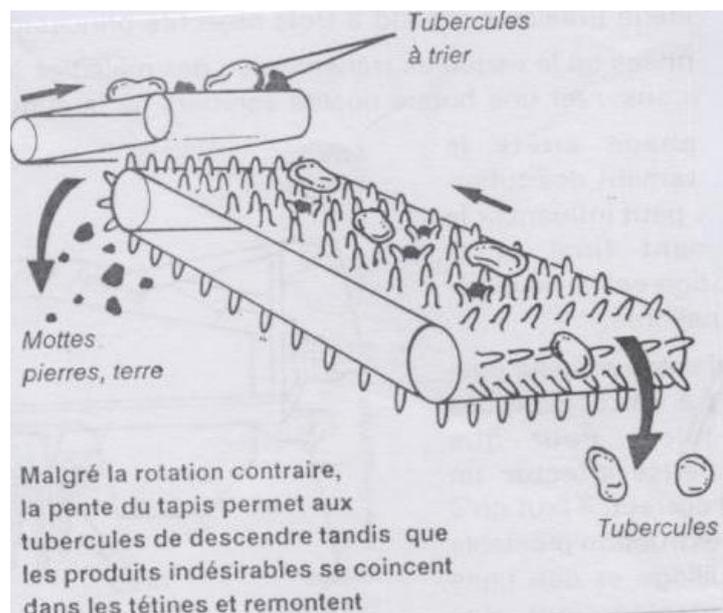


Figure 41 : Tapis de triage à tétines en caoutchouc. (Cédra 1991)

#### II.1.4. Le triage :

C'est l'opération la plus difficile à réaliser mécaniquement car les mottes ont une densité voisine de celle de la pomme de terre, et une forme souvent analogue. Différents principes sont utilisés : les petites mottes peuvent être éliminées par un déterreur composé de rangées de rouleaux, dont l'écartement est réglable. Les pierres et les mottes non friables peuvent être séparées des tubercules sur un tapis incliné à tétines. Les tubercules roulent tandis que les mottes et les pierres, de forme plus anguleuse, s'incrument entre les tétines et sont entraînées par la rotation du tapis sans fin vers on couloir à déchets.

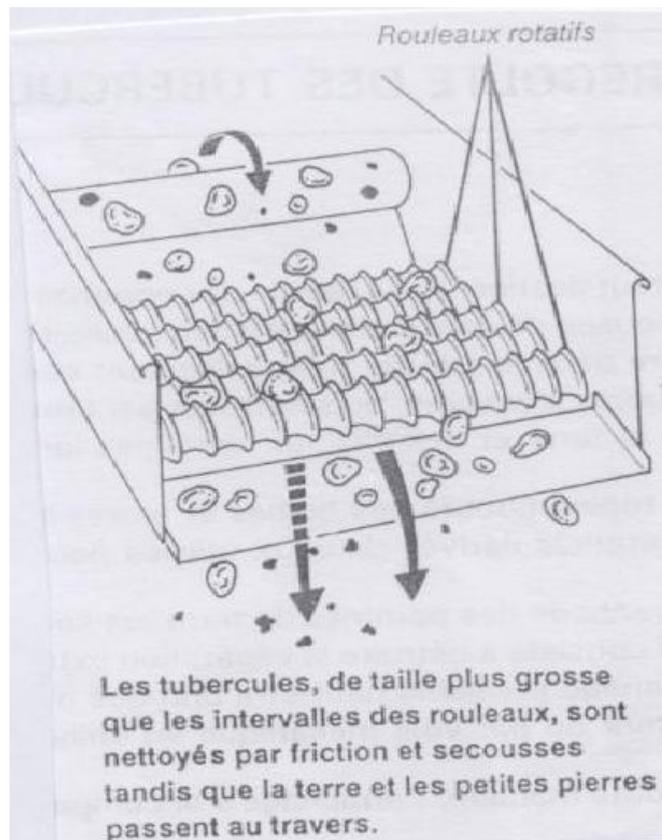


Figure 42 : Système de nettoyage à rouleaux crenelés. (Cédra 1991)

#### II.1.5. Le chargement des tubercules :

Selon l'organisation du chantier et les caractéristiques de l'arracheuse, les tubercules peuvent être recueillis de deux manières :

- **Réception en trémie** : une trémie intégrée à l'arracheuse est vidée périodiquement à l'aide d'un convoyeur vers des remorques. Certains équipements permettent aussi l'ensachage sur l'arracheuse.
- **Evacuation simultanée** : l'arracheuse décharge la récolte dans une remorque qui avance en parallèle.

## VI. Matériel de récolte des grains :

### La moissonneuse batteuse :

La moissonneuse-batteuse est une machine complète de récolte de grains qui effectue automatiquement et simultanément : la coupe, le moissonnage et le battage, puis la séparation et le nettoyage.

Les moissonneuses batteuses sont généralement automotrices. Elles stockent temporairement les grains obtenus, le plus souvent dans une trémie.

On trouve successivement, sur un châssis équipé de roues ou de chenilles, des organes de coupe, de transport et d'élévation, des organes de battage et de séparation, des organes de nettoyage, de récupération et de stockage des grains. En plus de certains équipements complémentaires fréquemment présents tels que les broyeurs et les éparpilleurs de paille.



Figure 43 : Vue en coupe d'une moissonneuse batteuse. (CEMAGREF, 2012)

## **I. Organes de coupe :**

Cet ensemble d'organes regroupe : la table de coupe, un convoyeur et un engreneur.

**I.1. La table de coupe :** Cet ensemble appelé aussi plate-forme comprend :

- **Barre de coupe :** organe de coupe à lame alternative comparable à celui de la faucheuse à fourrage, mais ici la barre est soutenue à ses deux côtés, elle est plus large (2.80m à 6m, ou plus) et son réglage de position permet de travailler à différentes hauteurs au-dessus du sol. On utilise généralement des sections faucillées et la commande de lame est confiée à un excentrique actionné par une transmission mécanique ou par un moteur hydraulique. Le réglage en hauteur se fait au moyen de vérins hydrauliques qui actionnent l'ensemble de la table de coupe. Des ressorts puissants, placés sous la table de coupe, permettent d'amortir les oscillations dues aux dénivellations du terrain.
- **Diviseurs :** organes en tôle situés aux deux extrémités de la barre de coupe destinés à séparer, du reste de la récolte, la bande à couper par la machine afin d'éviter des enchevêtrements nuisibles à une tenue correcte des tiges au moment de la coupe. Leur position est réglable.
- **Rabatteur :** organe rotatif, placé au-dessus de la barre de coupe et qui, au moment de la coupe, maintient les tiges jusqu'à leur passage sur les organes transporteurs. Le rabatteur est constitué de six barres articulées munies de doigts flexibles (ou griffes) toujours parallèles entre elles et dirigées vers le sol, mais selon une inclinaison préalablement réglable. La position du rabatteur par rapport à la barre de coupe et aux organes de transport, ainsi que sa vitesse de rotation, conditionnent le fonctionnement régulier du système de coupe. Son réglage s'effectue au moyen de vérins hydrauliques.
- **Tablier :** paroi métallique située entre la barre de coupe et le dispositif d'alimentation dans lequel tombe la récolte coupée.
- **Vis d'alimentation :** cylindre horizontal comprenant sur chacun de ces côtés une demi-vis hélicoïdale et au centre une série de doigts escamotables. Les deux demi-vis de pas inverse rassemblent la récolte au centre du tablier et les doigts la dirigent vers l'élévateur convoyeur.

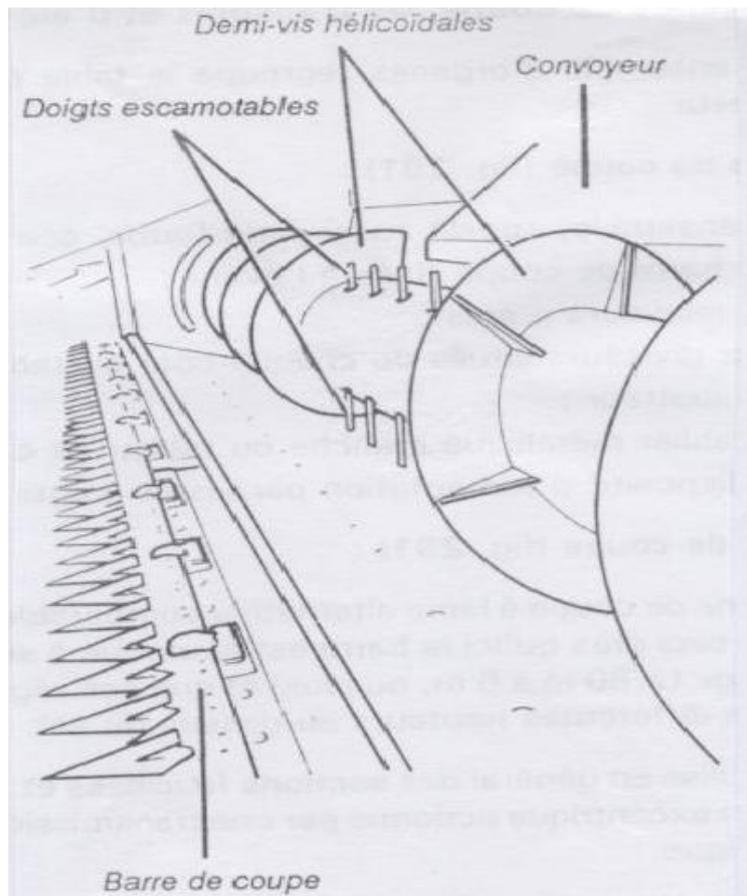


Figure 44 : Vue de la barre de coupe et vis d'alimentation. (Cédra, 1991)

### **I.2. Convoyeur :**

C'est un caisson étanche, en tôle, contenant un dispositif convoyeur reliant la vis d'alimentation de la table de coupe et le batteur.

Il comprend généralement des barrettes métalliques montées sur deux ou trois chaînes parallèles. La partie inférieure de l'élévateur est souvent flottante pour assurer une meilleure reprise de la récolte.

### **I.3. Engreneur :**

Organe intermédiaire très court, parfois situé entre l'extrémité supérieure du convoyeur et le batteur. Il est constitué par un cylindre à arête débordante, tournant autour d'un axe parallèle au batteur. Il a pour rôle d'assurer la présentation forcée de la récolte au niveau du batteur. Sa vitesse est donc réglable en fonction de la densité de la récolte.

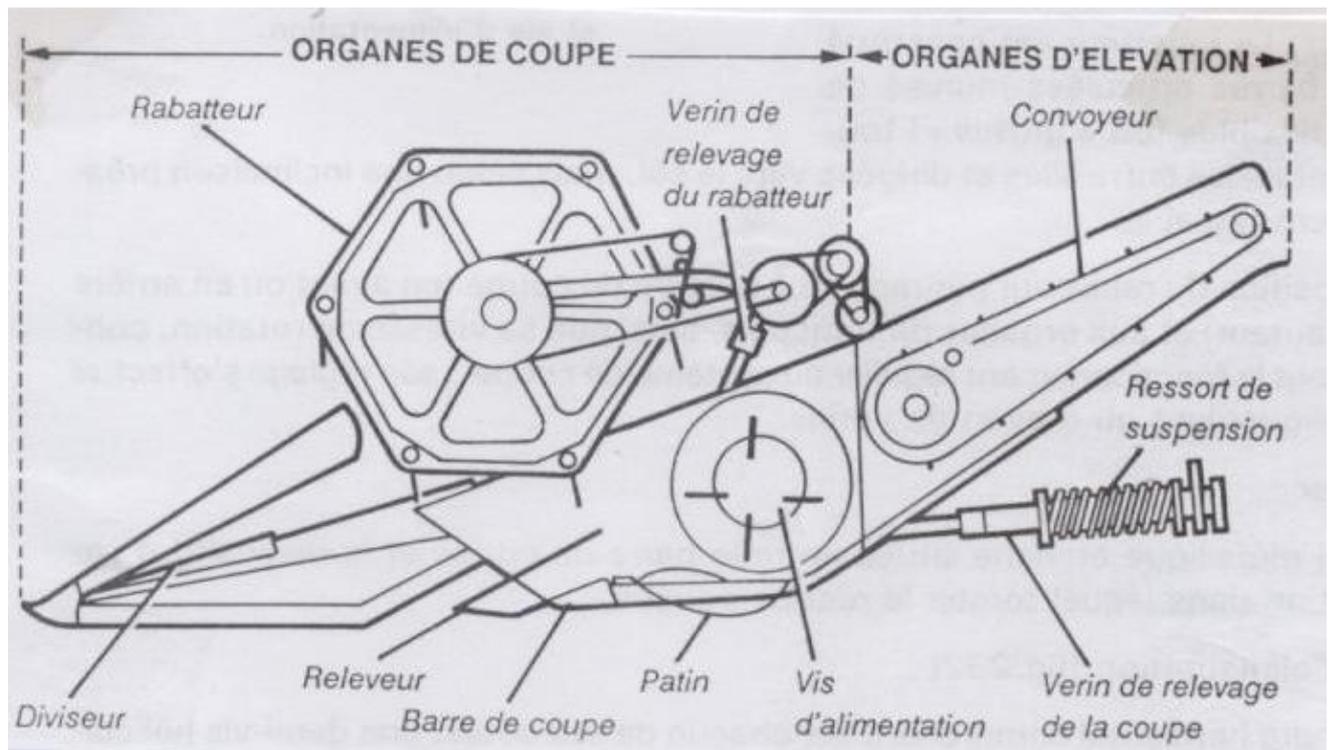


Figure 45 : Vue des organes de coupe et d'élévation. (Cédra, 1991)

## II. Organes de battage :

Il s'agit essentiellement du batteur associé au contre-batteur, organes centraux d'une moissonneuse-batteuse. Leur rôle est de détacher les grains des épis et de froisser les enveloppes des grains sans les abîmer. Cet égrenage mécanique est obtenu en engageant progressivement la récolte entre le batteur tournant à grande vitesse et le contre-batteur. Lorsque la récolte arrive au contact du batteur, elle est violemment frappée par les battes ou par les doigts et projetée sur le contre-batteur où elle se froisse est rebondit pour rencontrer de nouveau le batteur et ainsi de suite. Il y a donc une série de chocs successifs aux quels s'ajoute un effet froissement dû aux aspérités ou aux stries des doigts. Il suffit ensuite de nettoyer le mélange ainsi obtenu, par des opérations de secouage et de ventilation, pour séparer les grains de la paille, et des impuretés.

### II.1. Le batteur :

Cylindre plein ou à claire-voie muni en général de 6 à 8 battes disposées en saillies à sa périphérie et orientées parallèlement à son axe. La vitesse du batteur est comprise entre 400 et 1600 tr/mn, suivant la nature de la récolte et son humidité. Le batteur doit avoir une vitesse périphérique lui permettant de séparer des épis la plus grande partie possible des grains. Mais on est limité par le risque de casse des grains ; ces deux exigences contradictoires conduisent à adopter des valeurs de la vitesse périphérique comprises entre 20 et 30 m/s pour les céréales. Le réglage de cette vitesse s'opère au moyen d'un variateur à courroie à commande hydraulique.

## **II.2. Le contre-batteur :**

Cet élément qui peut être plein ou ajouré enveloppe partiellement la partie basse du batteur, l'espace libre entre ces deux organes étant plus étroit à l'arrière qu'à l'avant. Il porte des contre-battes et un réseau de fils métalliques appelés joncs. L'écartement entre le batteur et le contre-batteur est réglable de manière à être d'autant plus réduit que le produit est difficile à battre (les grains de dimensions plus petites ou d'humidité plus élevée). Ce réglage peut s'opérer à l'arrêt en agissant sur le point de fixation du contre-batteur, ou en marche par un moyen mécanique.

## **II.3. L'auge à pierres :**

Placée avant l'entrée du batteur, elle recueille les pierres qui auraient pu être entraînées avec la récolte.

## **II.4. Le tire-paille :**

Sorte de tambour garni d'arrêtes ou rotor à griffes souples, en rotation autour d'un axe parallèle au batteur, ayant pour rôle de dégager la paille battue qui sort du batteur. Le régime du tire-paille est souvent réglable afin d'assurer une alimentation régulière des secoueurs.

## **III. Organes de séparation, de nettoyage et de récupération du grain :**

A la sortie du batteur, la récolte est schématiquement divisée en deux catégories de produits de densité différente :

- Vers le haut, entraînée par la vitesse du batteur, sortent des pailles aux quelles sont encore attachées quelques grains.
- Vers le bas, parce que plus lourd, sort un mélange de grains et de petites impuretés.

La séparation entre les deux catégories de produits issus du batteur s'opère au moyen d'un peigne placé à la suite du contre-batteur, à la sortie du batteur de telle manière que le tire-paille travaillant juste au-dessus entraîne les pailles aux secoueurs et que le mélange de grains et de petites impuretés tombe, au travers du peigne, sur la table à grains pour atteindre les organes de nettoyage.

### **III.1. Les secoueurs :**

Les secoueurs ont pour objet d'extraire de la paille battue les derniers grains qui y subsistent, pour les renvoyer dans le circuit de nettoyage. Ils sont constitués de panneaux inclinés en tôle et comportent des crans qui assurent le déplacement du produit.

Ces organes sont des cribles disposés en pente croissant du contre-batteur vers l'arrière de la machine. Ils sont animés d'un mouvement rapide d'oscillations longitudinales, à raison de 200 à 250 coups par minute, d'avant en arrière et de bas en haut grâce à leur entraînement par un arbre vilebrequin.

La paille battue chemine sur ces cribles, les grains extraits passent au travers des plans ajourés des secoueurs pour rejoindre ainsi le dispositif de nettoyage, en même temps que d'autres petits éléments (déchets).

### **III.2. Table de retour du grain :**

Plan incliné qui recueille le mélange de grains et de déchets ayant traversé les secoueurs et qui les dirige vers la table à grain du système de nettoyage.

### **III.3. Organes de nettoyage :**

Ces organes ont pour objet de nettoyer le mélange qui revient des secoueurs.

Les organes de nettoyage, de récupération et de stockage de grains comportent :

- **Table à grains** : sorte de grille ou tôle inclinée recevant le grain provenant du battage et le mélange issu des secoueurs.
- **Caisson de nettoyage ou nettoyeur** : ensemble abritant les organes de nettoyage et de récupération des grains, généralement placé sous les organes de battage et de secouage. Cet ensemble comporte essentiellement les grilles de nettoyage proprement dites ainsi qu'un ventilateur.
- ✓ **Grille de nettoyage ou cribles** : deux ou trois grilles superposées sont animées de secousses rapides. La grille supérieure, dite grille à otons ou écran à menues pailles, retient les menues pailles, les balles et les otons les plus gros. Un courant d'air entraîne les balles et les menues pailles à l'arrière de la machine. Les otons qui ne traversent pas cette première grille, tombent du fait de leur poids et des secousses au bout de la grille dans un auget à otons. Ceux qui traversent la grille, tombent sur la seconde grille de nettoyage. Cette dernière dite grille de finition, retient les derniers otons et ne laisse passer que les grains propres ; le courant d'air évacue les otons vers l'auget à otons ; le grain propre est recueilli dans un auget à grains. La grille inférieure à souvent des orifices de dimension réglable.
- ✓ **Ventilateur** : un ventilateur centrifuge à palettes radiales, envoie un courant d'air réglable en débit et en direction au travers des grilles de manière à faciliter la séparation et l'entraînement des éléments les plus légers ou les plus volumineux. Cet appareil est placé à l'avant du caisson de nettoyage ; des déflecteurs orientables permettent de diriger l'air.

#### **IV. Organes de récupération du grain :**

##### **IV.1. Auget à otons :**

C'est une gouttière étanche, dans laquelle tourne une vis d'Archimède de reprise, située à l'arrière des grilles de nettoyage de manière à recueillir les otons qui tombent à leur extrémité.

##### **IV.2. Auget à grains :**

C'est une gouttière étanche, dans laquelle tourne une vis d'Archimède de reprise, qui reçoit les grains en provenance de la grille de finition du nettoyage et qui est donc placée au-dessous de cette grille.

##### **IV.3. Elévateur à otons :**

Vis sans fin ou chaîne à godets qui prend les otons du bas de la hotte de nettoyage, à une extrémité de l'auget à otons, pour les introduire dans le batteur.

##### **IV.4. Elévateur de grains :**

Elévateur à vis, à chaîne ou à godets, qui prend, à une extrémité de l'auget à grains, le grain pour l'acheminer vers la trémie de stockage.

##### **IV.5. Trémie de stockage :**

Conteneur étanche en tôle, placé sur la moissonneuse-batteuse et recevant le grain propre issu du nettoyage, avant son évacuation périodique, par une goulotte de vidange, dans un véhicule de transport.

##### **IV.6. Goulotte de vidange :**

Goulotte orientable, munie d'une vis de convoyage destinée à vidanger à la demande la trémie, en dirigeant le grain vers une benne. La vidange peut se faire à l'arrêt ou durant la marche.

Les mécanismes orientant la goulotte sont mécanique ou à commande hydraulique.

##### **IV.7. Plate-forme d'ensachage :**

Dispositif en voie de disparition qui permettait, sur les petites moissonneuses-batteuses tractées et les premières moissonneuses-batteuses automotrices, de remplir des sacs au fur et à mesure du travail. En général, il s'agit d'un trieur-ensacheur assurant un second nettoyage et comportant un dispositif de fixation prévu pour deux sacs, l'un en cours de remplissage, l'autre en cours de fermeture et de remplacement par un autre.

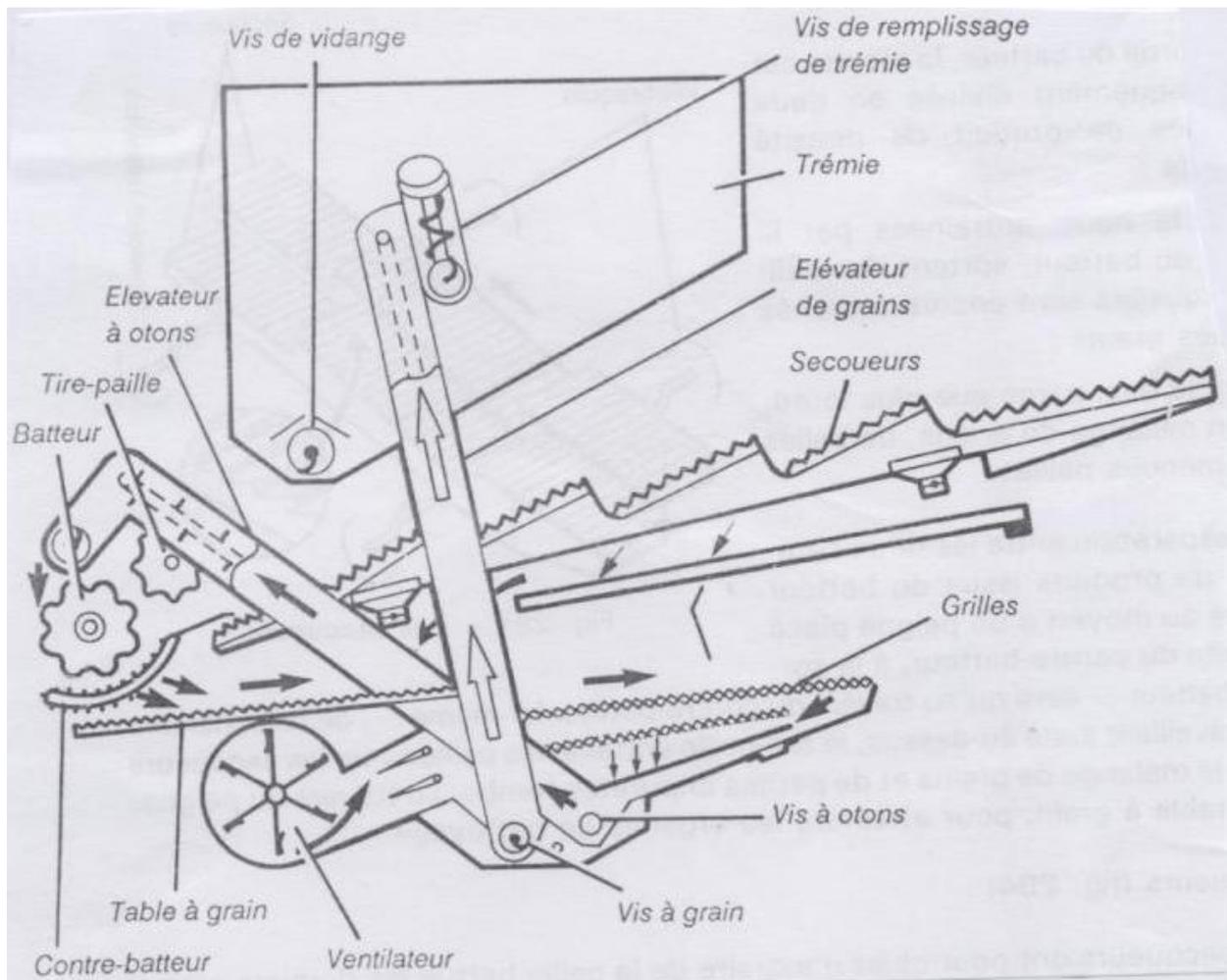


Figure 46 : Vue des organes de battage, séparation, nettoyage et récupération des grains. (Cédra 1991)

## V. Les équipements complémentaires :

Les moissonneuses-batteuses de céréales conventionnelles sont parfois munies d'équipements complémentaires tels que les éparpilleurs et les broyeurs de paille.

### V.1. Eparpilleur de paille :

C'est un simple rotor à axe vertical qui tourne assez lentement à la sortie des secoueurs et dont les branches (au nombre de 2 ou 3), garnies de palettes, dispersent la paille, au fur et à mesure qu'elle sort de la machine de manière à faciliter son enfouissement ultérieur.

### V.2. Broyeur de paille :

Porté à l'arrière de la moissonneuse-batteuse à la sortie des secoueurs, hache la paille avant de l'éparpiller. Le modèle le plus courant comporte un rotor à axe horizontal muni de couteaux circulant entre une série de contre-couteaux fixes. Un déflecteur permet de régler l'épandage.

Les broyeurs absorbent une puissance relativement importante qui peut ralentir le débit de la moissonneuse-batteuse, notamment dans le cas où les pailles sont trop humides. C'est pourquoi sa mise hors circuit peut s'effectuer facilement.

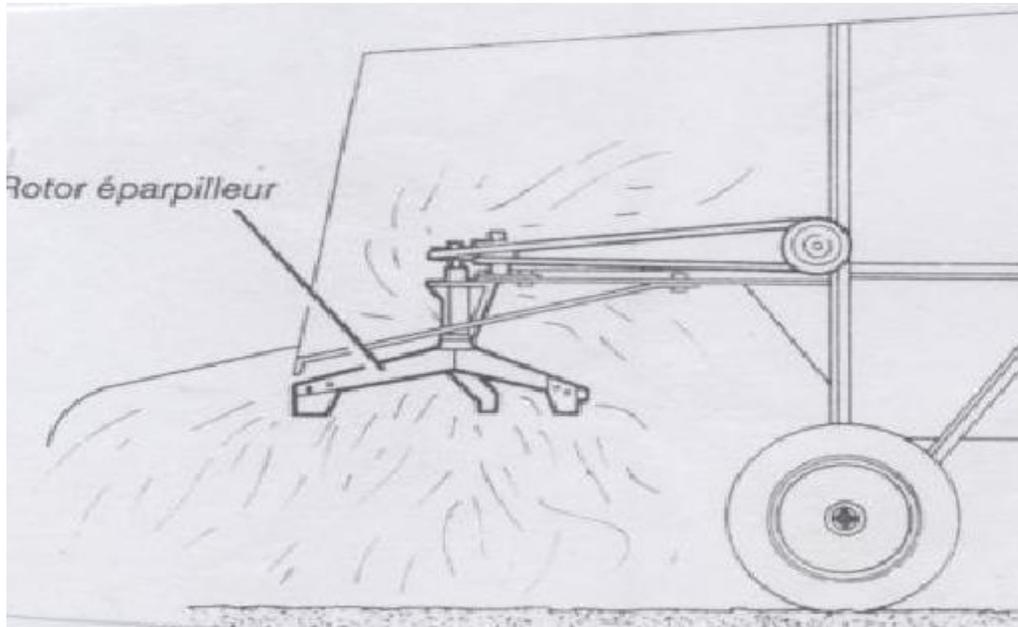


Figure 47 : Eparpilleur de paille. (Cédra, 1991)

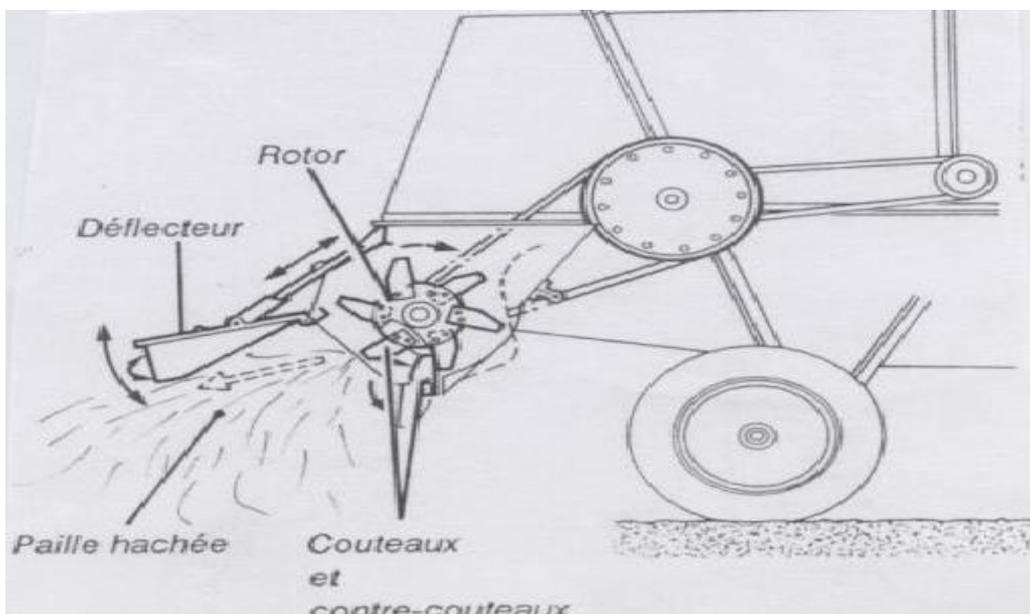


Figure 48 : Broyeur de paille. (Cédra, 1991)

## Références bibliographiques

- Barthelemy P., Boisgontier D., Jouy L., Lajoux P.,** 1990. Choisir les outils de pulvérisation. Ed. ITC F, 160 p. ISBN 2864920999 9782864920991.
- Barthelemy P., Boisgontier D., Lajoux P.,** 1989. Choisir les outils de semis. Ed. ITCF, 114 p. ISBN 2-86492-080-8.
- Bassez J., Delouée R., Habib Z., Corpen,** 1997, Bien choisir et mieux utiliser son matériel d'épandage de lisiers ou de fumiers. Brochure réalisée par le sous-groupe Épandage, TRAME-BCMA, FNCUMA, Agence Seine Normandie, Étude CORPEN, 55 p.
- Candelon P.,** 1983. Les machines agricoles Volume 2 : Matériel de mise en place et d'entretien des cultures. Ed. Lavoisier, 176 p. ISBN : 2-85206-187-2.
- Candelon P.,** 1981. Les machines agricoles Volume 1 : Matériel de préparation et de fertilisation des sols. Ed. J-b baillièrre, 218 p.
- Cédra C.,** 1997. Les matériels de fertilisation et de traitement des cultures. Ed. CEMAGREF, FNCUMA, ITCF, Lavoisier Tec et Doc, 343 p. ISBN 2-85362-458-7.
- Cédra C.,** 1993. Les matériels de travail du sol, semis et plantations. Ed. CEMAGREF, FNCUMA, ITCF, Lavoisier Tec et Doc, 384 p. ISBN 2-85362-348-3
- Cédra C.,** 1991. Lexique illustré du machinisme et des équipements agricoles. Ed. Cemagref DICOVA et Lavoisier tec et Doc, 350p.
- CEMAGREF,** 1984. Les matériels de récolte des fourrages (5ème partie). Ed. Cemagref, Antony, vo l, pp. 501-646.
- CNEEMA,** 1963. Tracteur et machines agricoles - livre du maître - Tome 2. Ed. Antony (Seine) : Centre national d'études et d'expérimentation de machinisme agricole, 264 p.
- Hamza E., Lebeau F., Destain M.-F.,** 2000. La bonne utilisation des pulvérisateurs à jet projeté. Ed. Gembloux, FUSAGx et INAT, 48 p., ISBN 2-87337-005-X.
- Houmy K.,** 2011. Techniques de pulvérisation dans la protection phytosanitaire des cultures sous serre. De l'optimisation des applications à la sauvegarde de l'environnement. Ed. ONUDI, 84p.
- Lerat P.** 2015. Les machines agricoles conduite et entretien. Ed. Agriculture d'Aujourd'hui, 440 p.
- Mostade O., Oestges O., Huyghebaert B.,** 1994. Le pulvérisateur : choix et utilisation. *Ed.* Les presses agronomiques de Gembloux, 118 p. ISBN 2-87016-042-9.

**Oestges O.**, 1994. La mécanisation des travaux agricoles : Tome 1. Ed. Les presses agronomiques de Gembloux, 248 p. ISBN 2-87016-044-5.

**Ollivier D.**, 1999. Les opérations de diagnostic des pulvérisateurs : éléments de méthodologie. Association Nationale pour le Développement Agricole, 60 pages. Collection : ANDA - Agro-équipements.