

2024

Cours de génie rural

4ème Agriculture général



Source : Agrotendencia.tvCaña de Azúcar - Siembra,Cultivo, Manejo agronómico

INTRODUCTION

L'amélioration de la production agricole ne peut être garantie que par l'adoption des facteurs de production dont il faut citer la mécanisation. En effet, il est très difficile d'imaginer actuellement un secteur agricole développé sans équipements. Malgré que le rendement des cultures dépende de multiples facteurs, la mécanisation agricole constitue l'élément le plus important.

Le rôle de la mécanisation agricole ne se limite pas uniquement à la production et à la productivité agricole, mais il se trouve également lié à d'autres secteurs importants. Dans plusieurs pays, la mécanisation agricole a été le précurseur de développement d'autres secteurs et notamment celui de l'industrie. Ceci a créé un dynamisme au niveau de l'emploi où une partie de la main d'œuvre rurale s'est reconvertie dans d'autres secteurs.

La mécanisation agricole peut être profitable à tous les membres de la société y compris les femmes et les enfants. Ces derniers jouent souvent un rôle très important dans les travaux agricoles. Dans certains pays, plus de 80% de la main d'œuvre des travaux agricoles est issue des femmes.

La mécanisation des opérations post-culturales peut offrir des avantages certains, évitant, à la femme surtout, des travaux lourds et d'importantes pertes de temps, qui pourraient être consacrées à des travaux plus productifs.

Dans les pays avancés, la mécanisation agricole a connu au fil du temps de grandes mutations technologiques et avait le grand mérite d'avoir un impact positif sur l'économie des pays. Malheureusement, dans les pays en voie de développement, plusieurs problèmes persistent encore et la mécanisation agricole n'a pas joué le rôle qui lui est escompté.

Ainsi, l'objectif poursuivi par ce cours, est de permettre aux apprenants, futurs techniciens agronomes, de connaître les différentes machines utilisées en agriculture et leur mode de fonctionnement. Ce cours présente également des éléments simple et souple capables d'orienter les responsables et les experts opérant dans le domaine de la mécanisation de l'agriculture, d'adopter des approches plus réalistes pour une utilisation durable des machines agricoles.

Chapitre I. TRACTEURS AGRICOLES

I.1. Définition et constitution

Par définition, un tracteur est un véhicule automobile destiné à tirer des machines portées, semi- portées ou trainées ainsi qu'à entraîner des organes d'autres machines travaillant à poste fixe. Le tracteur agricole dans sa forme la plus classique possède quatre roues, les **roues arrière sont motrices** et de plus grand diamètre que **les roues avant directrices**. En effet, les agriculteurs utilisent des tracteurs de plus en plus puissants demandant plus d'adhérence. Le poste de conduite du tracteur peut être ouvert ou constitué d'une cabine dans laquelle le conducteur prend place sur un siège unique situé au centre. Les tracteurs modernes sont plus confortables (cabine suspendue, climatisée, siège pneumatique).

Le tracteur comporte généralement quatre pédales : à gauche, l'embrayage et à droite du poste de conduite, les freins droit et gauche ainsi que l'accélérateur. La pédale d'accélérateur est très souvent reliée à un levier actionné manuellement par le conducteur permettant de bloquer le moteur à un régime constant lors de la réalisation de certains travaux des champs (nécessitant l'utilisation de la prise de force du tracteur).



La plupart des tracteurs recourent à une transmission manuelle, et possèdent plusieurs gammes de vitesses (rapides, lentes) et de multiplicateurs permettant de rouler très lentement pour les travaux nécessitant une faible vitesse ou jusqu'à 40 km/h sur la route. Comparé d'autres véhicules, le tracteur est donc plutôt lent. Sur les tracteurs modernes, les transmissions manuelles sont remplacées par des transmissions automatiques (powershift) et depuis une dizaine d'années par des transmissions à variation continue. Engin polyvalent, le tracteur est parfois concurrencé par le développement de machines motrices conçues pour

réaliser un travail spécifique (moissonneuses batteuses, automoteurs de traitements ...).

Fonctions d'un tracteur

Le tracteur ou motoculteur a essentiellement cinq (5) fonctions :

- ❑ **Tirer** : charrue, remorque, citernes, etc... ;
- ❑ **Pousser** : les outils fixés devant ou derrière (charrue, bélière, lame niveleuse, etc.) ;
- ❑ **Porter** : travailler avec des outils fixés devant ou derrière (avec partiellement ou sans appui au sol) ;

- ❑ **Animer** : mettre en mouvement (tourner) d'autres machines agricoles (faire travailler d'autres outils ou machines)
- ❑ **Charger** : le tracteur peut être équipé d'un outil permettant de charger des produits dans un camion ou autre réceptacle.



Figure 13 : Les fonctions du tracteur.

Le tracteur peut réaliser ses fonctions grâce à ses éléments de fixation appelés « **systèmes d'attelage** » disposés à l'Arrière et/ou à l'Avant. Il s'agit de l'Attelage 3 points et d'autres dispositifs d'attelage et « **prises de force** ».



I.2. Principaux éléments constitutifs du tracteur agricole

I.2.1. Moteur

Le moteur est la source de toute énergie. Les moteurs des engins de traction agricoles sont généralement des moteurs **thermiques** (le travail mécanique résulte de la transformation de la chaleur issue d'une combustion vive). Le combustible utilisé est le **diesel**.

Comparaison entre moteur à essence et moteur diesel

Moteurs à essence - Combustible : essence

- Le mélange se fait dans le carburateur

- Le rendement est de 25 %
- Le rapport volumétrique: 1/6
- Compression du mélange 7 à 13 bars
- Température d'échauffement : 300° C

Moteurs diesels

- Combustible : gaz-oil ou mazout
- Le cylindre aspire uniquement l'air. Le Combustible est injecté par la pompe d'injection
- Le rendement est de 35 %
- Le rapport volumétrique: 1/16
- Compression de l'air 35 bars
- Température d'échauffement : 500° C à 600° C
- Allumage par injection du combustible à très haute pression
- Plus couteux.

Définitions importantes

- 1). Point mort haut (PMH) et Point mort bas (PMB) : ce sont les points limites de la course des pistons;
- 2). Alésage : diamètre intérieur du cylindre.
- 3). Course: distance parcourue par le piston dans le cylindre.
- 4). Chambre de combustion (ou espace nuisible): volume existant entre le cylindre et le piston à son PMH = V_0
- 5). Cylindrée : volume balayé par le piston en une course. Il est égal au produit de la surface du piston par la course. Pour $V = \pi a^2 d / 4$ avec a = alésage; d = course le moteur entier, la cylindrée est V x nombre de cylindres
- 6). Taux de compression (ou rapport volumétrique) $\epsilon = (V_0 + V) / V_0$

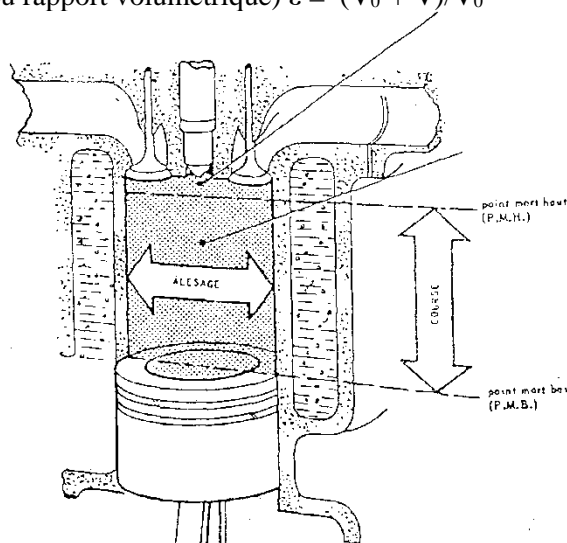


Fig. : Définitions importantes des espaces à l'intérieur d'un moteur thermique

- $\epsilon = 7$ pour les moteurs à essence
- $\epsilon = 16$ pour les moteurs diesel

Fonctionnement du moteur diesel à 4 temps

1^{er} temps : Admission

Le piston descend du PMH vers le PMB, la soupape d'admission est ouverte. Il se produit dans le cylindre une

dépression qui favorise l'aspiration de l'air.

2^{ème} temps: Compression

Le piston remonte du PMB vers le PMH, les deux soupapes sont fermées. L'air est comprimé. Le volume diminue et la pression augmente à ~ fuutiJ. Mesure que le piston monte.

La température dans le cylindre est portée à plus ou moins 600° C.

3^{ème} temps: Combustion et détente

L'injection commence avant l'arrivée du piston au PMH. Au contact de l'air chauffé, le combustible s'enflamme dégageant une grande quantité de chaleur. La pression croît.

La température atteint 1600° à 1800° C. Le piston est poussé vers le bas. Ce déplacement augmente le volume du

cylindre d'où détente du gaz se traduisant par une diminution de pression et une production de travail. C'est le temps moteur.

4^{ème} Echappement

Le piston remonte et la soupape d'échappement s'ouvre. Le gaz s'échappe.

On donne de l'avance d'ouverture d'échappement pour :

- éviter la contre pression à la remontée du piston;
- accélérer la sortie de gaz brûlé.

On donne du retard de fermeture d'échappement pour:

- éviter la contre pression à la remontée du piston
 - accélérer la sortie du gaz brûlé:
 - éviter « le coup de bélier » des gaz;
- vider plus complètement le cylindre.

L'ordre de combustion

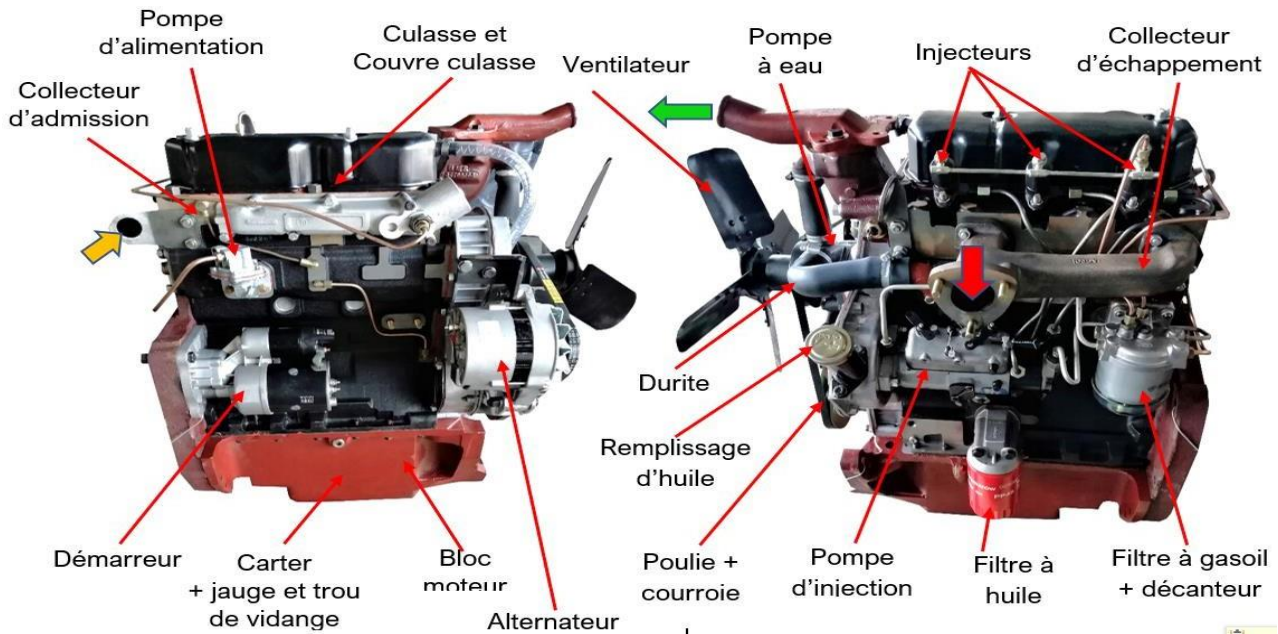
L'ordre de combustion dans chaque cylindre peut se faire de la manière suivante :

1 - 2 - 4 - 3 ou 1 - 3 - 4 - 2

Pour déterminer l'ordre d'allumage, on observe l'ordre par lequel les pistons arrivent au PMH, en tenant compte du fait que la combustion dans un cylindre ne peut pas se faire 2 fois de suite.

Description d'un moteur thermique

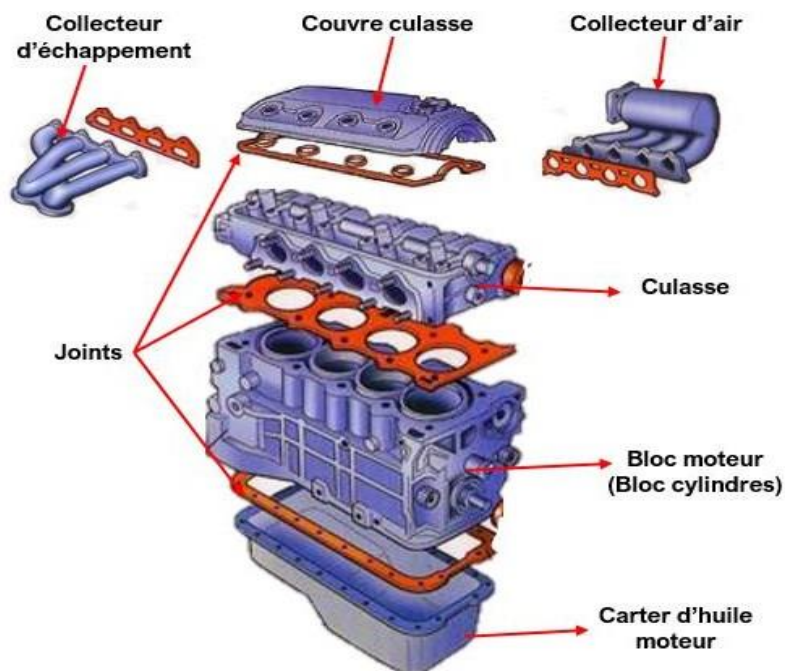
Le moteur thermique, produit l'énergie mécanique pour le tracteur. Il est composé de différents systèmes qui concourent à son fonctionnement. Il s'agit du : Bloc moteur, carter, culasse, embiel- lage et la distribution, circuit d'alimentation en gasoil, système d'alimentation en air, système de graissage (lubrification), système de refroidissement.



Source : internet

Description générale d'un moteur de tracteur.

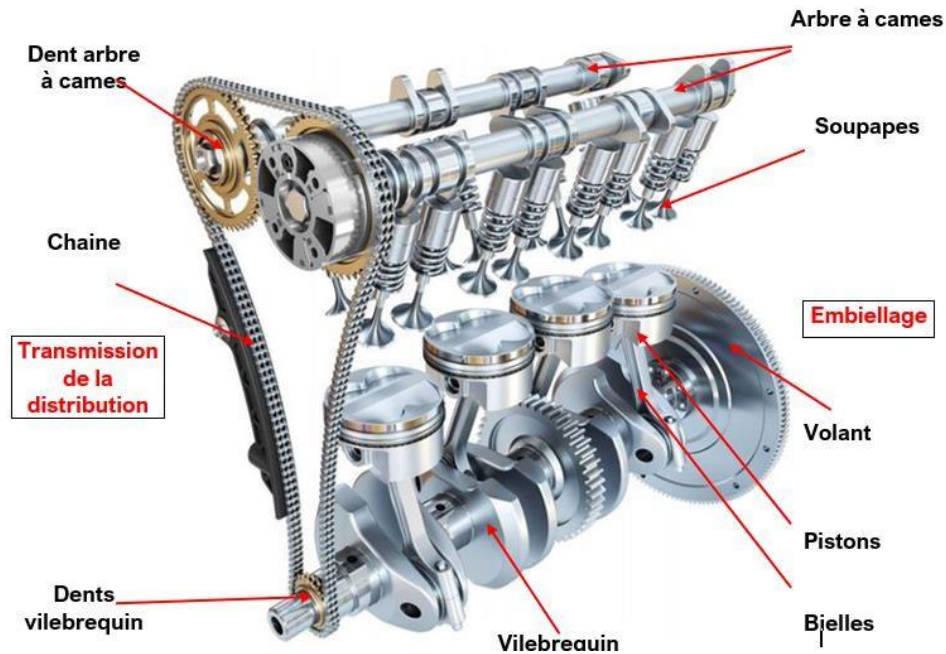
- **Organes fixes d'un moteur thermique**



Description détaillées des composantes fixes d'un tracteur thermique.

<https://i.pining.com>

- Organes mobiles d'un moteur thermique



<https://i.pining.com/>

Description détaillée des composantes mobiles d'un moteur thermique.

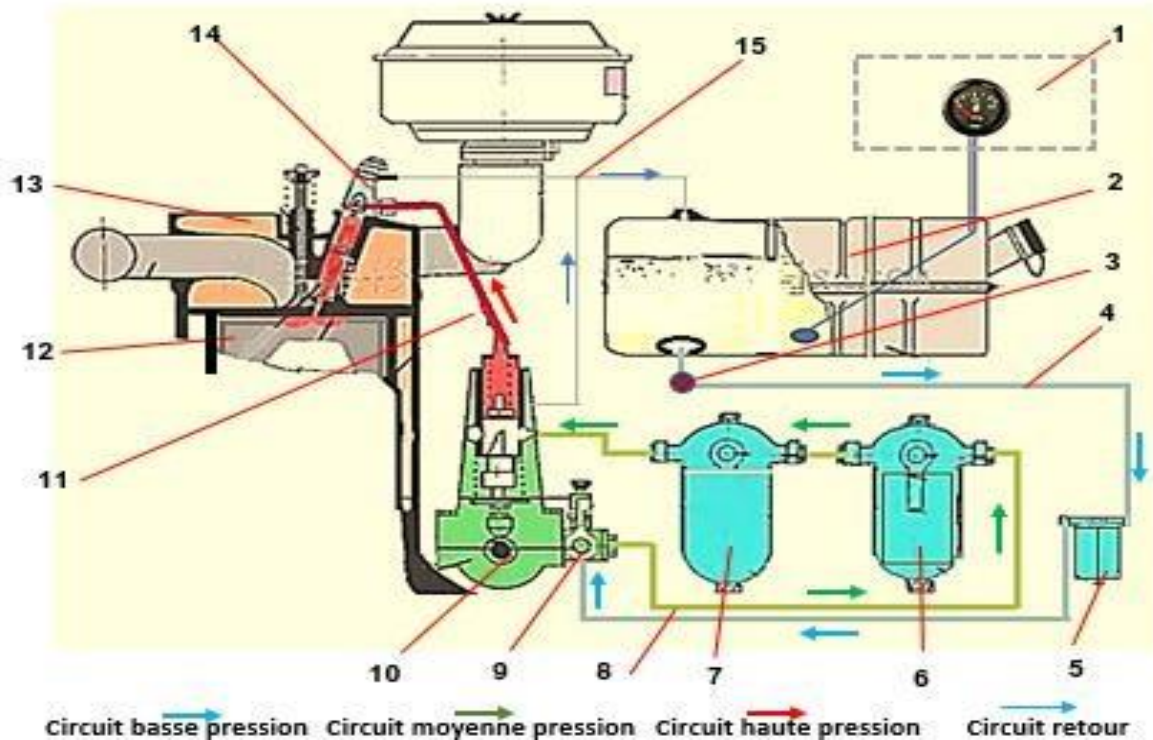
- **Bloc moteur** : C'est l'élément principal qui supporte toutes les composantes du moteur. Il comporte les cylindres et les trous de circulation de l'eau de refroidissement du moteur ou dispose d'ailettes de refroidissement par air.
- **Carter moteur** : il ferme le bas du moteur et sert de réservoir d'huile à moteur pour graisser le moteur et protège la pompe à huile.
- **Culasse** : il couvre le haut du bloc moteur pour former les chambres de combustion des cylindres. Selon les modèles, elle porte les bougies d'allumage, les injecteurs, les soupapes, l'arbre à cames, les collecteurs d'admission d'air et d'échappement, etc.. Elle dispose aussi de trous de circulation d'eau de refroidissement et d'huile de graissage. Elle est munie d'un couvre culasse.

Le bloc moteur, le carter et la culasse constituent un ensemble hermétique pour éviter les fuites toutes fuites (huile, eau et air).

- **Embiellage** : est composé essentiellement du piston, la bielle et du vilebrequin avec un volant à l'une de ses extrémités. Il sert à transformer le mouvement alternatif (va et vient) de piston en mouvement de rotation du vilebrequin.
- **Distribution** : elle est composée de l'arbre à came et la soupape, qui tourne à l'aide d'une transmission par chaîne, courroie ou engrenages. Elle sert à synchroniser le fonctionnement du moteur (piston et soupapes) suivant les cycles.

Circuit de gasoil (alimentation en gasoil)

Il sert à stocker, filtrer et alimenter le moteur en gasoil propre. Il est composé de : réservoir, filtres (décanteur, préfiltre et filtre), pompe d'alimentation avec pompe d'amorçage, pompe d'injection, canaux (basse et haute pression).



- | | | |
|---------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1- Voyant carburant (Tableau de bord) | 6- Pré filtre | 11- Tuyau haute pression |
| 2- Réservoir carburant | 7- Filtre | 12- Cylindre/piston |
| 3- Robinet + filtre | 8- Tuyau moyenne pression | 13- Culasse |
| 4- Tuyau basse pression | 9- Pompe d'alimentation | 14- Injecteur |
| 5- Filtre décanteur | 10- Pompe d'injection | 15- Tuyau retour |



Préfiltre décanteur
(Séparateur d'eau)



Cartouche Blindée



Filtre double avec
dé-canteur



Portes filtres
éléments filtrants

Système d'alimentation en gasoil et quelques principaux éléments (consommables).

Circuit d'air (alimentation en air)

Il sert à alimenter le moteur en air propre. Il comporte un **filtre à air** qui communique avec le collecteur d'admission d'air du moteur fixé la culasse. Le **filtre à air** est l'organe qui sert à purifier l'air aspiré par le moteur pour éviter que les particules n'usent le cylindre, le piston et ses segments.

Il existe deux (2) types de filtre à air à savoir :

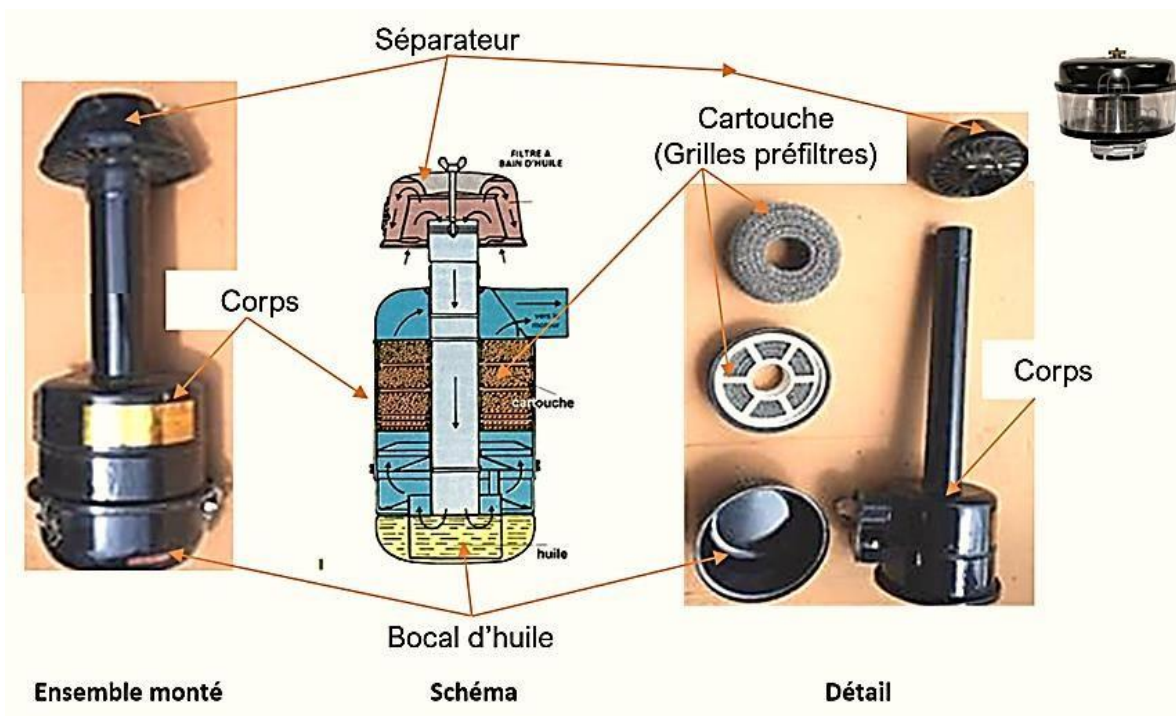
- le filtre à air à éléments secs : généralement composé de deux éléments filtrants ou cartouches (préfiltre et filtre) contenus dans un fourreau muni de séparateur.

le filtre à air à bain d'huile : est constitué un fourreau fermé en bas par un bocal à huile et en haut par un séparateur relié à un tube central qui débouche dans le bocal d'huile. C'est le préfiltre. Le filtre est constitué d'au moins deux (2) grilles métalliques de différentes mailles/densités, imbibé

d'huile à moteur et superposées dans le fourreau. Le passage de l'air préfiltré par le bain d'huile à travers les grilles imbibées d'huile permet de parfaire la filtration.



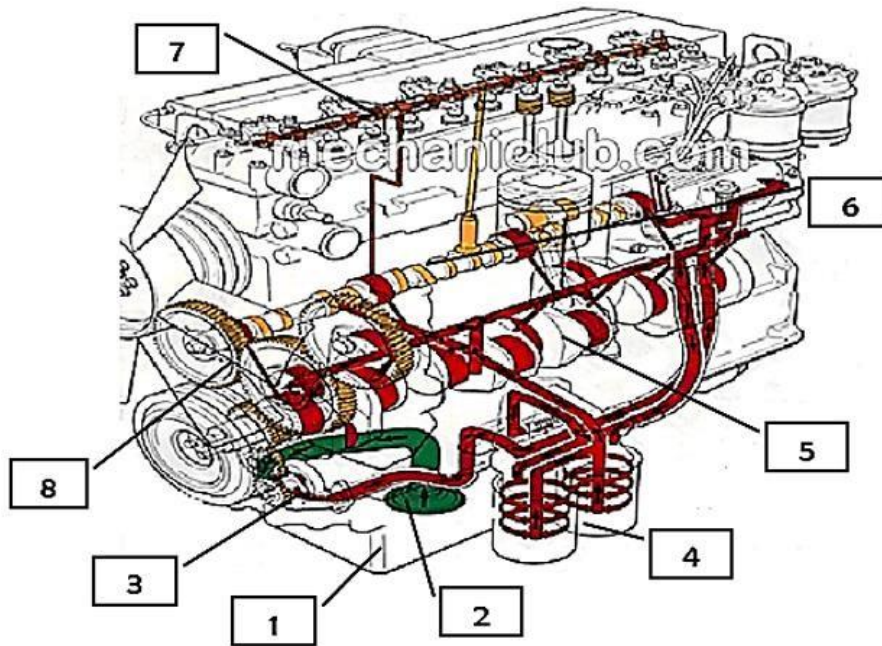
Fi Préfiltre et filtre à air à éléments secs.



Description d'un filtre à air à bain d'huile.

Circuit d'huile à moteur (système de graissage ou de lubrification)

Elle assure le graissage, le refroidissement, nettoyage le moteur et l'étanchéité piston-cylindre. Il est composé de : carter, pompe à huile avec crépine, filtre à huile moteur, canalisation d'huile, appareils de contrôle : jauge (niveau d'huile), thermomètre (température), manomètre (pression).



- 1- Carter d'huile à moteur
2- Crépine
3- Pompe à huile moteur

- 4- Filtre à huile moteur
5- Vilebrequin
6- Arbre à cames

<https://r.bp.blogspot.com/>

- 7- Rampe de culbuteurs
8- Train d'engrenage du système de distribution

Description générale du système de graissage (lubrification) d'un moteur thermique.



Cartouche de filtre à huile **moteur** (Blindée) Éléments filtrants d'huile **moteur**

Filtre à huile moteur (consommables du système de graissage).

Circuit de refroidissement (système de refroidissement)

Il a pour fonction de maintenir le moteur à une bonne température de fonctionnement (refroidi le moteur). Le circuit de refroidissement est composé de : radiateur d'eau muni d'un couvercle de pression (de décharge) avec ou non un bocal d'expansion, pompe à eau et d'un ventilateur. Il dispose aussi d'un thermomètre qui indique la température du moteur et d'un thermostat qui contrôle la circulation de l'eau.

Le contrôle de la température se fait grâce au thermostat. Le thermostat est une sorte de robinet qui s'ouvre ou se ferme en fonction de la température du moteur pour conduire l'eau de refroidissement vers le radiateur ou pas. Ainsi, de façon continue, ce robinet s'ouvre lorsque la température atteint 75 et 95°C et se referme automatiquement dès que la température diminue.

On distingue différents types de refroidissement. Il existe le refroidissement par air et le refroidissement par eau. Le refroidissement par eau est de deux (2) types par circuit ouvert ou fermé.

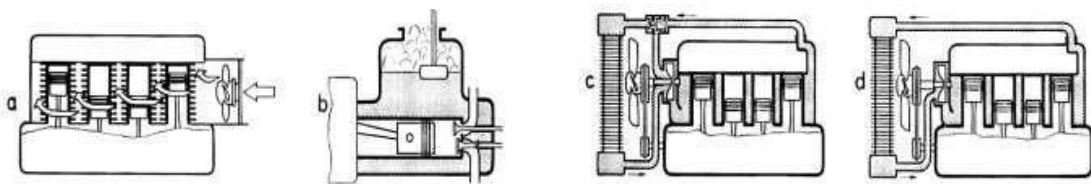
- **Refroidissement par air** : il ne dispose pas de radiateur. Le refroidissement est assuré par la circulation de l'air entre les ailettes du bloc moteur et de la culasse. Le courant d'air peut être produit par un ventilateur.

- **Refroidissement par eau :**

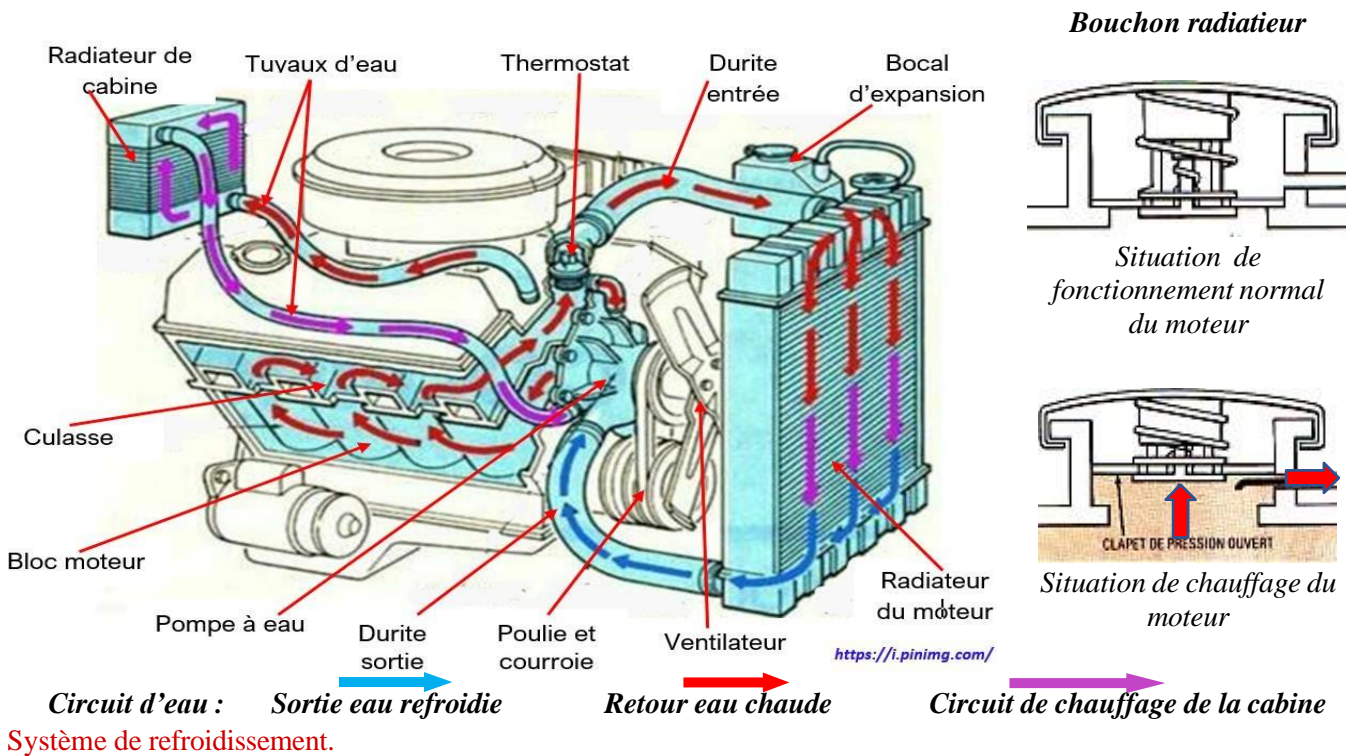
- **Circuit ouvert :** le refroidissement se fait par évaporation de l'eau de refroidissement. Dans ce cas le radiateur n'a pas de couvercle.
- **Circuit fermé :** le radiateur est fermé, le refroidissement se fait par la circulation du liquide de refroidissement grâce à une pompe à eau dans le moteur et le radiateur en plus du vent produit par le ventilateur sur le radiateur.

Le système de refroidissement par eau est muni d'un **calorstat ou thermostat** qui a pour fonction de réguler la circulation de l'eau en fonction de la température du moteur. Ainsi, pendant que le moteur est froid, le thermostat reste fermé et isole le circuit du radiateur et le liquide de refroidissement circule que dans le moteur. Mais dès que la température augmente, le thermostat s'ouvre puis, l'eau de refroidissement du moteur au radiateur.

Le système dispose de certains instruments installés sur le tableau. Il s'agit d'un thermomètre, d'un manomètre et des voyants de danger (pression d'huile, surchauffe du moteur, etc.) ce qui permettent au conducteur de suivre l'état de fonctionnement du système.

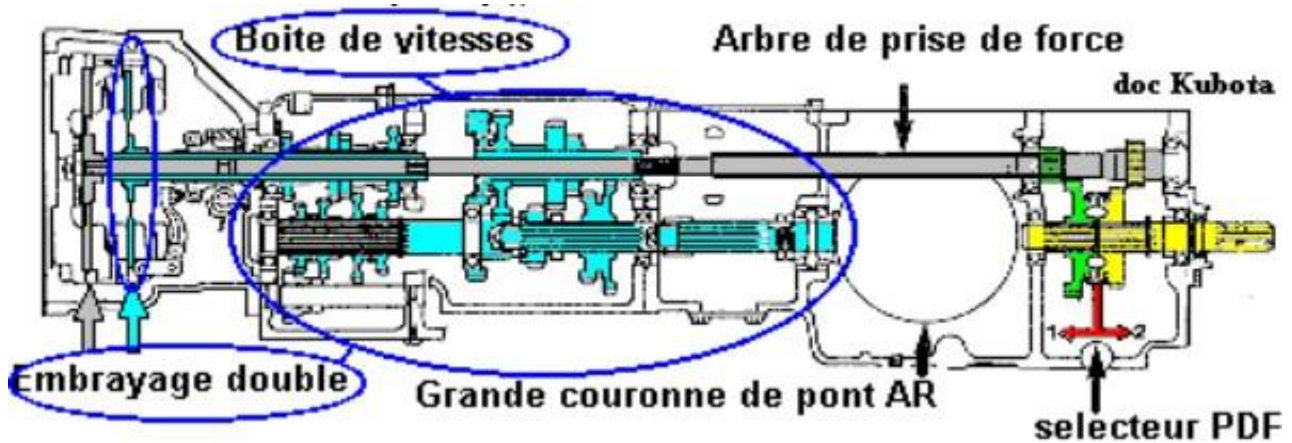


a- Par air ; b- à circuit ouvert (Par évaporation) ; c-d- Par eau avec ventilation



Transmission

La transmission a pour fonction de transformer, de varier, d'inverser le sens et de transmettre la puissance du moteur aux roues. Elle est constituée d'un embrayage, d'une boîte à vitesses et d'un ou deux ponts moteurs. La transmission du tracteur intègre aussi la prise de force qui permet d'animer d'autres équipements. Sur les tracteurs agricoles, pour transmettre le mouvement du moteur aux outils, on se sert de 3 organes principaux, à savoir : l'embrayage, la boîte des vitesses et l'essieu moteur.

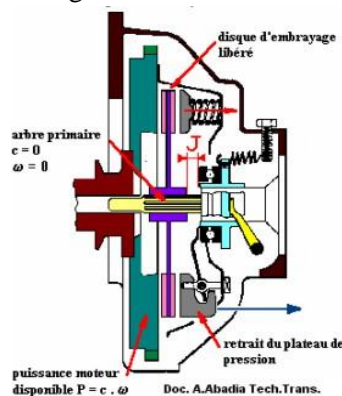


Kubota modif.jcd04

Figure 25 : Transmission d'un tracteur agricole.

Embrayage

L'embrayage a pour rôle d'interrompre momentanément ou de transmettre le mouvement de rotation du moteur à l'arbre d'entrée (dit primaire) de la boîte à vitesses. Il permet de réaliser une liaison progressive entre le moteur et la transmission, de les désaccoupler temporairement (lors des changements de rapport de vitesses) ainsi que de protéger la transmission contre les surcharges.



Embrayage.

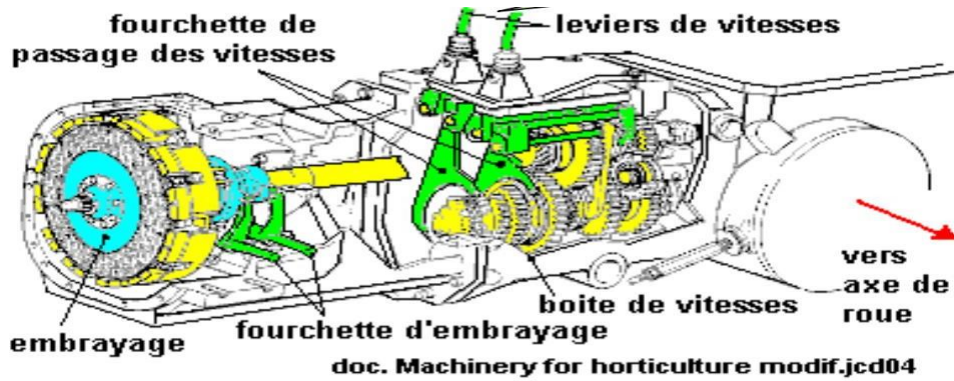
Boîte à vitesses

La boîte à vitesses a pour fonction d'adapter le couple moteur aux forces résistantes lors de l'utilisation du tracteur. Elle permet de varier l'effort de traction, la vitesse, d'inverser le sens de marche du tracteur (avant ou arrière) ainsi que de supprimer la liaison entre le moteur et la transmission de façon permanente ou non.

La transmission d'un tracteur peut être constituée de différentes boîtes :

- une boîte principale ;
- une/des boîtes de transfert (pour le pont avant ou la prise de force) ;

- un doubleur de gammes de vitesses. Type de boîte pour le régime rapide ou lent.

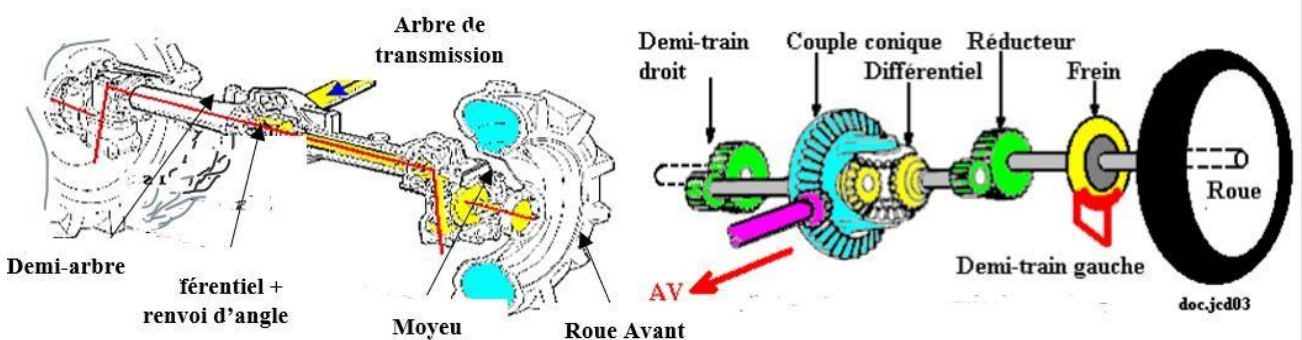


Détails d'une transmission de tracteur.

Ponts et différentiels

Le pont moteur permet de transformer perpendiculairement la rotation de la boîte de vitesses et de la transmettre aux deux bords du pont. Il peut être avant ou arrière et est constitué des mécanismes ci-après :

- un couple conique ou renvoi d'angle ;
- un différentiel assorti d'un mécanisme de blocage dit «crabotage» ;
- deux demi-arbres ;
- deux réducteurs finaux ou réducteur de roues (pas toujours).



Ponts avant (à gauche) et arrière (à droite) de tracteur.

Prise de force ou prise de puissance :

La prise sert à animer d'autres outils ou machines liés au tracteur. C'est un dispositif qui permet de transmettre le couple d'un moteur aux machines/outils qui ont besoin d'être tournées. Elle sert de source d'énergie aux équipements attelés. Le mouvement est transmis par un arbre à cardans qui s'emboîte sur les embouts cannelés du tracteur et de l'outil. Généralement, il est situé à l'arrière du tracteur. Mais il est possible d'avoir deux embouts sur le même tracteur (à l'avant et à l'arrière).

Il existe plusieurs systèmes d'entraînement de la prise de force :

- **Type 1** : entraînement par un embrayage classique, toute action de débrayage du chauffeur provoque l'arrêt de la prise de force. C'est une "*prise de force discontinue ou dépendante*";
- **Type 2** : entraînement par un embrayage double effet à commande unique. Cette disposition permet au conducteur d'arrêter l'avancement du tracteur sans interrompre la prise de force. C'est une "*prise de force semi-indépendante*";

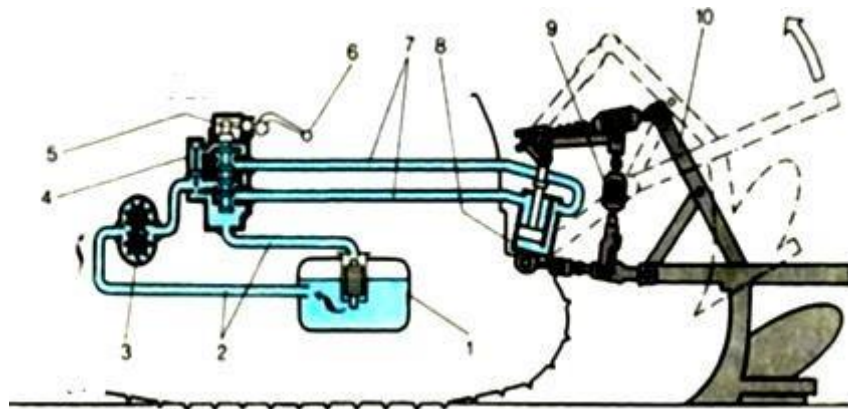
- **Type 3** : entraînement par un embrayage à commande unique et complètement indépendante grâce à un embrayage à commande scindée. C'est une "*prise de force mixte*". Il est conçu pour tourner à deux vitesses : 540 et 1000 Tr/min ;
- **Type 4** : entraînement par un embrayage multi-disques. Il tourne aussi deux vitesses de sortie grâce à un échange d'embout. C'est une "*prise de force complètement indépendante*" ;
- **Type 5** : entraînement par un pignon placé à la sortie de la boîte de vitesses. C'est un "*prise de force proportionnelle à l'avancement*".

Les prises de force mécanique tournent toujours dans le sens horaire à 540 et 1000 tr/mn. Mais il existe de plus en plus des versions avec trois vitesses : 540, 1000 et 1500 tr/mn.

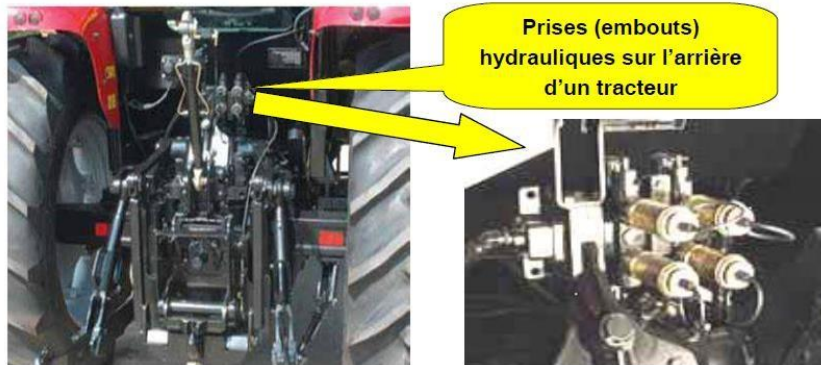
Les embouts sont classés par types suivant le diamètre et le nombre de cannelures.

Système hydraulique

Assure le fonctionnement du système d'attelage 3 points et des appareils hydrauliques (remorque).



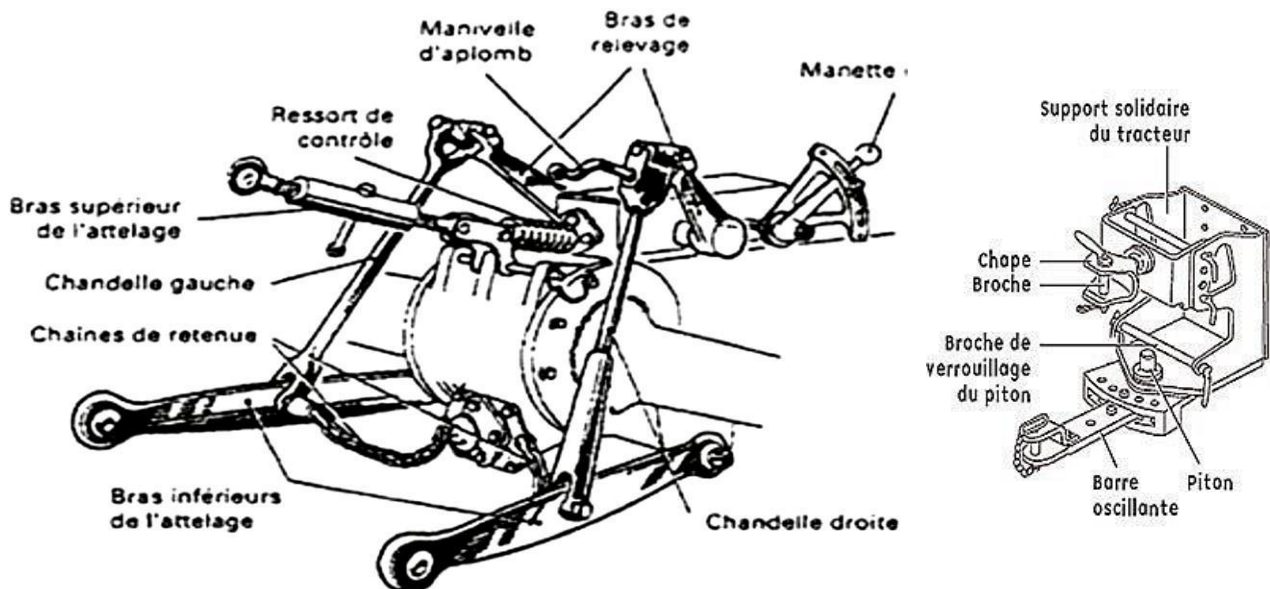
.1- Carter ou réservoir huile transmission + jauge (parfois combiné avec la transmission) ; 2- Pompe hydraulique ; 3- Filtre hydraulique (préfiltre + filtre) ; 4- Commande/distributeur ; 5- Vérin ; 6- Attelage



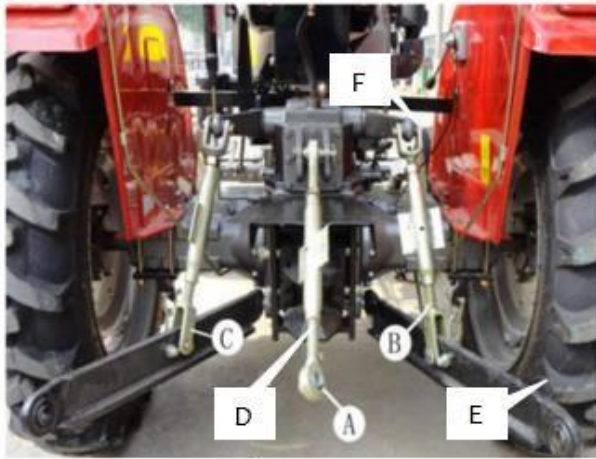
Prises auxiliaires du système hydraulique (PDF hydraulique).

Système d'attelage (de relevage)

C'est l'ensemble des dispositifs qui permet de fixer, de maintenir et de faire les réglages des outils attelés au tracteur. Il est composé de l'attelage 3 points en plus d'autres composantes : chape d'attelage, barre de traction, crochet, etc.



Système d'attelage 3 points et chape d'attelage d'un tracteur.



Attelage 3 points



Chape d'attelage et Barre de traction

Photo des éléments du système d'attelage d'un tracteur.

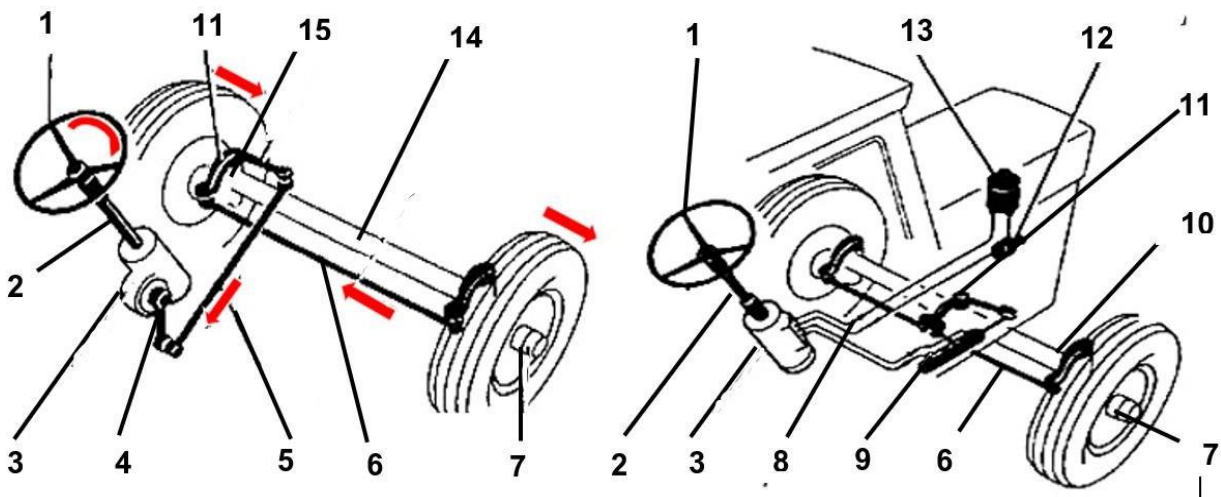
A- 3e point ou barre de poussée ; B,C- Chandelles ; D- Chape d'attelage ; E- Barre de traction ; F- Bras de relevage

Direction

La direction est le système de guidage du tracteur. Elle agit par orientation des roues directrices. Le tracteur est orienté par les roues directrices qui sont contrôlées par le volant. Il existe deux types de direction. La direction mécanique et la direction assistée.

- La direction mécanique est constituée d'un volant, d'une colonne de direction, d'un boîtier mécanique, des timoneries (barres de direction), le tout relié aux roues directrices.
- La direction assistée facilite la conduite du tracteur (réduit l'effort pour tourner le volant). Elle est constituée des éléments de la direction mécanique en plus d'un système hydraulique.

Ainsi, la direction assistée comporte : un bocal d'huile, une pompe à huile, un boîtier de distribution, une ou plusieurs vérins hydrauliques, le tout relié entre eux par des tuyaux et les vérins sont reliés aux pivots des roues directrices.

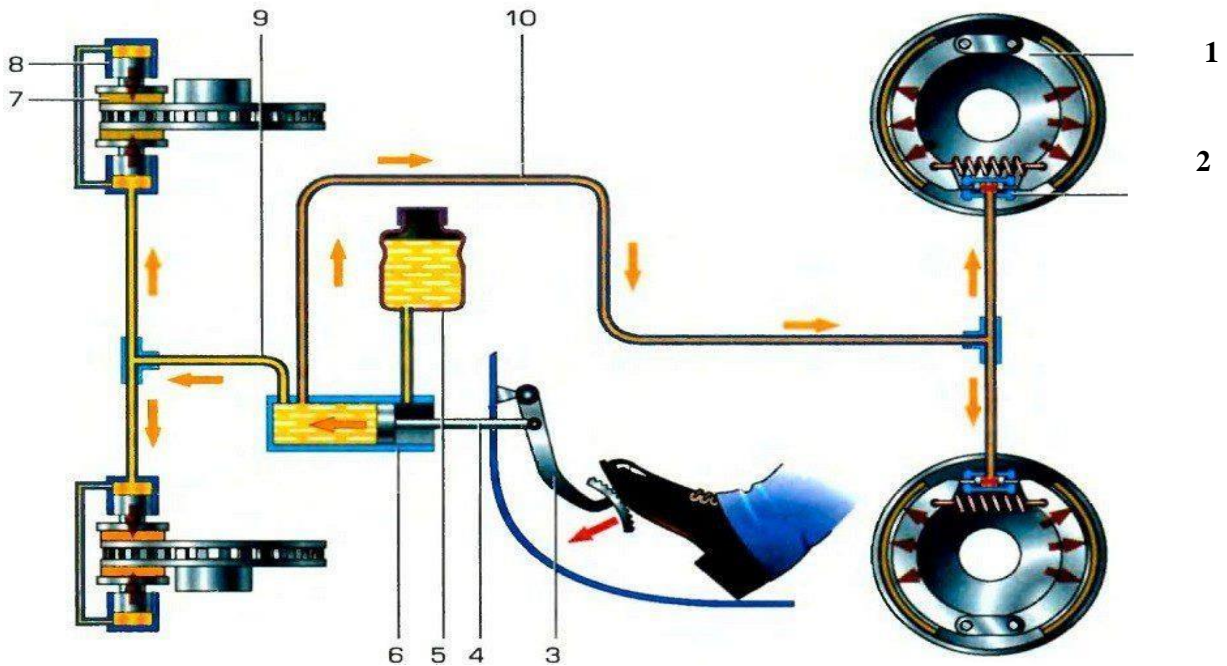


Direction d'un tracteur à roues (à gauche : non assistée ; à droite assistée).

- | | | |
|-------------------------|---------------------------|---|
| 1- Volant | 6- Barre d'accouplement | 11- Levier coudé (attaque/accouplement) |
| 2- Colonne de direction | 7- Fusée | 12- Pompe à huile |
| 3- Boîtier de direction | 8- Tuyaux (raccords) | 13- Bocal d'huile |
| 4- Bielle pendante | 9- Vérin | 14- Pont |
| 5- Barre de direction | 10- Levier d'accouplement | 15- Pivot |

2.1. Système de freinage

Il a pour fonction de ralentir la vitesse d'avancement du tracteur jusqu'à son immobilisation (freins de marche), puis de les maintenir à l'arrêt (freins de stationnement). Ils sont montés dans les roues ou sur les demi-arbres.

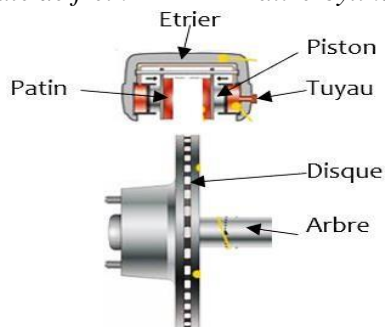


Mécanisme à disque

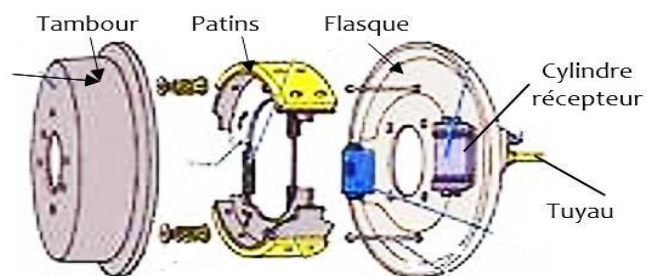
Mécanisme à tambour

Vue d'ensemble du système de freinage.

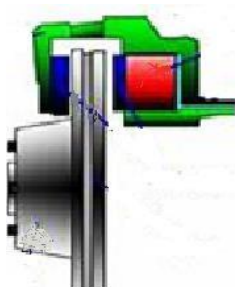
- | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1- Patin | 4- Tige | 7- Patin | 10- Tuyau freins arrière |
| 2- Cylindre récepteur | 5- Bocal d'huile à frein | 8- Etrier | 11- |
| 3- Pédale de frein | 6- Maître-cylindre avec piston | 9- Tuyau freins avant | 12- |



Détail frein à disque



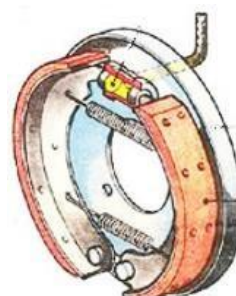
Détail frein à tambour



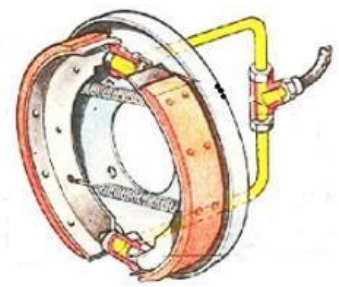
Système à étrier flottant
(1 piston)



Système à étrier fixe
(2 pistons)



Système à 1 cylindre ré-
cepteur



Système à 2 cylindres ré-
cepteurs

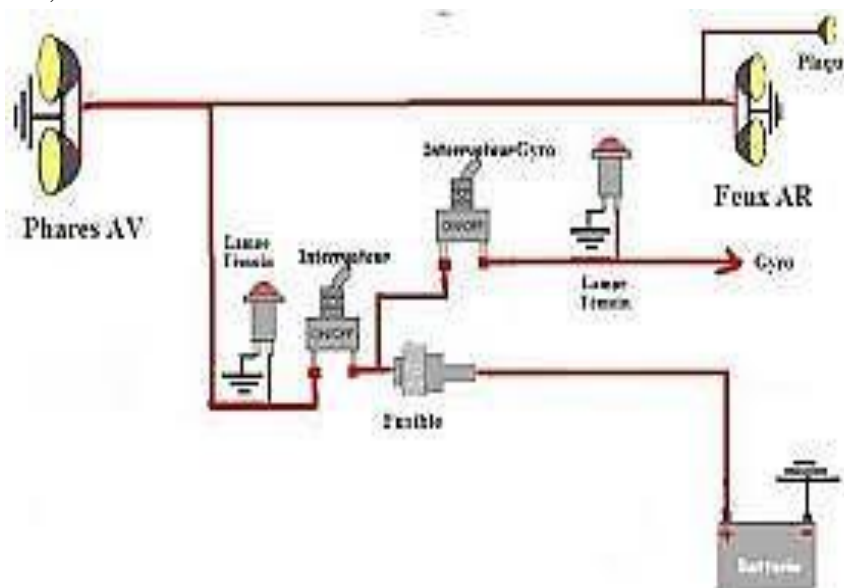
Systèmes de freinage d'un tracteur agricole.

Système électrique

Il a pour fonction de produire du courant électrique nécessaire au fonctionnement des organes électriques du tracteur. Ainsi, il doit conserver, alimenter les récepteurs, recharger la batterie et contrôler (protéger) le circuit.

Le système électrique est composé de : la batterie (accumulateur), d'un alternateur, d'un coupe batterie/masse, d'un contact, d'un boîtier à fusibles et relais, d'un démarreur, des phares et projecteurs, des veilleuses, des clignotants, d'un klaxon, du tableau de bord.

- Le démarreur : facilite le démarrage du moteur à l'aide de la batterie ;
- L'alternateur : produit et entretient le courant dans le circuit électrique (recharge de la batterie);
- Batterie : accumule le courant et alimente le système pendant que le moteur ne tourne pas ;
- Le boîtier de fusibles et relais : protègent le système électrique ;
- Les récepteurs : bougie de préchauffage, éclairage (phares, feux, projecteurs, signalisation, etc.), tableau de bord et capteurs,



Système électrique d'un tracteur agricole.

Organes de roulement (Roue pneumatique et roue cage)

Les roues sont les organes de déplacement du tracteur. Elles sont fixées au pont par le moyeu. Elles sont motrices, directrices ou porteuses. Les roues arrière des tracteurs sont généralement plus grandes que celles de devant, elles sont motrices et supportent plus de 70% du poids du tracteur, ce qui assure une bonne adhérence grâce à ses crampons qui limite les glissements.

Une roue peut jouer un rôle moteur et/ou directeur ou bien simplement porteur. La **roue motrice** est entraînée en rotation par le couple moteur, elle assure la propulsion du tracteur. La **roue directrice** est directement soumise à l'action du volant, elle pivote autour d'un axe perpendiculaire au châssis, et assure ainsi le guidage du véhicule. La **roue porteuse** a pour fonction principale de porter la charge lui appliquée.

Une roue de tracteur peut être entièrement métallique (roue cage) ou constituée d'une jante métallique sur laquelle est monté un pneu (roue pneumatique).

La jante est constituée d'un cerceau et d'un voile comportant des trous de fixation. La roue de tracteur est conçue pour contribuer au réglage de la voie du tracteur (entraxe des pneus) afin de s'adapter aux conditions d'utilisation.

Le pneu du tracteur assure la liaison entre le sol et le tracteur. Il améliore l'adhérence de la roue et transmet la puissance de l'engin au sol et génère l'effort de traction. Un choix correct des pneus, permet de bien exploiter l'effort de traction, d'augmenter la productivité et d'éviter le patinage.



Types de roue de tracteur et constitution.

Pour améliorer l'adhérence ou pour réduire la pression au sol (tassement), on utilise des pneus larges à basse pression ; l'on procède au jumelage avec des roues de même type ou avec des roues à cage. De même, selon les conditions de travail, les roues à pneumatique sont remplacées par des roues métalliques dites à cages ou squelettes.

Par ailleurs, les pneumatiques peuvent être partiellement gonflés à l'eau ou avec un liquide approprié pour lester le tracteur.

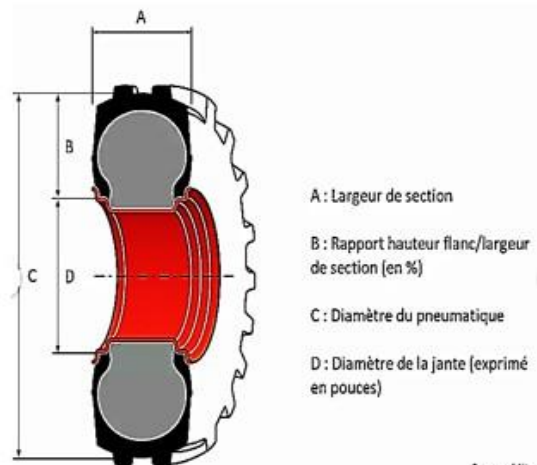
Les pneus se montent sur la jante avec ou sans chambre à air. Dans ce dernier cas ils sont appelés « **Tubeless** » et indiqués « **TL** » sur le flanc dans les références.

Il existe des pneus de largeurs variables. Ils sont choisis selon les conditions d'utilisation. Les images ci-dessous résument les différentes tailles de largeur de pneus.



Exemple : 600/65 R 38

600	Grosueur du boudin en millimètres
65	Rapport Hauteur du flanc/Grosueur de boudin
R	Type de fabrication "Radial"
38	Diamètre nominal de la jante en pouces
Super 11L	Type de sculpture
153	Indice de capacité de charge par pneu 153 = 3650 kg
A8	Symbole de vitesse A8 = 40 km/h
150	Indice de capacité de charge par pneu 150 = 3350 kg
B	Symbole de vitesse B = 50 km/h
*	Pression de référence : 1,6 bar
Tubeless	Sans chambre à air



Source : Mitas

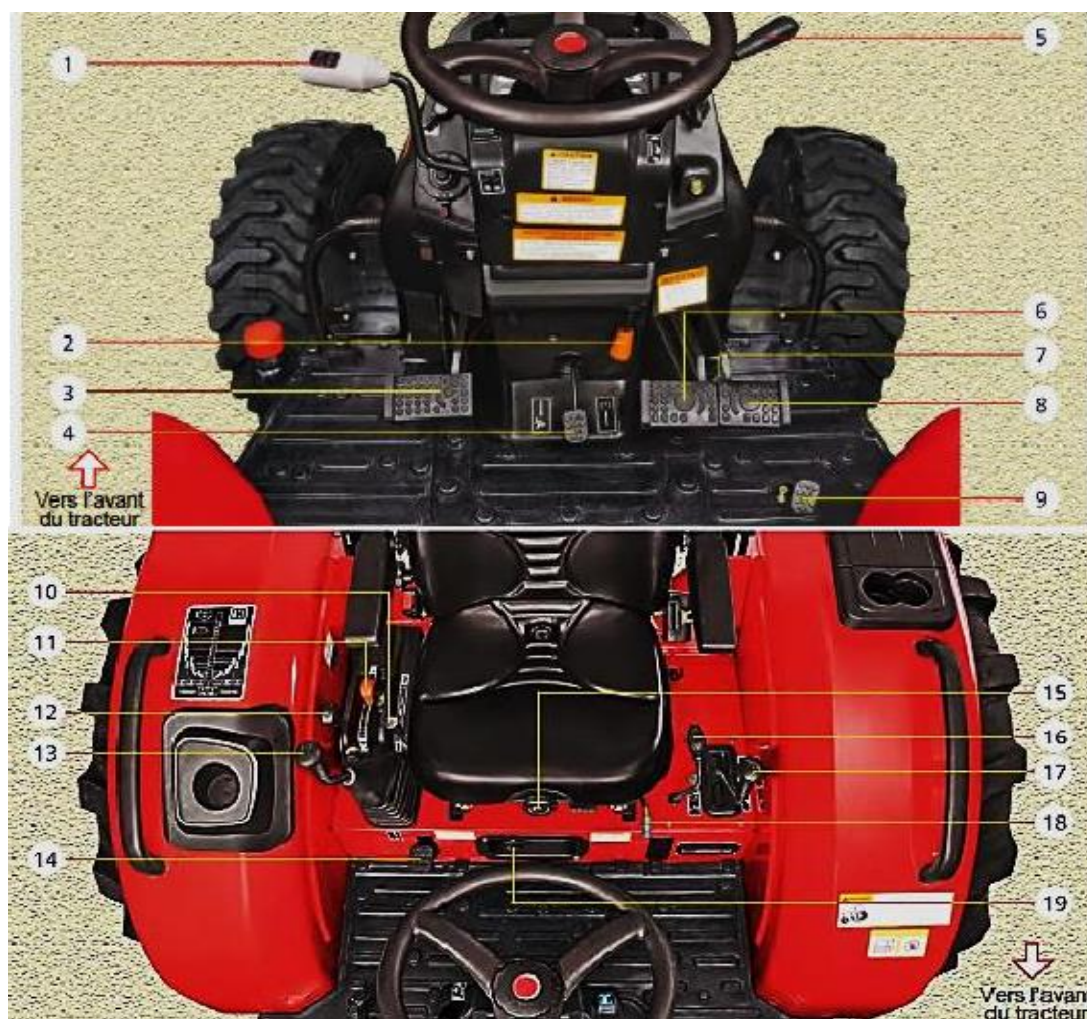
Caractéristiques des pneus.

Poste de conduite (cabine, commandes et tableau de bord)

Cabine et commandes

Le poste de conduite du tracteur (la cabine) est équipé de diverses commandes (boutons, leviers, pédales, etc.), d'instruments de contrôles et de suivi du fonctionnement du tracteur. On trouve la description dans les manuels techniques des tracteurs. Ainsi, il est recommandé aux utilisateurs de lire attentivement cette section du manuel afin d'avoir une maîtrise parfaite de l'emplacement et les fonctions de tous les dispositifs du nouveau tracteur.

NB : Ne démarrez pas le moteur et n'essayez pas de conduire ou d'utiliser le tracteur si vous n'êtes pas parfaitement familier avec toutes les commandes.



- | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|--|
| 1. Levier inverseur de marche AV-AR | 8. Pédale de frein droit | 15. Bouton de réglage de suspension/siège |
| 2. Levier du frein de stationnement | 9. Pédale d'accélérateur | 16. Levier d'engagement 4RM (roues motrices) |
| 3. Pédale d'embrayage | 10. Levier de valve auxiliaire | 17. Levier de changement de gamme |
| 4. Pédale d'inclinaison du volant | 11. Levier de contrôle d'effort | 18. Levier de réglage de position du siège |
| 5. Levier d'accélérateur manuel | 12. Levier de contrôle de position | 19. Bouton de réglage hydraulique, lent/rapide |
| 6. Pédale de frein gauche | 13. Levier de changement de vitesse | |
| 7. Loquet des pédales de frein | 14. Pédale de blocage du différentiel | |

Figure 39 : Poste de conduite d'un tracteur.

Description des organes

- **Le tableau de bord** : il donne des informations sur l'état de fonctionnement des différents mécanismes et système du moteur.
- **Le volant** : il permet de changer la direction du déplacement du tracteur ou de la maintenir en ligne droite ;
- **Pédale d'embrayage** : commande le mécanisme d'embrayage du moteur qui a pour rôle de réaliser une liaison progressive entre le moteur et la transmission, de supprimer temporairement cette liaison ainsi que de protéger la transmission contre les surcharges.
- **Levier de frein de stationnement** : permet d'immobiliser le tracteur à l'arrêt pour éviter son auto-avancement selon la pente que présente le relief du terrain.
- **Siège du conducteur** : équipé d'un ressort, assure le confort du conducteur et limite les vibrations néfastes sur ce dernier.
- **Pédale de blocage du différentiel (crabotage)** : permet d'éviter l'enlisement du tracteur lors du patinage élevé. (Attention de ne pas faire des virages brusques) ;
- **Levier de contrôle du relevage hydraulique** : commande du système hydraulique du tracteur (Positions : haute – basse – neutre) et de fixer et contrôler la profondeur du travail pendant le travail ;
- **Pédale d'accélération** : permet de varier le régime du moteur (vitesse) ;
- **Levier d'accélération à main** : permet fixer le régime du moteur au ralenti ou à sur d'autres vitesses, de maintenir constante la vitesse de rotation du moteur, ce qui est indispensable dans la réalisation de certaines opérations agricoles.
- **Pédale de freins** : permet d'immobiliser le tracteur en mouvement ainsi que de réaliser des virages serrés lors des opérations agricoles.
- **Levier de vitesse** : commande la boîte de vitesse qui a pour but de varier l'effort de traction, la vitesse et le sens de marche (avant ou arrière) du tracteur ainsi que de supprimer la liaison entre le moteur en marche et la transmission lors des arrêts de longue durée du tracteur ;
- **Levier de gammes (rapide et lente) ou réducteur de vitesse** : permet de choisir le régime lent ou rapide.

Tableau de bord

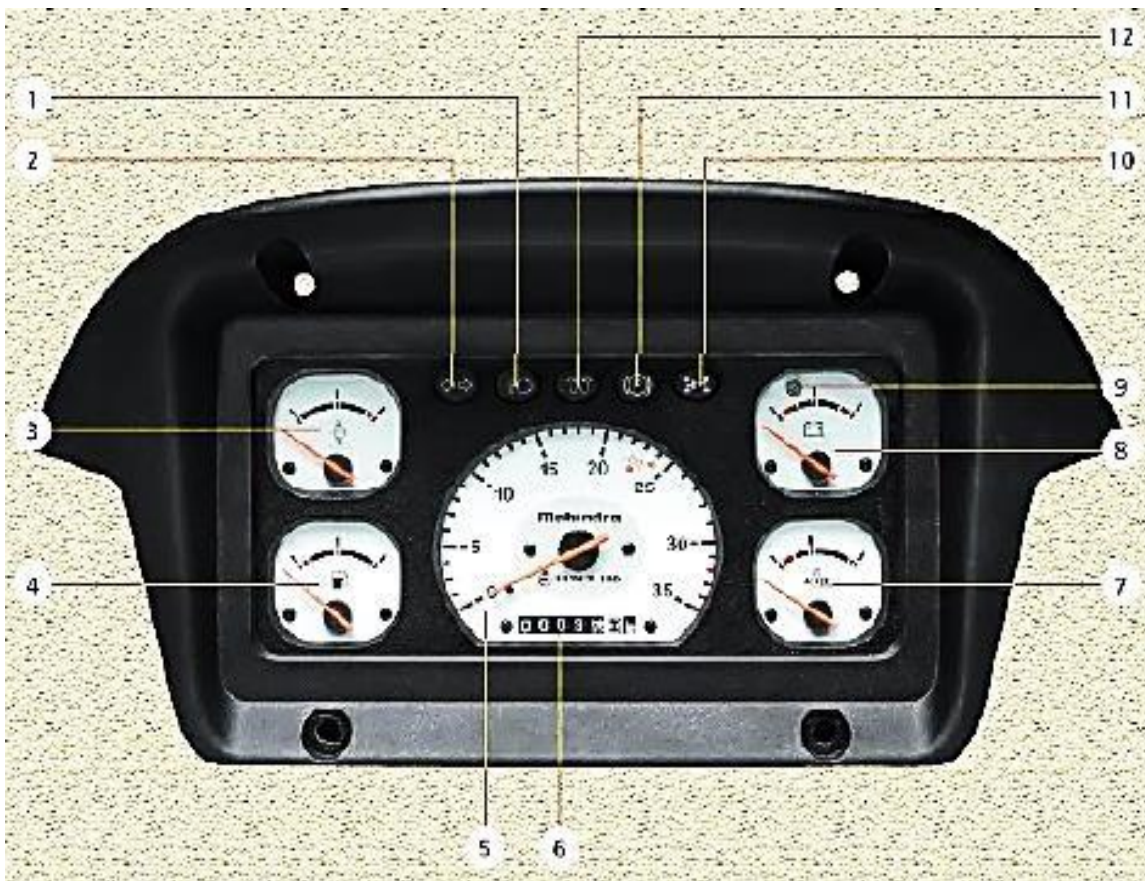






























Figure 40 : Tableau de bord d'un tracteur.

- | | |
|---|--|
| 1. Voyant des feux de route | 7. Indicateur de pression d'huile à moteur |
| 2. Voyants des clignotants de direction (gauche / droite) | 8. Voltmètre |
| 3. Jauge de température du moteur | 9. Voyant de charge de la batterie |
| 4. Jauge de niveau de carburant | 10. Voyant 4x4 (4 roues motrices) |
| 5. Compte tour du moteur (tr/min) | 11. Voyant du frein de stationnement |
| 6. Compteur d'heures de travail du moteur (H) | 12. Voyant de préchauffage du moteur |

Symboles universels de service d'un tracteur.

	Vitesse du moteur (tr/mn x100)		Pression, ouvrir prudemment		Lente
	Heure de travail du moteur		Réglages Variation		Rapide
	Température du liquide de refroidissement du moteur		Avertissement Danger		Clignotant de direction
	Niveau de gasoil		Feux de détresse		Température d'huile de transmission
	Phares		Pont mort		Freins de stationnement
	Klaxon		Vatilateur		Phares de travail
	Pression d'huile du moteur		Prise de force En marche		Blocage du différentiel
	Pression d'huile de transmission		Prise de force arrêtée		Consulter le manuel d'utilisation
	Filtre à air		Attelage relevé		
	Témoin de charge de la batterie		Attelage abaisé		

I.2.2. Prise de force

C'est l'émergence des tracteurs de forte puissance, couplée au développement des transmissions hydrauliques qui a permis l'essor des prises de force, véritables prises de mouvement, transmettant l'énergie du moteur à une machine réceptrice. Traditionnellement située à l'arrière des tracteurs, la prise de force assure l'animation des outils dits "animés".



I.3. Types de tracteurs

On distingue classiquement les tracteurs conventionnels, les porte-outils, les tracteurs articulés, les chenillards et enfin les tracteurs spécialisés, tels que les tracteurs étroits et les enjambeurs utilisés en arboriculture, horticulture et viticulture...

I.3.1. Tracteur conventionnel

Les tracteurs conventionnels ont la faculté de porter, tirer, pousser ou entraîner divers outils, ce qui leur confère une grande polyvalence. La puissance des tracteurs disponibles sur le marché s'échelonne de 33 à 500 CV suivant les constructeurs.



I.3.2. Tracteur porte-outils

Les tracteurs porte-outils sont utilisés pour **pousser, porter ou tirer des outils** (mais ces tracteurs ne sont plus fabriqués actuellement). La particularité de ces tracteurs réside dans **l'emplacement du bloc moteur**. En effet, le moteur, les transmissions et le système hydraulique du porte-outil forment un ensemble compact entièrement disposé **sous la cabine de conduite** (alors qu'ils sont traditionnellement localisés à l'avant sur les autres tracteurs). Il s'en suit une visibilité accrue, par rapport aux tracteurs conventionnels, ainsi qu'une large place disponible à l'avant pour une plate-forme porte-outils.

Ce type de tracteur présente les avantages suivants :

- ✓ excellente **visibilité**,
- ✓ bonne **maniabilité**,
- ✓ très polyvalent (polyvalence équivalente à un tracteur conventionnel de moyenne puissance).

L'inconvénient majeur de ce tracteur est la **Perte de performance dans les cas de lourds travaux de traction** pour lesquels il n'est pas conçu.

I.3.3. Tracteur à chenilles

Le chenillard, muni de chenilles caoutchoutées en guise d'organes de propulsion, a été conçu pour diminuer le tassement du sol et parcourir les terrains vallonnés. En augmentant considérablement la surface de contact avec le sol, il génère une meilleure répartition du poids du tracteur et offre donc une très bonne adhérence, ce qui limite les problèmes de glissement sur les terrains de faible portance.



I.3.3.1. Constitution d'une chenille

Les éléments constitutifs d'une chenille sont :

- ✓ Les tuiles : pièces métalliques munies de barrettes et articulées entre elles pour former la bande de roulement. Les chenilles pour usages agricoles sont généralement disponibles en 3 largeurs (699, 762 ou 914 mm).
- ✓ **Le barbotin-moteur** : reliée aux tuiles par l'intermédiaire d'une chaîne, cette roue à dents ou pignons est responsable de l'entraînement de la chenille.
- ✓ **La roue de tension** : positionnée à l'opposé du barbotin-moteur, cette roue tourne librement et maintient la tension de la chenille.
- ✓ **Les roues centrales** : développées sur les machines récentes, ces roues semi-suspendues indépendantes, permettent aux chenilles d'épouser parfaitement la géométrie du terrain et de limiter l'impact des dénivellations.

I.3.4. Tracteur articulé

Le tracteur articulé, équipé de quatre roues motrices, possède un châssis constitué de deux éléments mobiles autour d'une **articulation centrale**. La direction de l'engin est assurée non par les roues mais par l'angle de rotation des 2 parties mobiles articulées. Ce système offre une bonne **manœuvrabilité**: grâce au court rayon de braquage, l'agriculteur peut exploiter au mieux la superficie du champ en effectuant des virages très près des bordures.



Ces tracteurs ultra-puissants (de 300 à 500 CV), sont destinés à tracter de lourdes charges, telle une sous-soleuse qui nécessite de disposer d'un maximum de puissance pour maintenir l'outil à la juste profondeur de travail.

I.3.5. Tracteur étroit

C'est un type de tracteur dont la puissance est généralement inférieure à **80 CV.**, il est étroit et léger et a été conçu pour travailler dans les cultures à interrang étroit. Selon le type de cultures concernées, on



parlera de "**tracteur fruitier**", "**vigneron**" ou encore de "**tracteur arboricole**". Compte tenu de l'espace réduit dans lequel le tracteur est amené à évoluer, la maniabilité est accrue pour permettre un braquage très court.

I.3.6. Tracteur enjambeur

Les tracteurs enjambeurs, équipés d'un **châssis à portique**, sont utilisés dans le cas de cultures exigeant une **garde au sol** (distance entre le point le plus bas du châssis et le sol) **importante**, telles que les vignes et les cultures arbustives.



Contrairement aux grandes cultures, ces cultures spécialisées ne nécessitent pas l'intervention de tracteurs de grande puissance. Les tracteurs de moins de 100 CV sont parfaitement adaptés, et peuvent par ailleurs être munis de 2 ou 4 roues motrices.

❖ LE MOTOCULTEUR

1. Description technique d'un motoculteur

1.1. Fonctions d'un motoculteur

Le motoculteur est un engin automoteur dit « **tracteur à un essieu ou à deux roues** ». Il est équipé de 2 roues motrices (pneumatiques ou métalliques) qui assurent son déplacement. C'est une excellente unité motrice (source d'énergie), très polyvalente et multifonctionnelle destinée à exécuter l'ensemble des travaux d'une exploitation agricole en mode mobile ou fixe (stationnaire).

Il se prête à la quasi-totalité des opérations culturales, du travail du sol à la récolte et au transport. Son moteur s'adapte sur les motopompes, générateurs électriques, machines de transformation (moulins, batteuses, vanneuses, etc.).

On l'utilise aussi pour réaliser les travaux d'aménagement, selon la disponibilité des équipements.



Présentation d'un motoculteur.

Classé dans la petite motorisation, les motoculteurs conviennent pour les travaux intensifs dans les exploitations/parcelles de petites et moyennes tailles, même sommairement aménagées.

De puissances variables allant de 9–22 HP, il s'adapte aisément aux diverses utilisations citées.

1.2. Description d'un motoculteur

Le motoculteur est constitué d'un châssis supportant son moteur et reposant au sol par l'intermédiaire de 2 roues motrices entraînées par une transmission à courroies et une boîte à vitesses. Sa manipulation est assurée par un conducteur qui suit la machine à pied en la contrôlant par ses 2 mancherons (guidon). Le guidon est équipé des manettes/leviers de commandes (accélérateur, embrayage, direction, sens de marche, freins, etc.)

Certains attelages offrent au conducteur le confort de s'asseoir opérant ou en mode transport. Pour une meilleure manœuvrabilité de l'attelage, des options sont proposées. Il existe différents types de mancherons (guidons) de longueur variable (court, moyen et long), réglables en hauteur pour s'ajuster à la taille de l'opérateur ; orientables (réversibles) à 180° ce qui permet d'opérer dans les deux sens (des 2 cotés) ou en biais sur les flancs.

Les motoculteurs sont équipés non seulement pour tracter les outils mais aussi pour les animer grâce à leurs prises de forces. Pour opérer dans les sols lourds ou en condition de mauvaise portance du sol (adhérence), il est prévu de roues métalliques, roues cages ou roues squelettes, pour substituer les roues pneumatiques.

1.3. Description technique d'un motoculteur

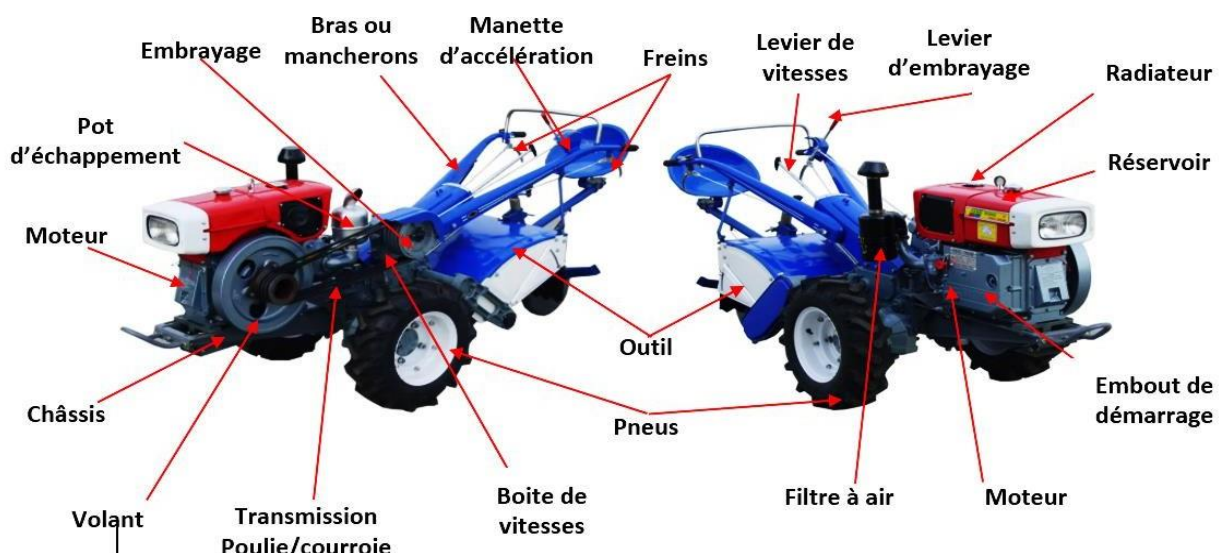


Figure 42 Description d'un motoculteur.

Motoculteurs lourds :

- Conçus pour des terrains plus grands ou des travaux intensifs.
- Puissance de plus de 8 CV.
- Souvent équipés d'accessoires interchangeables (charrues, fraises, tondeuses).

Motoculteurs thermiques vs électriques :

- Thermiques : motorisés par essence ou diesel, idéals pour les grandes surfaces et les travaux prolongés.
- Électriques : légers, silencieux et sans émissions, adaptés aux petits jardins.

Conseils d'utilisation et d'entretien

- Avant utilisation : Vérifiez le niveau d'huile, l'état des fraises et des pneus.
- Pendant l'utilisation : Travaillez à une vitesse modérée pour éviter d'endommager le moteur ou le sol.
- Entretien : Nettoyez régulièrement les fraises, changez l'huile moteur périodiquement et contrôlez les filtres.

Le choix d'un motoculteur dépend de vos besoins spécifiques (taille du terrain, type de sol, fréquence d'utilisation) et de votre budget. Cette machine reste un allié précieux pour l'agriculture et le jardinage.

Entretien du motoculteur et de ses accessoires

Un entretien régulier garantit le bon fonctionnement et la longévité du motoculteur ainsi que de ses accessoires. Voici les étapes clés à suivre :

1. Entretien technique : Lubrification, graissage et nettoyage

Lubrification :

- Vérifiez et lubrifiez régulièrement les pièces mobiles pour éviter l'usure.
- Les points à lubrifier incluent :
 - Les roulements des roues.
 - Les axes des fraises.
- Utilisez une huile adaptée (indiquée dans le manuel du fabricant).

Graissage :

- Graissez les articulations et les mécanismes exposés (chaînes, engrenages, axes).
- Une pompe à graisse peut être utile pour accéder aux zones difficiles.
- Veillez à enlever les anciens résidus de graisse avant d'appliquer une nouvelle couche.

Nettoyage :

- Nettoyez les fraises après chaque utilisation pour enlever la terre et les débris.
- Utilisez une brosse métallique ou un jet d'eau à basse pression.
- Nettoyez également le filtre à air pour éviter que la poussière ne réduise les performances du moteur.

Vérification journalière

Avant chaque utilisation, il est important de vérifier certains points essentiels :

Moteur :

Niveau d'huile moteur :

Vérifiez et complétez si nécessaire pour éviter une surchauffe ou des dommages.

Carburant :

Remplissez le réservoir avec du carburant propre et adapté (essence ou diesel).

Transmission :

Vérifiez le niveau d'huile de transmission (pour les modèles équipés).

État général :

- Inspectez visuellement les fraises et les roues pour détecter toute usure ou fissure.
- Vérifiez que les boulons et les écrous sont bien serrés.

Accessoires :

Si vous utilisez des accessoires (charrue, remorque, etc.), assurez-vous qu'ils sont bien fixés et fonctionnels.

Sécurité :

- Testez les commandes : embrayage, frein, accélérateur.
- Vérifiez que les dispositifs de sécurité (arrêt d'urgence) fonctionnent correctement.

Conseils supplémentaires :

- Changez l'huile moteur tous les 20 à 50 heures d'utilisation selon les recommandations du fabricant.
- Remplacez les bougies et les filtres (air, carburant) à intervalles réguliers.
- Rangez le motoculteur dans un endroit sec, à l'abri de l'humidité, pour éviter la corrosion.
- Un entretien rigoureux vous assurera des performances optimales et prolongera la durée de vie de votre équipement

Principales pannes du motoculteur et solutions de réparation

Un motoculteur peut présenter divers problèmes liés à son moteur, ses éléments mécaniques ou ses accessoires. Voici les pannes les plus fréquentes et leurs solutions :

1. Pannes du moteur

Le moteur ne démarre pas

Causes possibles :

- Absence de carburant ou carburant de mauvaise qualité.
- Filtre à air ou à carburant obstrué.
- Bougie encrassée ou défectueuse.
- Batterie déchargée (modèles électriques ou avec démarreur).

Solutions :

Vérifiez et remplissez le réservoir avec du carburant propre et adapté.

-
- Nettoyez ou remplacez le filtre à air et le filtre à carburant.
 - Retirez la bougie, nettoyez-la ou remplacez-la si nécessaire.
 - Rechargez ou remplacez la batterie.

Le moteur cale pendant l'utilisation

Causes possibles :

- Surchauffe due à un manque d'huile ou une obstruction du refroidissement.
- Mélange air-carburant incorrect (carburateur mal réglé).

Solutions :

- Vérifiez le niveau d'huile et complétez si nécessaire.
- Nettoyez les ailettes de refroidissement du moteur.
- Ajustez la carburation ou consultez un professionnel si le problème persiste.

2. Pannes liées à la transmission

- Le motoculteur n'avance pas
- Causes possibles :
- Courroie d'entraînement usée ou cassée.
- Problème dans le système d'embrayage.

Solutions :

- Remplacez la courroie d'entraînement.
- Vérifiez l'embrayage et ajustez-le selon le manuel d'entretien.

Le changement de vitesse est difficile

Causes possibles :

- Manque d'huile dans la boîte de transmission.
- Câbles de commande usés ou mal réglés.

Solutions :

- Vérifiez et remplissez le niveau d'huile de la boîte.
- Lubrifiez ou remplacez les câbles de commande

3. Pannes des fraises ou des accessoires

Les fraises ne tournent pas

Causes possibles :

- Courroie ou chaîne de transmission cassée ou déconnectée.
- Blocage des fraises par des pierres ou des débris.

Solutions :

Remplacez ou ajustez la courroie ou la chaîne de transmission.
Démontez les fraises et retirez les débris.

Accessoire non fonctionnel

Causes possibles :

- Mauvaise installation ou fixation de l'accessoire.
- Problème mécanique de l'accessoire (rouille, grippage).

Solutions :

- Refixez correctement l'accessoire.
- Nettoyez, lubrifiez ou remplacez les parties endommagées.

4. Problèmes généraux

- Vibrations excessives
- Causes possibles :
- Déséquilibre des fraises.
- Fixations desserrées.

Solutions :

- Vérifiez les fraises et resserrez les boulons.
- Réparez ou remplacez les pièces déséquilibrées.

Fumée excessive (bleue ou noire)

Causes possibles :

- Consommation excessive d'huile (fumée bleue).
- Mélange air-carburant trop riche (fumée noire).

Solutions :

Contrôlez le niveau d'huile et corrigez si nécessaire.

Nettoyez ou ajustez le carburateur.

Conseils pour prévenir les pannes :

1. Effectuez un entretien régulier (graissage, nettoyage, vérification des niveaux).
2. Utilisez des pièces détachées et des consommables de qualité.
3. Consultez un professionnel pour les réparations complexes ou si le problème persiste.

Un motoculteur bien entretenu est moins sujet aux pannes et vous assure un travail efficace et durable.

Notions de mécanisation agricole

1- Justification et défis de la mécanisation agricole

1.1- Nécessité de la mécanisation

La mécanisation agricole est l'un des facteurs d'intensification de l'agriculture et de croissance de la production. L'intensification de l'agriculture est indispensable pour satisfaire les besoins alimentaires et d'autres produits nécessaires à la population qui ne cesse d'accroître et que l'agriculture traditionnelle ne peut plus combler.

1.2- Mécanisation et agriculture

La mécanisation agricole est l'emploi des machines dans le secteur agricole pour la production végétale, animale, halieutique, la transformation et le transport des produits agricoles.

En résumé, c'est la substitution des opérations manuelles par celles des machines, pour réduire la pénibilité du travail et accroître la productivité et la qualité des produits.

1.3- Motorisation

C'est la substitution de la force humaine ou animale par un moteur (thermique, électrique, hydraulique, éolien, etc.).

Il faut noter que la mécanisation n'est pas que la motorisation. La culture attelée est une forme de mécanisation.

1.4- Machines agricoles

Les machines agricoles désignent l'ensemble du matériel (équipements) utilisé dans le domaine de l'agriculture pour les productions végétale, animale et halieutique et pour la transformation des produits agricoles.

Une machine agricole est un équipement pouvant produire, transformer, communiquer un mouvement, effectuer un travail ou produire un effet (chaleur, froid, etc.) pour accroître la productivité.

1.5- Unité motrice

L'unité motrice est une source d'énergie mécanique (qui produit de la force) destinée à mettre en mouvement une machine ou mécanisme.

Il s'agit entre autres de : l'homme, l'animal, le moteur (thermique, électrique), le tracteur, le motoculteur, l'automoteur.

Chapitre II. OUTILS DE TRAVAIL DU SOL

II.1. Introduction

Les outils de travail du sol sont très variés. Ils se différencient les uns des autres par:

- ✓ la nature des pièces travaillantes (outils à disques, outils à dents, outils à pointes, outils à versoirs, rouleaux),
- ✓ l'animation ou non des pièces travaillantes par la prise de force du tracteur (outils animés, outils auto-animés, outils non-animés),
- ✓ le type de travail réalisé (outils de travail profond, outils de travail superficiel)

Les outils de travail profond du sol sont la sous-soleuse, le décompacteur, le décompacteur rotatif, la machine à bêcher, la charrue à disques, la charrue à versoirs, le cultivateur et le cultivateur rotatif.

Les outils de travail superficiel sont pour la plupart des outils à disques : la bineuse, la herse, la herse rotative, la herse alternative, les bèches roulantes, les autres outils auto-animés et les rouleaux.

Les noms utilisés pour désigner un même outil peuvent être nombreux : ils rappellent selon le cas l'effet obtenu (scarificateur, extirpateur, cover crop), la marque ou le constructeur.

II.2. Outils de travail profond du sol

II.2.1. Sous-soleuse

Une sous-soleuse est un décompacteur lourd, instrument de sous-solage et d'essouchement. Elle est constituée d'un assemblage de dents très robustes porté à l'avant ou à l'arrière d'un tracteur puissant ou d'un bulldozer. Les dents sont munies de socs plus ou moins effilés.



La qualité du travail du sol avec une sous-soleuse dépend de la vitesse de travail, de la profondeur de travail, de l'espacement entre les dents et de la pointe utilisée. La sous-soleuse doit être utilisée en saison sèche pour éviter le lissage.

II.2.2. Décompacteur

Le décompacteur permet de réaliser un décompactage, c'est-à-dire un travail du sol profond (25 à 40 cm) sans retournement grâce à des dents très robustes fixées sur un bâti porté ou semi-porté. On réalise ce type de travail lorsqu'il y a nécessité de fragmenter un sol compacté (en général par une récolte en conditions humides) sur une profondeur qui est de l'ordre de celle du labour. Le décompactage est donc différent du sous-solage. La hauteur sous bâti d'un décompacteur varie de 60 à 75 cm (75 à 110 cm pour une sous-soleuse). Le nombre de dents par m est compris entre 2 et 3.



Il existe des décompacteurs dont les dents sont animées d'un mouvement vibratoire par la prise de force du tracteur, ce qui augmente la capacité d'éclatement. Les matériels proposés comportent jusqu'à 6 dents travaillant la terre sur une largeur de 3 mètres et une profondeur de 50 cm. Une roue de jauge ou un rouleau sont indispensables pour régler la profondeur du travail et stabiliser l'outil. Le rouleau permet également d'émietter les mottes en surface et de rappuyer la couche compactée.

II.2.3. Machine à bêcher

La machine à bêcher, aussi appelée charrue à bêches rotatives ou roto-bêche, est un outil mécanique tracté qui réalise un travail du sol profond remarquable par l'importance de la fragmentation et la qualité de l'enfouissement des débris végétaux. La profondeur de travail peut atteindre 50 cm.



Les pièces travaillantes sont des fers de bêche robustes (actionnés par un ensemble bielles-vilebrequin) qui, en prenant appui au sol, soulagent l'effort de traction et permettent ainsi de mieux utiliser la puissance du tracteur. La puissance nécessaire est entièrement transmise par la prise de force du tracteur et par l'intermédiaire d'une boîte de vitesse pour certains modèles. L'engin travaille de la même manière qu'une bêche à bras.

Selon le poids au mètre, on distingue 3 gammes de machine à bêcher : celles dont le poids < 450 kg, 450 à 600 kg, et > 650 kg. Ces machines sont très utilisées en maraîchage, un peu moins en grande culture. **On leur reproche leur lenteur et, surtout, de souvent trop fragmenter le sol, ce qui diminue sa portance pour les travaux ultérieurs.** Les plus lourdes sont parfois utilisées pour défricher (une jachère, une ancienne prairie).

Les caractéristiques de ces machines sont :

- ✓ La vitesse d'avancement du tracteur et celle de rotation des bêches déterminent l'épaisseur des blocs découpés. La vitesse de travail est très faible (2,5 km/h environ).
- ✓ La profondeur de travail peut aller de 15 à 50 cm. Elle est réglable grâce à des patins. L'enfouissement des débris végétaux et le degré de fragmentation peuvent être modifiés par un tablier réglable

II.2.4. Charrue à disques

La charrue à disques est utilisée dans les sols superficiels et caillouteux lorsque les conditions de travail du sol sont en général sèches. Utilisée principalement pour le défrichage et dans les régions aux climats tropicaux, arides et semi-arides, la charrue à disques pénètre bien dans le sol, même sec, mais enfouit mal les débris végétaux.

Chaque corps de charrue est équipé d'une calotte sphérique appelée disque. Ce dernier découpe une bande de terre de section sensiblement elliptique et la retourne sous l'effet combiné de l'avancement, de l'auto-rotation et d'un déflecteur frontal appelé "versoir de disque". Les charrues à disques sont en général équipées à l'arrière d'une roue stabilisatrice tranchante et inclinée qui maintient la charrue en ligne, compensant les forces latérales qui s'exercent sur l'outil. Le disque, fabriqué en acier traité pour résister aux chocs et à l'abrasion, a la forme d'une calotte sphérique de diamètre variant de 60 cm à 1 m, la flèche pouvant aller jusqu'à 20 cm. ***Le bord du disque est en général biseauté pour améliorer l'efficacité de découpage du sol.*** Chaque disque tourne librement sur son axe ; un petit versoir frontal améliore le retournement et le mélange de la terre et des débris végétaux, tout en limitant les risques de bourrage.



Il existe des charrues à disques portées ou semi-portées. La plupart d'entre elles réalisent un labour en planches mais certaines, par un pivotement de chaque disque autour d'un axe peuvent effectuer un labour à plat.

Les réglages de la charrue à disque portent sur la profondeur de travail, que l'on maîtrise grâce à la roue stabilisatrice et au réglage de l'attelage trois points et sur les angles caractéristiques des disques. La position des disques est en effet définie par deux angles caractéristiques :

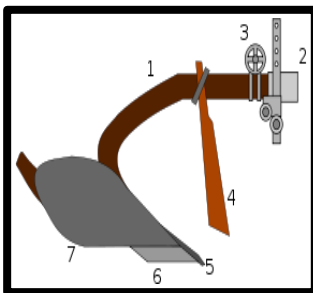
- **l'angle d'attaque ou angle de coupe** est compris entre le plan horizontal du disque et l'axe d'avancement. Généralement stable (entre 40° et 45°), la pénétration dans la terre est d'autant plus facile que l'angle de coupe est plus grand.

- **l'angle d'entrure** est compris entre le plan du tranchant du disque et le plan vertical. Il varie entre 20 et 25°. Plus grand est cet angle, meilleur est le retournement et le mélange de la terre et des débris végétaux ou du fumier.

II.2.5. Charrue à versoirs

La charrue à versoirs (souvent improprement appelée 'charrue à socs') est un instrument de préparation du sol qui permet de réaliser un labour, technique de **travail profond** qui consiste à **découper et retourner une bande de terre**.

Une charrue à versoirs se compose de plusieurs **corps de labour**, constitué chacun d'un ensemble de pièces travaillantes : un **coutre**, un **soc** et un **versoir**. Les corps sont fixés au bâti par un **étançon**. Le **talon**, le **sep** et le **contre-sep** assurent la stabilité de la charrue en mouvement. Celle-ci comporte également une tête d'attelage et, souvent, des **rasettes** : ce sont des sortes de corps miniature qui comprennent un soc et un versoir et dont la fonction est d'accroître l'efficacité d'enfouissement de la charrue.



La charrue à socs est constituée de :

1. Age (ici courbé en étançon)
2. Système d'attelage
3. Dispositif de réglage
4. Coutre
5. Pointe
6. Soc
7. Versoir

La bande de terre est découpée verticalement par le coutre et horizontalement par le soc. Elle est ensuite soulevée par le soc et la partie antérieure du versoir. Le long de la partie postérieure du versoir, elle subit une rotation et un déport latéral qui l'amène en appui sur la bande précédemment retournée.

La rasette découpe en surface un petit volume de sol qui, projeté en fond de raie avant le passage du corps principal, se retrouve sous la bande retournée par le versoir. Suivant son type et sa position, la rasette permet ainsi d'enfouir plus ou moins profondément les résidus organiques et les mauvaises herbes.

Enfin, les charrues modernes sont équipées de dispositifs de sécurités dits "non-stop" qui permettent de travailler en présence d'obstacles dans le sol : grâce à des vérins hydrauliques ou à des ressorts, les corps s'effacent lorsqu'ils rencontrent un obstacle en profondeur (roche, souche).

II.2.5.1. Différents types de charrues à versoirs

Les charrues à versoirs se classent selon le type de labour et selon le mode d'attelage. Selon le type de labour, on distingue :

- ✓ **Les charrues simples** versent toujours les bandes de terre du même côté par rapport au sens d'avancement du tracteur. Deux largeurs de travail successives sont alors séparées par un ados ou par une dérayure : on parle alors de **labour en planches**. Les charrues simples ne sont plus

guère utilisées qu'exceptionnellement. Elles nécessitent en effet de longs déplacements pour permettre au tracteur de tourner autour de la planche.

- ✓ **Les charrues réversibles, les charrues à corps pivotant, ou les charrues quart de tour** offrent la possibilité de verser la bande de terre alternativement d'un côté ou de l'autre de l'axe d'avancement du tracteur, qui peut ainsi adosser toutes les bandes d'un même côté : on parle de **labour à plat**. Les systèmes d'attelage permettant de labourer hors raie (c'est à dire avec les quatre roues du tracteur circulant sur la partie non encore labourée, le guéret), sont peu répandus.

Selon le mode d'attelage, on peut aussi distinguer les charrues par leur mode d'attelage :

- ✓ **les charrues semi-portées** : sont attelées sur des barres de traction du relevage et reposent au sol par l'intermédiaire d'une ou de deux roues. La tête d'attelage est parfois articulée, ce qui facilite les manœuvres.
- ✓ **Les charrues avant**, réversibles, sont placées devant le tracteur grâce à une tête d'attelage modifiée. Cela permet une meilleure utilisation de la puissance du tracteur lorsque celui-ci est à quatre roues motrices. Cependant, ces charrues rendent la circulation difficile sur la route.

II.2.5.2. Réglages

La charrue est un outil difficile à régler. En effet, dans le cas du labour dans la raie, le tracteur est incliné puisque deux de ses roues circulent en fond de raie, alors que la charrue doit rester parfaitement horizontale pour assurer une profondeur de travail régulière. D'autre part, la charrue est un instrument dissymétrique, qui doit travailler de manière rectiligne. Les réglages à faire avant de labourer portent (dans cet ordre) sur : la profondeur, l'aplomb, le talonnage et le dévers de pointe.

- ✓ **La profondeur** est déterminée par le laboureur qui la choisit en fonction de la largeur de travail. Du rapport profondeur sur largeur dépend le degré d'inclinaison de la bande de terre. A largeur égale de travail, le labour sera d'autant plus couché que la profondeur de travail sera faible.
- ✓ **L'aplomb** doit être réglé de manière à ce que la charrue soit perpendiculaire au plan du sol, malgré l'inclinaison du tracteur.
- ✓ **Le talonnage** est le réglage qui assure le parallélisme du bâti de la charrue avec la surface du sol.
- ✓ Enfin, le **dévers de pointe** doit permettre à la charrue de travailler en ligne en compensant les efforts latéraux qui s'exercent sur l'outil.
- ✓ La **vitesse d'avancement** de la charrue fait partie des réglages : le degré d'émiettement et l'inclinaison dépendent de l'état du sol au labour (humidité, état structural) mais également de la vitesse au labour.
- ✓ Les rasettes, les versoirs, les coutres et les socs présentent des formes très variées, qui permettent d'adapter la charrue aux conditions locales de terrain et de système de culture.

Ainsi, il existe des rasettes polyvalentes, à fumier, à paille, à maïs. Les versoirs peuvent être hélicoïdaux, cylindriques ou universels (les premiers accompagnant la bande de terre plus longtemps la retournent mieux) ; ils peuvent être équipés de prolonges de versoir ; les versoirs losanges ont été conçus pour faciliter le passage des pneumatiques dans la raie et limiter le déport longitudinal ; enfin, plusieurs systèmes ont été testés pour diminuer le frottement de la terre sur le versoir, qui accroît très

fortement la force de traction en terre argileuse. Les systèmes les plus utilisés sont les versoirs à claire-voie. Le coutre peut être droit, circulaire ou intégré au versoir (cette dernière solution est désormais la plus employée).

Enfin les socs, lames plates ou légèrement incurvées, plus ou moins trapézoïdales, subissent une usure importante et peuvent être équipés d'un bec, d'une pointe ou d'un carrelot qui accroissent leur pouvoir de pénétration.

II.2.6. Cultivateur

Le terme "cultivateur" regroupe toute une famille d'outils à dents qui se différencient par la forme des dents, leur espacement, le poids et le dégagement sous bâti. Les cultivateurs lourds (4 à 5 dents au mètre, 60 à 75 cm de dégagement sous bâti) sont adaptés à des opérations de déchaumage et de reprise profonds, voire de décompactage en non labour. Les cultivateurs légers (4 à 7 dents au mètre, 45 à 60 cm de dégagement sous bâti) sont appropriés en préparation de lit de semences.



Les dents du cultivateur provoquent un fendillement de la terre sur leur passage. Les mottes sont alors projetées latéralement et s'entrechoquent, ce qui permet d'affiner la structure de la couche travaillée et d'incorporer éventuellement les résidus de culture. La terre fine glisse dans le sillon formé par la dent tandis que les mottes restent en surface. La souplesse de la dent, obtenue par différents types d'étauçons (double spire, avec ressort plat ou à spire) accroît l'effet de fragmentation de l'outil.

II.2.7. Différents types de cultivateurs

Les cultivateurs lourds sont souvent appelés "chisels" et les cultivateurs légers sont parfois baptisés



"vibroculteur" en fonction du type de dent. **Les cultivateurs lourds** sont principalement utilisés pour les déchaumages et les reprises profondes. Ils peuvent avoir des dents rigides (cintrées ou droites), semi-rigides ou flexibles. On peut compléter l'émiettement ou le mélange des débris végétaux avec le sol en ajoutant d'autres équipements à l'arrière du cultivateur (bêches roulantes, herse à peignes, roto-herse, rouleaux). Les socs qui équipent les dents sont de type extirpateur ou scarificateur ('patte d'oie').



Les cultivateurs légers sont équipés exclusivement de dents vibrantes en forme de "S" (étançon double spire) ce qui permet à la dent de vibrer longitudinalement et latéralement. Ce montage permet à la dent de s'effacer latéralement en cas d'obstacle. La section étroite de l'étançon limite les remontées de mottes et réduit les risques de formation de lards dans les sols à consistance plastique ou semi-plastique. Leur effet est

généralement complété par un nivellement du sol à l'aide de rouleaux cages, de bêche roulante ou de peignes.

II.2.7.1. Réglages des cultivateurs lourds et légers

Les réglages d'un cultivateur dépendent de son utilisation : reprise profonde ou superficielle, déchaumage, etc.

- ✓ **le réglage de la profondeur** se fait par l'intermédiaire des roues de jauge.
- ✓ **l'émiettement** dépend de plusieurs paramètres. Il est maximal si :
 - l'écartement entre les dents est faible,
 - la vitesse d'avancement est élevée,
 - les étançons vibrent longitudinalement et latéralement,
 - la consistance du sol est friable.
- ✓ **l'effacement du relief de surface**, souvent recherché en cas de reprise superficielle. Il est d'autant plus important que :
 - le nombre de dents est important,
 - la largeur des socs est faible,
 - le cultivateur est équipé de matériel comme cage roulante, herse peigne ou bèches roulantes.

II.2.8. Cultivateur rotatif

Les cultivateurs animés par la prise de force du tracteur sont connus depuis le début de la motorisation. **Très utilisés en maraîchage**, ces outils ne se sont véritablement développés en grande culture que depuis le milieu des années 70. Ils présentent le double avantage d'utiliser bien mieux que les outils attelés la puissance développée par le moteur et de diminuer l'effort de traction. L'efficacité des pièces travaillantes est en effet plus grande avec ce type d'outil, car la vitesse d'action des pièces travaillantes est bien plus élevée, la vitesse d'avancement se combinant à la vitesse propre de la dent. Ainsi, à travail identique, l'énergie nécessaire est du même ordre de grandeur qu'avec un outil simplement



traîné. Ces outils effectuent un travail d'émiettement très important sur **une profondeur qui peut aller jusqu'à 40 cm**. Le cultivateur rotatif à axe horizontal, également appelé **houe rotative**, comporte un rotor équipé de pièces travaillantes tournant de 100 à 300 tr/minute autour de l'axe horizontal perpendiculaire à l'avancement. Les pièces travaillantes sont des lames coudées de grande dimension (rotavoator) ou des lames droites (rototiller, cultirateur). La vitesse d'avancement

du tracteur conjuguée à la vitesse de rotation détermine l'émiettement, qui est extrêmement important

comparé à celui obtenu avec un outil simplement traîné. La présence d'un tablier réglable permet d'accroître encore cet émiettement par projection contre les tôles. Enfin, ces cultivateurs peuvent être associés à un semoir à céréales pour une implantation en un seul passage après le labour.

II.2.8.1. Réglages

La **profondeur de travail** se règle à l'aide de patins, de roues de jauge ou grâce au rouleau arrière. On peut jouer sur le **degré d'émiettement** en ajustant la vitesse de rotation des dents, leur nombre la position du tablier ou la vitesse d'avancement du tracteur.

La position du tablier joue également sur la **qualité de l'enfouissement des débris végétaux** : s'il est baissé, ces derniers sont recouverts par la terre fine résultant de l'éclatement des mottes sur la tôle ; s'il est levé, les débris restent plutôt en surface. Le type de pièce travaillante joue également sur le **degré de nivellement de la surface** : les lames coudées laissent un sol mieux nivelé que les lames droites.

II.3. Outils de travail superficiel du sol

Les outils à disques sont souvent utilisés pour ameublir le sol et détruire les mauvaises herbes. Suivant leur usage, les outils à disques sont appelés **déchaumeuses à disques** ou **pulvérisateurs à disques**.

Ces outils sont munis d'un ou plusieurs trains de disques dont l'angle d'attaque, réglable, dépend du travail à effectuer. *Par contre, contrairement aux charrues à disques, les disques sont disposés verticalement par rapport au sol.* Les disques ont la forme d'une calotte sphérique plus ou moins bombée, de diamètre plus ou moins grand et **dont le bord tranchant le sol est lisse ou crénelé**. Ils tranchent le sol sur une profondeur qui dépend de la taille et du poids de l'engin, découpant une bande de terre qui est ensuite partiellement retournée par le disque lui-même. Le mouvement de la terre dépend de la taille du disque et de sa courbure.

Pour augmenter l'efficacité de pénétration, le bord du disque peut être crénelé, mais dans ce cas, l'usure est plus rapide. Enfin, les disques peuvent être équipés de grattoirs (décrotteurs) qui raclent la terre collée à la pièce travaillante, afin de diminuer les forces de frottement.

II.3.1. Différents types d'outils à disques utilisés dans le travail superficiel du sol

On distingue différents types suivant la disposition et le nombre de trains de disques :

1. Les déchaumeuses à disques : Elles sont constituées d'un seul train de disques disposés en oblique par rapport au sens d'avancement.



2. Les pulvérisateurs "offset" ou "cover-crop" : Les pulvérisateurs "offset" possèdent deux trains de disques disposés en "V" ouvert latéralement, travaillant la même bande de terre avec des séries de disques



montés en opposition. Le train avant est en général muni de disques crénelés, facilitant ainsi l'attaque dans le sol non encore travaillé. L'angle d'attaque du train suivant est plus grand que celui du train avant. On distingue selon le mode d'attelage, les pulvérisateurs portés, semi-portés, traînés ou autoportés. Ils peuvent être déportés par rapport à l'axe du tracteur.

3. Les pulvérisateurs tandem : Les pulvérisateurs tandem possèdent quatre trains de disques disposés en "X". Ils sont de grande largeur (jusqu'à 8 m). Ces appareils travaillent de manière symétrique. Ils



s'alignent dans l'axe du tracteur. Ces outils sont proposés en trois gammes : légère (moins de 350 kg par mètre), moyenne (de 350 à 700 kg/m) ou lourde (plus de 700 kg/m).

Réglages des outils à disques

La profondeur du labour peut aller de 5 à 15 cm, la profondeur dépend essentiellement du poids des disques, de leur diamètre et du nombre de disques au mètre. La pénétration est accrue par l'angle d'attaque et l'emploi de disques crénelés à l'avant.

L'émiettement est d'autant plus important que l'angle d'attaque et la vitesse d'avancement sont grands. Il dépend aussi du type de disque : le sol est plus émietté par les disques tronconiques que par les disques sphériques.

L'enfouissement et le mélange sont accrus par la vitesse d'avancement, l'angle d'attaque et le nombre de trains de disques (ou de passages). Le mélange est donc plus homogène avec les pulvérisateurs (offset ou tandem) qu'avec une déchaumeuse à disques (un seul train de disques).

II.3.2. Autres outils utilisés dans le travail superficiel sol

II.3.2.1. Bineuse

La bineuse est un outil destiné à effectuer un travail très superficiel d'entretien du sol et de binage, dans des cultures disposées en ligne. L'objectif premier est de détruire les adventices. Cependant, en fragmentant la partie la plus superficielle du sol qui va ensuite s'assécher fortement, on crée une discontinuité dans le cheminement de l'eau du sol vers la surface : le binage contribue ainsi également à préserver l'eau du sol.



Les bineuses récentes travaillent sur plusieurs rangs à la fois (4 à 12). Elles comportent un bâti porté sur lequel peuvent coulisser les éléments bineurs et le dispositif de guidage, ce qui permet de s'adapter à différents écartements entre les rangs.

Elles sont portées sur le tracteur, à l'avant ou à l'arrière. Pour les machines frontales, le conducteur du tracteur peut gérer lui-même la direction de l'outil : le confort au

travail est meilleur.

Les bineuses portées à l'arrière, doivent être guidées, soit par une deuxième personne (modèles les plus anciens), soit par un dispositif d'autoguidage : des roues qui suivent un sillon tracé lors du semis ou bien simplement de grands disques qui stabilisent latéralement l'outil (et protègent les plantes du rang).

II.3.2.1.1. Différents types de bineuses

Parmi les types de bineuses, on distingue les outils fixes et les outils rotatifs. Sur les outils récents fixes, les socs (de scarifiage ou plus généralement d'extirpage) sont montés sur des étau flexibles et/ou vibrants. Ces machines sont équipées de protège-plants pour éviter les projections dommageables pour les cultures.

Les outils rotatifs sont de deux types : les premiers sont constitués de disques munis de pointes incurvées vers l'avant, montés sur des axes obliques. Les deuxièmes ont des rotors animés par la prise de force équipés de brosses en fil d'acier ou en matière synthétique.

II.3.2.2. Herse classique

Les herse sont destinées aux opérations de préparation du lit de semences. Elles permettent d'ameublir superficiellement le sol soit, de la nettoyer en ramenant à la surface les mauvaises herbes, de la niveler et d'enfouir les semences (objectif pour lequel elles ont été conçues à l'origine). Elles sont apparues au Moyen Age, en même temps que la charrue à versoirs.



Le bâti rigide est le plus souvent remplacé par un bâti articulé formé d'une série de compartiments articulés entre eux, ce qui permet d'épouser au mieux les irrégularités de la surface du sol. On distingue les herse sans terrage forcé (qui ne pénètrent dans le sol que grâce à leur propre poids) et les herse avec terrage forcé (qui pénètrent dans le sol grâce à leurs poids ou grâce à un vérin double-effet) permettant de mieux contrôler la profondeur du travail.

II.3.2.2. Différents types de herse classiques

Ce sont des **outils à pointes** dont les pièces travaillantes, ne présentant pas de soc, sont disposées verticalement sur un bâti rigide ou déformable. Il existe un très grand nombre de modèles de herse : dans le modèle classique, les pointes sont rigides et de section carrée montées sur un cadre, également rigide. Les progrès ont porté sur la forme des pointes et la structure du bâti. On dispose en effet maintenant de herse à pointes souples adaptées au désherbage des cultures en place (herse étrilles), à pointes longues (30 à 40 cm), dont l'extrémité est recourbée vers l'avant (diviseurs), de pointes plates et tranchantes (lames) destinées à la régénération des prairies en place (émousseurs, régénérateurs de prairies) ou de pointes flexibles droites, courbées (herse danoises) ou montées sur le bâti par l'intermédiaire d'un ressort (pointe rapportée), ce qui accroît leur effet de fragmentation.

D'une manière générale, les herse travaillent très superficiellement et à grande vitesse (8 à 15 km/h), les pointes étant animées d'un mouvement vibratoire régulier, entretenu par le mouvement de l'appareil. Les modèles classiques comportent entre 15 et 30 dents disposées en "Z".

II.3.2.3. Herse rotative

Les herse rotatives sont des outils de préparation du lit de semences. Les pièces travaillantes sont des dents tournant autour d'un axe vertical, animé par la prise de force du tracteur. Peu encombrantes, les herse rotatives peuvent être associées à d'autres outils ou à un semoir, ce qui permet de réaliser la préparation du sol et le semis en un seul passage.



Les herse rotatives comportent un certain nombre de rotors. Chacun est équipé de deux dents (en toute rigueur, il s'agit de pointes ou de lames) plus ou moins longues (30 à 33 cm pour les dents standard, jusqu'à 40 cm pour les dents longues) qui peuvent être de section carrée, ronde ou triangulaire. Elles sont montées légèrement inclinées par rapport à la verticale. Deux rotors voisins tournent en sens inverse.

Réglages de la herse rotative

La profondeur de travail ne peut être contrôlée que par un rouleau placé à l'arrière du travail. Elle est en général de 8 à 10 cm en préparation du lit de semences.

L'émiettement est d'autant plus important que la vitesse du rotor est élevée (elle peut varier entre 150 et 500 tr/min), la vitesse d'avancement est faible et de la consistance du sol est friable.

II.3.2.4. Herse alternative

Les herse alternatives ou "herse à barres oscillantes" sont des outils de reprise superficielle de labour et de préparation du lit de semences. L'énergie nécessaire au fonctionnement des pièces travaillantes est entièrement fournie par la prise de force du tracteur.

Les herse alternatives conviennent bien dans les sols à comportement intermédiaire. Comme les herse rotatives, peu encombrantes, elles sont souvent associées à d'autres outils. Elles permettent d'effectuer en un seul passage la reprise de labour, une préparation rapide du sol et le semis.



Elles sont constituées de 2 rangées parallèles de dents verticales en mouvement alternatif. Ces dents, au nombre de 10 par m de largeur de travail, sont généralement triangulaires et inclinées vers l'avant et d'une longueur d'environ 25 à 30 cm. La largeur de travail des herse

alternatives, est comprise entre 2,5 et 6 m.

Le rouleau émietteur vient systématiquement compléter cet outil. Il permet de contrôler la profondeur de travail, de calibrer l'émottage, de tasser la terre et de niveller la surface.

Réglages de la herse alternative

L'émiettement augmente avec la fréquence des oscillations. Il est également plus important à vitesse lente, surtout quand la consistance du sol friable. Sur certains modèles, il est possible de modifier la vitesse d'oscillation. **La profondeur** peut être réglée par le relevage du tracteur mais ce réglage ne peut être précis que par l'association d'un rouleau. La profondeur est en général de l'ordre de 8 à 10 cm.

II.3.2.5. Bêche roulante & outils auto-animés

Les bèches roulantes sont principalement utilisées pour les opérations de déchaumage. Il s'agit d'un outil qui n'est pas animé par la prise de force du tracteur, mais dont les pièces travaillantes sont mises en rotation par l'avancement de l'engin. On parle d'**outil auto-animé**, dont il existe plusieurs sortes



qui permettent de travailler rapidement en assurant un bon mélange de la terre et des débris végétaux.

On peut distinguer les bèches roulantes selon leur bâti (rigide, articulé ou auto-porté). Les pièces travaillantes sont des lames courbées, tranchantes à leur extrémité, de 38 à 44 cm de long, disposées en croix sur un arbre. Environ 40 cm séparent deux croisillons, décalés d'un huitième de tour. L'angle d'attaque est, en général, réglable.

Réglages de la bêche roulante & outils auto-animés

L'émiettement : il est d'autant plus important que l'angle donné aux arbres portant les bêches est grand et la vitesse d'avancement est élevée.

La **profondeur du travail** : on peut augmenter la pénétration des bêches dans le sol en augmentant l'angle des arbres. Dans un sol à consistance dure, il peut être nécessaire d'alourdir l'outil avec des masses.

L'**enfouissement du mélange** : il est accru par la vitesse d'avancement, l'angle d'attaque et le nombre de trains de bêches.

II.3.2.6. Rouleaux

Ces équipements sont **entièrement dédiés à la préparation des lits de semences** (à une exception près, le roulage des jeunes céréales ou des prairies pour favoriser le tallage). Ils agissent de façon très superficielle sur les sols, qu'ils tassent légèrement (on parle de rappuyage du lit de semences), tout en complétant l'action de fragmentation des mottes en surface.

A l'heure actuelle, **les rouleaux sont rarement employés seuls** : ils sont associés aux autres outils de préparation superficielle du sol. Les rouleaux sont utilisés depuis très longtemps, sous des formes diverses. Au début de la motorisation, ces instruments ont simplement été attelés au tracteur. Les types utilisés actuellement sont donc directement hérités de ceux employés du temps de la traction animale ; quelques modifications ayant simplement été apportées au bâti pour adapter ces matériels aux vitesses d'avancement élevées et aux grandes largeurs.

La diversité des formes et des poids des rouleaux s'explique par la complexité des problèmes à résoudre. Il faut en effet :

Le tasser légèrement le sol (pour améliorer le contact terre graine, favoriser les remontées d'eau par capillarité et éviter un assèchement trop rapide de la surface),

Le **niveler** (pour faciliter la récolte lorsqu'il faut que la barre de coupe passe très près du sol), parfaire l'action des outils précédents en **diminuant la taille des mottes en surface** tout en **triant les mottes et la terre fine**. Le tout en évitant les bourrages.

Comme pour toute action contribuant à la préparation des lits de semences, il faut adapter ces objectifs aux risques liés à la nature du sol et du climat (risque de dessèchement trop rapide du lit de semences, risque de formation d'une croûte de battance), aux exigences particulières de la culture à implanter ainsi qu'à la nature de la culture précédent.

II.3.2.6.1. Différents types les rouleaux lisses

Ils sont alors constitués d'un ou plusieurs éléments appelés billes, fabriqués en tôle de 5 mm, éventuellement remplis d'eau pour les alourdir. Lorsqu'on veut éviter de trop aplanir le sol, on utilise un rouleau de ce type dont la surface est ondulée. Les **rouleaux culti-tasseurs** (cultipackers en anglais) sont constitués de l'assemblage de 2 rouleaux, portant chacun des disques en fonte, parfaitement jointifs de 30 à 40 cm de diamètre. Les disques du rouleau avant sont plus grands que ceux de l'arrière et légèrement décalés par rapport à ceux-ci (d'une demi-largeur de rouleau). Ainsi, les

disques placés à l'arrière tassent la partie du sol qui n'a pas été touchée par les disques placés à l'avant. Le travail de fragmentation s'effectue par poinçonnement sur l'arête vive du disque. Lorsque la fragmentation des mottes s'avère particulièrement difficile, on peut utiliser deux trains de disques différents : lisses à l'avant, crénelés à l'arrière.

1. Les rouleaux squelettes : ils comportent de nombreux éléments, minces et non jointifs : les mottes sont donc écrasées par effet de poinçonnement sur l'arête de ces éléments et par écrasement entre eux.



Conçus sur un principe analogue, les **rouleaux spiralés** sont formés d'une spire d'acier continue.

De même, les **rouleaux cages** ("cages roulantes") sont constitués d'un bâti servant de support à des barres crénelées disposées en hélice.

2. Les rouleaux croskill : ils sont formés de disques en fonte montés sur un même arbre, un grand disque (60 cm) étant encadré de deux disques plus petits (40 à 50 cm de diamètre). Ainsi deux disques successifs ont toujours un diamètre différent et tournent à des vitesses angulaires différentes, les mottes sont alors laminées entre les disques.



De plus, ce dispositif assure un certain auto-nettoyage de l'outil. Chaque disque est crénelé sur sa périphérie et ses faces latérales, pour un meilleur écrasement des mottes. Ce type d'engin, utilisé pour la fabrication des lits de semences, exerce donc un effet d'émiettement très important. Les **croskillettes** sont conçues sur le même principe, mais sont

plus légères et les disques sont de plus petit diamètre (20 à 35 cm). Elles permettent de tasser légèrement le lit de semences sans trop faire de terre fine. De plus, les pièces travaillantes tournant plus vite que celles d'un croskill, les projections exercent un effet de triage plus significatif.

3. Les rouleaux étoile (herse norvégienne) : ils sont constitués de deux ou trois arbres sur lesquels sont montées des étoiles en fonte (diamètre 25 à 40 cm) tournant librement sur leur axe et s'emboîtant en hélice de manière à s'enchevêtrer pour éviter les bourrages et pratiquer un véritable auto-nettoyage de l'outil



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Anonyme, 2002. Memento de l'agronome, Ministère des Affaires étrangères, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), Groupe de recherche et d'échanges technologiques (GRET), 1698 p.

Bishop C., 1997. *Guide pratique pour la préparation d'une stratégie de mécanisation agricole*, AGSE, FAO.

Delenclos S., 2013. *Les énergies renouvelables*, 98 p.

Gifford R.C., 1993. *Génie agricole et développement : élaboration d'une stratégie en matière de mécanisation*, Vol. I - Concept et principes, FAO Bulletin des services agricoles 99/1, Rome, Italie.

Houmy K. 2008. *Guide de formulation d'une stratégie de mécanisation agricole : Etude de cas: stratégie nationale de la mécanisation agricole au Mali*. Organisation des Nations Unies Pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, 65 p.

Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, 2005. *Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens*, France, 125 p.

Fiche d'entretien des tracteurs

ORGANES ET OPERATIONS	PERIODICITE				
	6-10 heures	100 heures	200 heures	600 heures	1200 heures
Moteur					
Vérifier niveau d'huile moteur et faire l'appoint au besoin	X				
Rechercher les fuites et déterminer la cause et circonscrire/réparer	X				
Vidanger changer d'huile moteur NB : 1^{ère} vidange 50 heures après mise en service			X		
Révision générale : serrage, fixation, distribution				X	X
Circuit de refroidissement					
Vérifier le niveau liquide de refroidissement et les fuites (radiateur ou bocal d'expansion)	X				
Vérifier la tension de la courroie, son état et celui des pales du ventilateur (tendre ou remplacer si nécessaire)	X	X			X
Nettoyer le radiateur (externe)	X				
Laver le radiateur et remplacer le liquide avec une solution appropriée					X
Transmission : Embrayage, Boîte à vitesses et ponts					
Vérifier le niveau d'huile dans les différents compartiments et faire l'appoint si nécessaire		X			
Vérifier le bon fonctionnement de l'embrayage et faire les réglages si nécessaire			X		
Graisser les articulations et autres		X			
Vidanger le pont					X
Direction et Circuit hydrostatique					
Vérifier le niveau de d'huile et les fuites	X				
Graisser tous les points pivots, rotules		X			
Vérifier et régler les jeux si nécessaire			X		
Circuit hydraulique					
Vérifier le niveau de fluide et faire l'appoint si nécessaire	X				
Rechercher les fuites	X				
Remplacer les filtres				X	
Nettoyer la crépine			X		
Vidanger					X

ORGANES ET OPERATIONS	PERIODICITE				
	6-10 heures	100 heures	200 heures	600 heures	1200 heures
Cabine/tableau de bord					
Vérifier fonctionnement des instruments	x				
Vérifier la fixation				x	
Châssis, attelage et pneumatiques					
Vérifier le serrage des boulons de roues		x			
Graisser tous les points	x				
Vérifier l'état des organes d'attelage	x				
Vérifier la pression dans les pneus et extraire les corps étrangers	x				
Circuit d'alimentation en gasoil					
Vérifier les fuites	x				
Purger le séparateur d'eau		x			
Remplacer les filtres			x		
Laver le réservoir					x
Batterie et circuit électrique					
1 Vérifier les cosses	x				
2 Vérifier le niveau et l'état de l'électrolyte		x			
3 Vérifier les fils et l'installation en générale		x			
4 Graisser l'alternateur		x			
5 Pour le remisage : charger et débrancher la batterie				À tout moment	