7. Les matériels agricoles d'usage courant

7.1 Les araires

Les araires existent depuis des millénaires et constituent, en nombre, le matériel à traction animale le plus répandu dans le monde. Leur évolution au cours des siècles, et les différents modèles d'usage courant dans diverses régions du monde, ont été étudiés en détail par HAUDRICOURT et DELAMARRE en 1955 et par HOPFEN en 1969.

L'araire étant symétrique de part et d'autre de la ligne de traction, au fur et à mesure que le soc et le sep avancent dans le sol, ils l'éclatent et le remuent des deux côtés de la même façon. Contrairement aux charrues à versoir, les araires ne retournent pas systématiquement le sol. Ces matériels comportent généralement un long timon en bois relié à l'attelage; le sep, en bois, est équipé d'un soc métallique. Beaucoup d'araires n'ont qu'un seul mancheron en bois et peuvent être conduits d'une main (Fig. 7-1; 7-2). Certains araires, notamment les plus répandus en Egypte, sont équipés de manchérons doubles, mais la conduite d'une seule main reste possible lorsque les conditions de sol sont bonnes.

La largeur et la profondeur de travail de certains araires, notamment la *maresha* éthiopienne, étant faibles, les sillons et les billons obtenus avec ces matériels sont irréguliers et peu marqués. La destruction des adventices et la préparation du lit de semence sont réalisés en effectuant plusieurs passages croisés successifs (généralement au moins trois). La répétition des opérations permet de travailler la quasi totalité du sol, le dernier passage le laissant dans un état comparable à celui

Fig. 7-1: Utilisation de la maresha en Ethiopie. (Photo: Paul STARKEY)

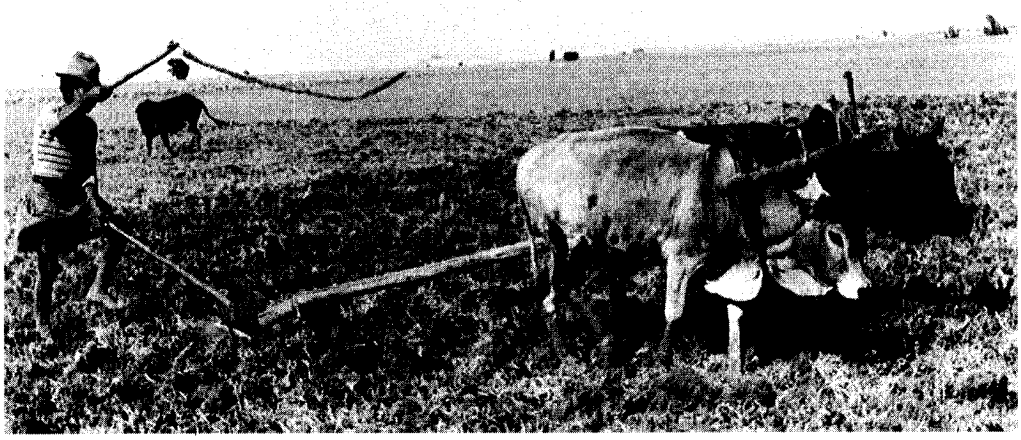
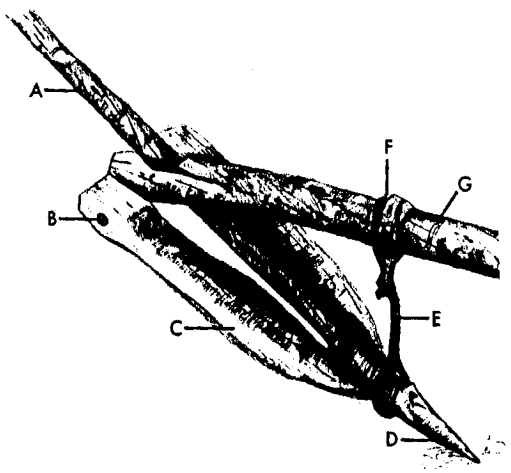


Fig. 7-2: Labour à l'araire en Egypte; on remarquera que le paysan n'utilise que l'un des deux mancherons pour diriger l'araire. (Photo: Paul STARKEY)

obtenu avec une herse. Les adventices ne sont pas enterrées, mais généralement arrachées et laissées à la surface du sol avec les pierres et les autres déchets, ce qui, en zones semi-arides, peut constituer un moyen efficace de destruction des adventices.

Fig. 7-3: La maresha éthiopiene.
A: Mancheron; B: Broche; C: Ailes; D: Soc; E: Tenaille; F: Sangle en cuir; G: Timon.
(Source: GOE, 1987)



D'autres araires (notamment les «body ards» et des «sole ards» utilisés en Inde et en Afrique du Nord) sont équipés d'un large «corps de charrue» en bois (Fig. 7-5) qui passe derrière le soc dans le sol, et le brise sur une assez grande largeur. Bien que ce type d'araires ne retournent pas vraiment le sol, ils sont souvent utilisés de façon systématique pour labourer les champs en un seul passage, arrachant les adventices, les enterrant ou les laissant déracinées sur le sol. Cette technique permet une préparation rapide et satisfaisante du lit de semence après hersage à l'aide d'une herse-cultivateur ou d'une lame-niveleuse, par exemple.

On a fait valoir que la conception symétrique des araires les rendaient impropres à une utilisation dans le cadre de techniques de conservation des sols et de l'eau (culture en courbes de niveau ou en planches, par exemple) qui impliquent le recours à des matériels rejetant la terre d'un seul côté. Pour éliminer cet inconvénient, des araires classiques ont été équipés d'ailes ou de ver-

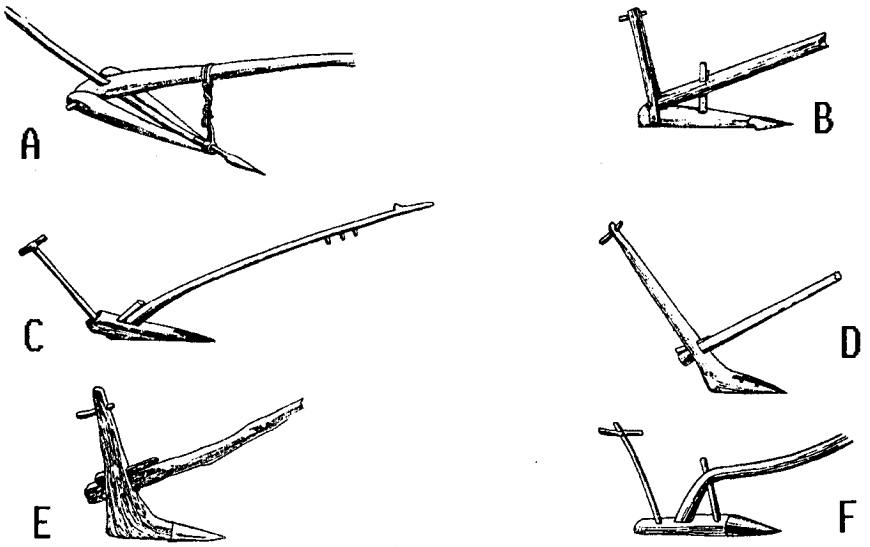
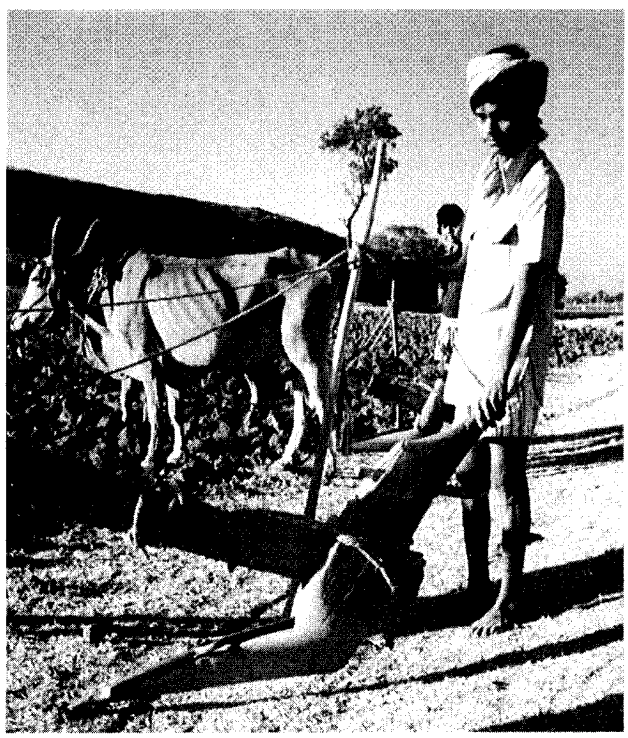


Fig. 7-4: Araires. A: maresha; B: araire égyptiene; C: araire népalais; D: araire indien; E: araire afghan; F: araire chypriote. (Source: HOPFEN, 1969)

Fig. 7-5: Un araire dans le Centre de l'Inde. On compte en Inde 30 millions d'araires de conceptions différentes. (Photo: Paul STARKEY)



soirs. Ces modifications ont fait l'objet de recherches récentes en Ethiopie, et ont été décrites par JUTZI, ANDERSON et ABIYE ASTATKE (1986, 1988).

L'araire de type *maresha* (Fig. 7-1; 7-3) est le matériel à traction animale le plus couramment utilisé en Ethiopie, où l'on en compte environ trois millions en service. La *maresha* a été récemment minutieusement étudiée par une équipe de chercheurs du CIPEA (GRYSEELS *et al.*, 1984; GOE, 1987). Généralement, les agriculteurs éthiopiens construisent eux-même leurs matériels avec du bois et du cuir disponibles sur place, mais ils achètent les socs chez les forgerons locaux. Pour les premières opérations de préparation du sol, on utilise un soc de 5 cm, et, dans les conditions-types des hauts-plateaux éthiopiens, une paire de bœufs d'environ 290 kg chacun; la profondeur de labour est de 9-15 cm et l'effort de traction de l'ordre de 1 kN. Au cours des quatre premières opérations le rendement peut être d'environ 210 m/heure, soit 48 h/ha/opération (GOE, 1987). D'après certaines expérimentations, l'utilisation de charrues à versoir permettrait de réduire de 50% la durée totale des opérations (ABIYE ASTATKE et MATTHEWS, 1982, 1983, 1984). Mais la plupart des tentatives d'introduction de charrues à versoir auprès des paysans éthiopiens ont échoué, notamment en raison du coût et du poids trop élevés de ces matériels, mais aussi en raison de leur faible durée de vie et des problèmes rencontrés au niveau de l'approvisionnement en pièces de rechange et des réparations par les artisans villageois (GOE, 1987).

Les araires sont encore monnaie courante en Afrique du Nord, même dans des pays comme le Maroc et la Tunisie où l'on peut facilement se procurer des charrues à versoir. Au Maroc, les araires peuvent durer très longtemps, voire se transmettre de génération en génération (ELBATNANE, 1983).

Au cours de ces dernières années, malgré les efforts (et les subventions) du gouvernement égyptien pour promouvoir la motorisation agricole, les artisans continuent à fabriquer des araires traditionnels pour répondre à l'importante demande des petits agriculteurs qui, dans leur grande majorité, utilisent ces matériels ancestraux.

En dépit de son ancienneté, l'araire ne devrait plus être un thème d'étude n'offrant d'intérêt que pour les archéologues et les historiens. L'utilisation des araires est encore très largement répandue en Asie, en Afrique et en Amérique latine, et ce, malgré la promotion et la diffusion des charrues à soc. Les araires sont parfaitement adaptés à bien des systèmes de production actuellement pratiqués, et l'exemple indien illustre bien la place qu'ils continuent à occuper. Ainsi, bien que ce pays fabrique, depuis des décennies, des charrues à versoir de type occidental, de bonne qualité et à des prix raisonnables, leur diffusion est très lente; de 1951 à 1972 le nombre de charrues à soc est passé de un à cinq millions (SHANMUGHAM, 1982), mais il faut considérer cette donnée qui peut, en valeur absolue, sembler considérable, par rapport à l'augmentation du nombre d'araires traditionnels (de 32 à 39 millions) et à l'essor des semoirs, notamment des semoirs de précision (de moins d'un million à quatre millions pour la même période).

La conception des araires a évolué tout au long des siècles et des millions d'agricul-

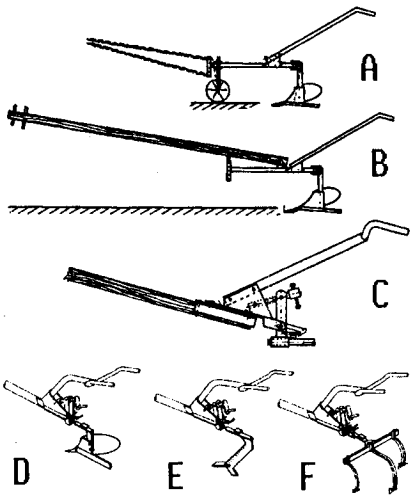


Fig. 7-6: L'évolution de la Kanol. La Houe Sine (A) fut équipée d'un grand timon d'araire (B) pour donner un nouveau prototype de porte-outils polyvalent (C); J. NOLLE dota alors ce modèle de deux mancherons et le modifia pour permettre d'y adapter un corps de charrue (D), des dents de sous-solage (E), des dents de sarclage (F) et d'autres outils. Malgré les nombreuses expérimentations réalisées, ce matériel ne connût qu'un succès limité auprès des paysans.
(Source: Jean NOLLE, 1986)

teurs ont pu en apprécier les avantages à l'usage. Parmi les caractéristiques conceptuelles les plus courantes nous citerons:

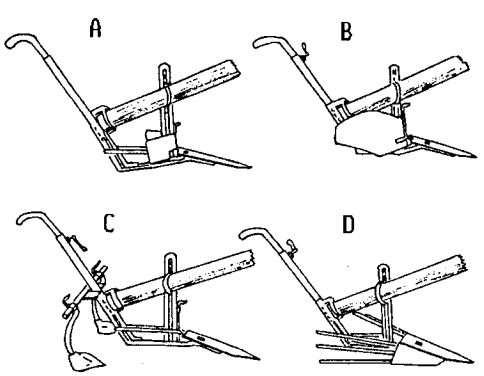
- L'utilisation d'un soc simple, symétrique, à angle fixe par rapport au sol,
- L'utilisation d'un long timon (au lieu d'une chaîne) entre le corps du matériel et l'attelage,
- L'emploi d'un mancheron unique,
- L'utilisation de matériaux et de techniques de construction permettant la fabrication par des artisans locaux.

Comme permet d'en conclure le succès remporté par l'araire, lorsque de telles caractéristiques sont réunies, elles peuvent déboucher sur des matériels d'utilisation facile. Cependant, il n'est pas évident de déterminer quelles sont les caractéristiques les plus discutables, celles que l'on doit modifier, et celles que l'on doit intégrer sur d'autres matériels à traction animale. Quelques recherches actuellement menées dans ce domaine peuvent peut-être nous fournir quelques éclaircissements.

Le CEEMAT a entrepris des recherches sur l'utilisation de dents pour le travail du sol en conditions semi-arides (Fig. 7-8). Elles ne sont pas fixées sur un timon en bois (comme dans le cas des araires), mais sur un age ou un porte-outils métallique, comme cela se pratique communément en Afrique sud-saharienne. Il est trop tôt pour savoir si ces dents donneront des résultats parfaitement satisfaisants, mais les premiers rapports publiés sur des essais effectués en conditions réelles semblent encourageants (Le THIEC et BORDET, 1989).

Au Pérou, des recherches sont effectuées sur la mise au point d'un matériel combinant

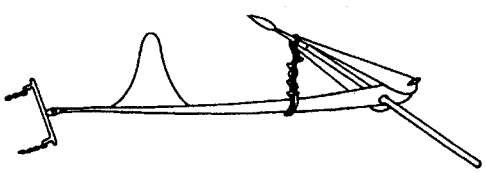
Fig. 7-7: Prototype de porte-outils basé sur un araire péruvien traditionnel.
A: Corps de charrue standard; B: Corps de butteur; C: Sarcleuse; D: Souleveuse de pommes de terre.
(Source: HERRANDINA, 1987)



différentes caractéristiques des araires traditionnels et celles de multiculteurs pouvant recevoir différents outils pour le buttage, le sarclage, l'arrachage de pommes de terre et le labour (Fig. 7-7). Si la grande majorité des principes d'utilisation demeurent les mêmes, en revanche, la complexité de fabrication, d'assemblage et de réglage de l'araire s'est nettement accrue. Ce matériel est depuis peu commercialisé au Pérou (HERRANDINA, 1987), et expérimenté en milieu réel au Niger (Projet Productivité de Niamey), mais il n'a pas encore franchi le stade de l'adoption massive de la part des paysans.

En 1974, l'ingénieur français Jean NOLLE a mis au point, au Nicaragua, un multiculteur muni d'un long timon et associant les principes de l'araire local et ceux de la «Houe Sine» (Fig. 7-6). Ce matériel a été par la suite amélioré et commercialisé sous le nom de «Kanol» (NOLLE, 1986). Plus il s'est développé et plus il a perdu ses origines communes avec l'araire, exceptée celle du long timon. Il s'agit d'un matériel métallique, assez évolué, dirigé à l'aide de deux mancherons en acier (et non d'un seul) et qui peut être équipé de toute une gamme d'outils métalliques. Par rapport à un araire il est (comme d'autres multiculteurs métalliques), compliqué, cher et difficile à fabriquer. Bien que le Kanol ait été expérimenté dans plusieurs régions du monde, il n'a jamais connu le même succès, ni la même popularité, que l'araire traditionnel ou que la Houe Sine.

Fig. 7-8: La maresha modifiée, mise au point en Ethiopie par le CIPEA pour une utilisation avec un seul animal; l'age a été raccourci, et le matériel équipé d'un patin et d'un palonnier. Malgré les résultats encourageants obtenus en station, ce modèle n'a pas été accueilli très favorablement par les paysans. (Source: CIPEA, 1983)



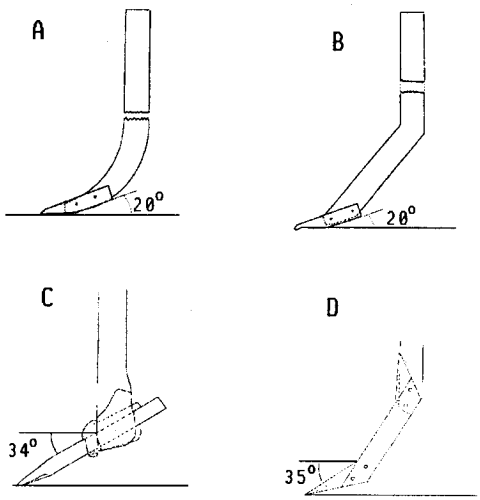


Fig. 7-9: Prototype CEEMAT de dent de scarifiage; la version D («RR»: Réversible à ressort) en acier mangano-siliceux a donné les meilleurs résultats.
(Source: LE THIEC et BORDET, 1989)

En Ethiopie, le Centre International pour l'Elevage en Afrique (CIPEA) a transformé la maresha locale pour pouvoir l'utiliser avec un seul animal (CIPEA, 1983b). Pour cela il a fallu remplacer le long timon par un timon plus court et un patin-support relié à un palonnier et à des traits. L'acceptation des agriculteurs est demeurée faible jusqu'à nos jours. Tous ces changements (un seul animal, différents modèles de jougs et de traits) ayant été introduits en même temps (et par conséquent, confondus dans les statistiques), il est difficile de définir si c'est le changement de longueur du timon de la maresha, ou tel facteur plutôt qu'un autre, qui méritait d'être modifié.

Si, dans l'histoire de la diffusion des araires au niveau mondial, les mouvements de populations et la colonisation ont joué un grand rôle dans le passé, il ne semble pas que des araires aient été introduits avec succès au cours de ces dernières années. Depuis plus de cinquante ans, à la suite de missions qu'ils ont effectuées en Asie, des responsables de programmes sur la traction animale en Afrique sub-saharienne ont formulé des recommandations précises pour évaluer dans leurs régions le matériel traditionnel de type asiatique, en bois. Mais, seules quelques rares recommandations ont été suivies d'effet à très petite échelle, et aucune n'a débouché sur une adoption significative de la part du paysannat. L'échec apparent de telles initiatives est peut-être imputable à la mise en évidence de défauts techniques propres aux charrues métalliques à versoir, ou aux difficultés rencontrées lors de la formation des artisans locaux à la fabrication d'araires en bois. Au niveau d'une nation ou d'un projet de développement, la commande de matériels métalliques fabriqués industriellement aurait pu être réalisable du point de vue administratif et se révéler commercialement rentable. Mais ceci n'aurait toutefois pas empêché les ONG de diffuser l'utilisation des araires en Afrique. Les défenseurs des araires font valoir que si l'on ne rencontre pas ce matériel au sud du Sahara c'est simplement parce qu'il n'a bénéficié d'aucune promotion, mais les «adversaires» considèrent que si les araires sont absents de cette région, c'est précisément parce que ceux qui y ont été expérimentés ont subi un échec auprès des paysans.

Par conséquent, si les araires sont, à l'évidence, très efficaces dans les systèmes de production où ils sont employés traditionnellement (notamment en Afrique du Nord et en Ethiopie), il n'est pas certain qu'ils soient appelés à jouer un rôle primordial ailleurs en Afrique. En conclusion:

- Les araires ne doivent pas être abandonnés sous le seul prétexte qu'il s'agit d'une technologie simple et désuète

- Les caractéristiques conceptuelles sur lesquelles repose leur grande popularité doivent être prises en compte lors de la conception d'autres matériels à traction animale.

7.2 Les charrues à versoir

Les charrues à versoir sont asymétriques par rapport à la ligne de traction. Elles rejettent la terre sur un seul côté en la retournant. Le degré de retournement dépend de la cohésion du sol et de la forme du versoir, et c'est en retournant le sol d'un côté que ces charrues forment les sillons, l'un après l'autre. En retournant ainsi la terre de chaque sillon et en la rejetant dans le sillon précédent, le paysan laboure la totalité du champ en un seul passage et recouvre de terre les adventices et autres résidus de surface.

Historiquement, c'est essentiellement pour la riziculture inondée et en climat humide, et pour les cultures pluviales en climat tempéré, que les charrues à versoir ont été mises au point; dans ces conditions, elles assurent un labour assez rapide tout en permettant une destruction efficace des adventices, et l'enfouissement des matières organiques. On peut citer, parmi les avantages que représente le retournement du sol en climat tempéré: une meilleure aération et un meilleur drainage du sol, et l'exposition de ce dernier à l'action des agents atmosphériques

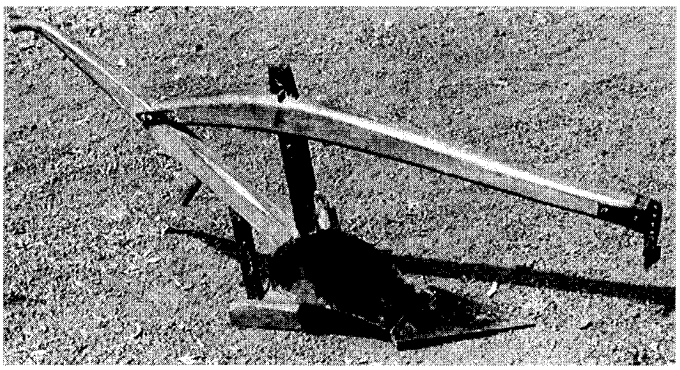


Fig. 7-10: Araire chinois en bois à un seul mancheron et soc symétrique en fonte. (Photo: Paul STARKEY)

qui accélèrent l'ameublissement de la couche superficielle du sol En revanche, en conditions tropicales, notamment en zones semi-arides, le retournement du sol peut constituer un inconvénient dans la mesure où il risque d'accélérer l'évaporation et la décomposition de l'humus; dans ces régions, un sol finement pulvérisé peut, en effet, être dangereusement exposé à l'érosion éolienne et aux fortes pluies.

On trouve en Chine, au Japon et en Asie du Sud-Est depuis plus de deux mille ans, des charrues à versoir sans roues et munies d'un seul mancheron qui s'utilisent essentiellement pour la riziculture, et des charrues modernes reprenant les conceptions du passé: simple châssis en acier ou en bois, et mancheron unique sur lequel sont fixés un soc et un versoir métalliques, symétriques (Fig. 7-10).

L'usage des charrues à versoir en Europe remonte sensiblement à la même époque. Les premiers modèles de ce type étaient pour la plupart en bois; ils étaient équipés de versoirs plats en bois et d'un avant-train à deux roues supportant le timon. Le bois est resté pendant des siècles le principal matériau de construction, tandis que se répandait la fabrication de composants métalliques. Il n'y a qu'un siècle, environ, que l'on peut trouver de l'acier de bonne qualité et à un prix lui permettant d'être utilisé en remplacement du bois dans la construction des charrues de type occidental. Les charrues métalliques à versoir ont acquis le statut de matériels-types de travail du sol en Europe, en Amérique du Nord et dans toutes les régions tempérées du globe, et elles ont souvent, au cours de ce siècle, pris une place de plus en plus importante dans les pays utilisant des araires traditionnels. Différents types de charrues à versoir ont été introduits en Afrique sub-saharienne où elles sont souvent devenues le principal matériel de culture attelée.

Au cours du vingtième siècle, toute une gamme de charrues à versoir ont été expérimentées en Afrique et à partir des modèles sélectionnés dans différents pays, on a pu définir des caractères généraux. La plupart des corps de charrue se composent d'un élément central, ou *sep* sur lequel sont fixés le *soc* qui découpe une bande de terre, le *versoir* qui provoque le retournement de la bande de terre et le *contre-sep* qui se termine par le *talon* et assure la stabilité horizontale,

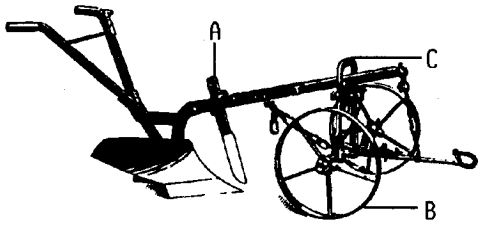
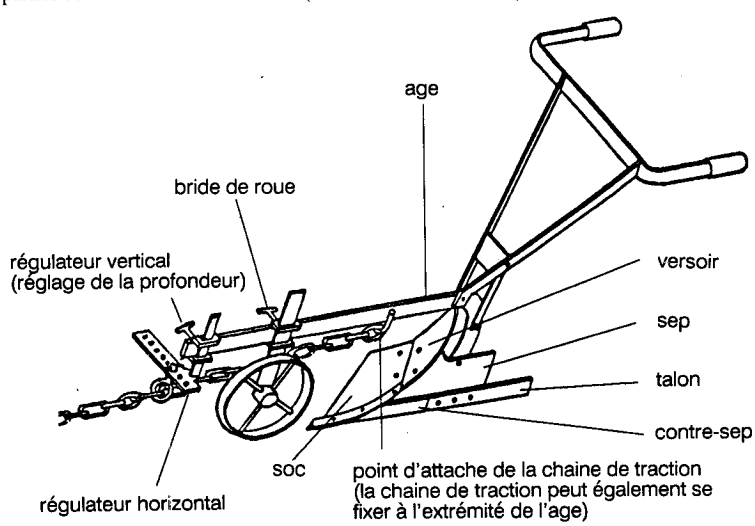


Fig. 7-11: Charrue à versoir d'utilisation courante en Europe, mais plus rare en Afrique.
A: coutre; B: roue de raie; C: avant-train.
(Source: VIEBIG, 1982)

et la stabilité longitudinale ou talonnage. Le talon sert à régler la profondeur de travail de la charrue et son talonnage et, en tant que pièce d'usure, doit être détachable pour pouvoir être remplacé indépendamment du contre-sep. L'emploi de boulons à têtes fraisées s'est généralisé pour limiter les phénomènes d'usure et de frottement; un collet de section carrée permet de les serrer ou de les desserrer sans nécessité de posséder une clef hexagonale; un tel système d'assemblage implique que les pièces détachées, tels les socs, soient équipées d'orifices taraudés de même dimension. (De fait, cette caractéristique pose des problèmes aux forgerons des villages et aux petits ateliers, car il est bien plus difficile de faire un trou carré que de percer un trou rond). Le sep est boulonné sur l'age, lui-même généralement constitué d'une pièce métallique recourbée, et de section rectangulaire ou en «I»; sa longueur est généralement de l'ordre d'un mètre, ce qui est court par rapport aux anciennes charrues de type européen. Le point d'attache de la chaîne de traction peut être situé sur l'age ou à son extrémité, sur un *régulateur horizontal*; dans les deux cas il y a suffisamment de place à l'extrémité de l'age pour permettre le réglage horizontal et vertical de la chaîne de traction. Une roue de profondeur réglable est fixée à l'avant de l'age et sert à régler la profondeur de travail et le talonnage. La plupart des charrues métalliques utilisées en Afrique sont équipées de deux mancherons (Fig. 7-13).

Ces matériels désormais classiques sont issus de l'étude d'une grande variété de modèles. Ils sont le résultat d'un compromis

Fig. 7-12: Les parties constitutives d'une charrue. (Source: DIBBITS, 1987)



entre la nécessité d'un faible coût, la simplicité, la légèreté et la maniabilité d'une part, et l'excellence technique au travail d'autre part. Divers éléments tels les coutres, les roues de sillon et les corps réversibles, fort appréciés en Europe, n'ont été que peu repris. En effet, dans la plupart des cas, ces raffinements se traduisaient par un accroissement du coût, de la complexité et des efforts de traction requis, plus important que le gain obtenu en termes de rendements.

Si les coutres étaient de règle sur les charrues de type européen, et jugés particulièrement efficaces en terrains enherbés, en Afrique ils n'ont que rarement été utilisés en dehors des stations. Les coutres, droits ou circulaires, sont fixés sur l'age devant le corps de la charrue et permettent d'obtenir une découpe franche de la végétation et du sol. Ils permettent par ailleurs d'améliorer la stabilité et la linéarité des sillons, mais ils augmentent la force de traction requise, le prix et le poids de la charrue, ainsi que le nombre de réglages à effectuer. Les coutres circulaires offrent moins de résistance que les coutres droits, mais ils sont plus chers et ont tendance à glisser sur les sols durs, réduisant ainsi la pénétration.

Les charrues du type à avant-train et *une deuxième roue de raie* de plus grand diamètre (Fig. 7-11) telles qu'on les utilisait en Europe, ont été peu adoptées dans les pays en développement, bien qu'elles y aient été introduites et soumises à de nombreuses expérimentations. La roue de raie, comme son nom l'indique, se déplace dans le fond de la raie et son rôle principal est d'assurer l'aplomb et la stabilité latérale de l'instrument. Des adaptations ont été faites sur des porte-outils intermédiaires comme l'*Ariana* et adoptées à petite échelle dans certains pays.

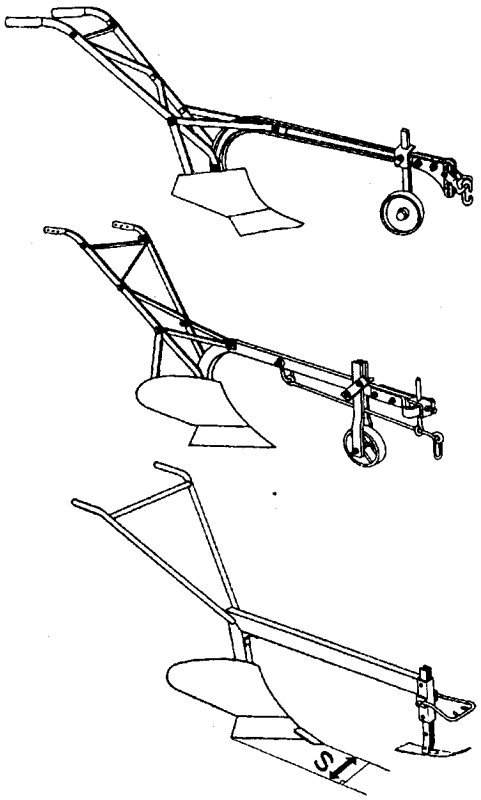


Fig. 7-13: Charrue à versoir.
En haut: Charrue avec chaîne de traction s'attachant directement au régulateur horizontal; fabriquée industriellement par UFI en Tanzanie.
En milieu: Charrue à traction par tringle fabriquée en moyenne série par NORTHLANDS en Zambie.
En bas: Prototype de charrue à patin proposé au Kenya.
S = largeur de travail du soc. (Source: OIT, 1983)

Cette seconde roue améliore la tenue de la charrue au travail, ce qu'illustrent parfaitement les démonstrations réalisées «sans les mains» avec des charrues ainsi équipées (Fig. 7-15). Malgré les avantages de cette roue supplémentaire, ces charrues ne sont pas très populaires en Afrique, vraisemblablement parce que les paysans jugent que l'augmentation du prix, du poids, de l'effort de traction et de la complexité qu'elles impliquent n'est pas justifiée.

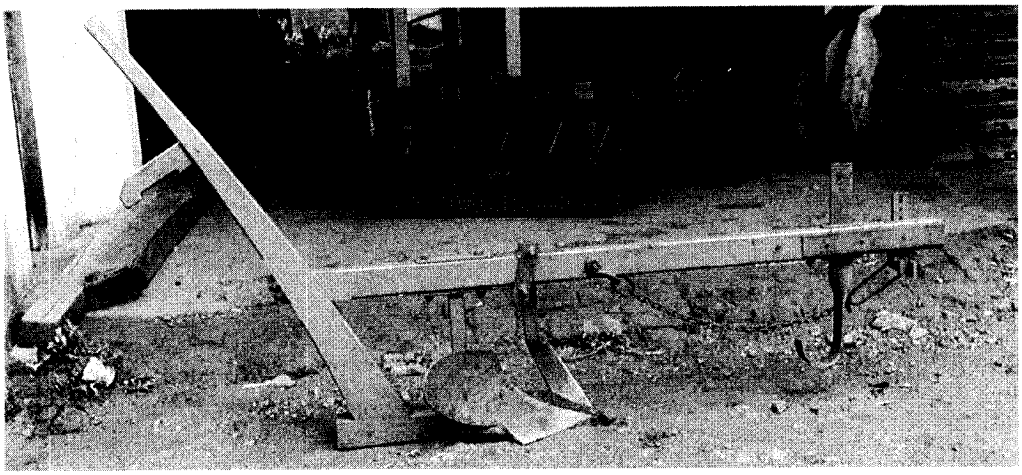


Fig. 7-14: Au premier plan, un prototype de charrue mise au point au Zaïre, par une ONG, et construite ensuite par des artisans; l'age, le coutre et le patin sont en bois. Bien que l'emploi de coutres soit assez rare en Afrique, ce modèle de charrue en a été doté pour pouvoir travailler des terres envahies d'adventices à rhizomes.
(Photo: Paul STARKEY)

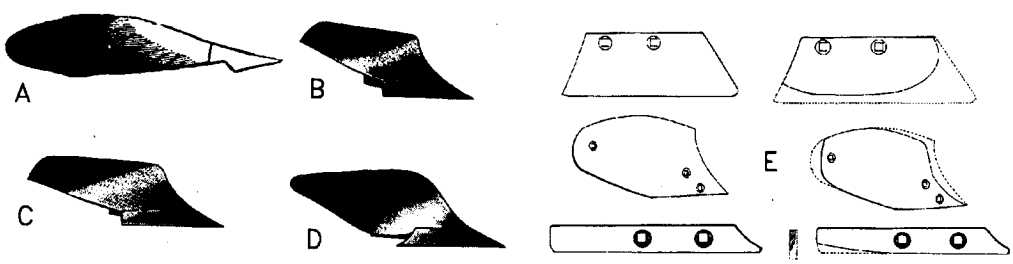
En revanche, un autre accessoire, la roue de guéret, a été quasi-universellement adoptée pour les cultures pluviales. Ces roues ne sont pas indispensables et peuvent même constituer un réel inconvénient en cultures inondées; les charrues traditionnelles de types japonais et chinois n'en comportaient d'ailleurs pas. Néanmoins, les araires du type sans roue, requièrent un plus grande effort sur les mancherons pour régler la profondeur de travail et limiter le talonnage, en particulier lorsque les animaux accélèrent ou ralentissent. Un simple patin (Fig. 7-13, 7-14) en bois ou en métal a le même effet

Fig. 7-15: Démonstration au Lesotho d'une porte-outils polyvalent Ariana équipé de deux roues et d'une charrue à versoir; on remarquera que la charrue n'est pas conduite. Marchant derrière la charrue, à gauche, Jean NOLLE, l'inventeur de l'Ariana. (Photo: Peter MUNZINGER)

qu'une roue pour stabiliser la charrue et l'empêcher de labourer trop profond. Lorsque le sol est très boueux ou la végétation de surface abondante un patin a moins tendance à bourrer qu'une roue. D'autre part les patins sont moins onéreux, plus faciles à fabriquer et demandent beaucoup moins d'entretien que les roues. On peut mesurer l'ampleur du problème que pose l'entretien de ces roues au nombre de fois où l'on a vu (ou ... «entendu»!) une roue de guéret voilée présentant des paliers, des rayons ou même un moyeu, usés à l'extrême. Toutefois, un patin oppose plus de résistance à l'avancement et se révèle moins pratique pour le transport de la charrue d'un champ à l'autre et pour les virages en tournières; ils sont par conséquent moins répandus que les roues.

La longueur et la forme du versoir ont une grande influence sur la qualité du labour. Selon un système de classification des charrues pratiqué en Europe, et aujourd'hui largement dépassé, était reconnu comme corps de charrue *universel ou tous usages celui* comportant un long versoir légèrement courbé, qui respectait la cohésion du sol en traçant de longs ados continus généralement retournés à 135 et formant un angle de l'ordre de 45 par rapport à l'horizontale. De tels corps de charrue se rencontrent rarement dans les pays en développement, même si certains manuels de formation semblent avoir été rédigés à partir de l'hypothèse que de tels matériels sont d'usage courant. Sur les charrues à versoir *cylindrique*, le versoir est plus court et provoque l'éclatement du sol lorsqu'il le retourne. En Afrique, la plupart des charrues que l'on utilise sont à versoir *cylindrique ou cylindro-hélicoïdal* (Fig. 7-13). Ces charrues peuvent également être équipées de versoirs *semi-hélicoïdaux* (Fig. 7-16), et ces diverses formes impliquent des différences majeures dans la qualité de la préparation du sol. Le choix du bon modèle dépend non seulement du type de sol mais aussi de la période laissée entre le labour et le semis. Pour une mise en culture rapide sur des sols relativement légers et sablonneux, un versoir court et cylindrique (particulièrement simple à fabriquer), permet d'éclater et d'ameublir le sol avant un hersage léger ou le semis. Un versoir semi-hélicoïdal effectue un retournement plus progressif, bien adapté aux régions très enherbées et en climat particulièrement humide où il est indispensable d'enfouir totalement les adventices. Ce type de versoirs s'utilise

Fig. 7-16: Versoirs et pièces d'usure.
A: Versoir hélicoïdal allongé de type européen, peu employé en Afrique; B: Corps à usages multiples; C: Versoir hélicoïdal; D: Versoir cylindro-hélicoïdal; E: Usures «type» se produisant au niveau du versoir, d'un soc à taillant droit et du contre-sep. (Source: LCC, 1984; AETC, 1986)



généralement de préférence dans les régions à sols compacts et on l'associe souvent à la pratique d'un hersage prononcé. Si l'occasion n'a pas été donnée aux paysans de procéder à l'évaluation de différents types de corps de charrue dans le cadre de leurs systèmes de production, il serait particulièrement intéressant de le faire.

La longueur et l'angle d'attaque du soc déterminent la largeur de la bande de terre découpée par la charrue. La dimension de référence des socs ne correspond pas, en fait, à la dimension du soc lui-même, mais à celle de la bande de terre qu'il découpe (Fig. 7-13). Malgré la généralisation du système métrique, la dimension des socs s'exprime encore en pouces, même dans les pays francophones. Les petits socs demandent une puissance de traction plus faible, mais comme chaque sillon est étroit, le labour de chaque hectare est plus long. Avec un soc de 6" (15 cm) la charrue (et l'agriculteur) doit parcourir environ 66 km pour labourer un hectare. Avec un soc de 10" (25 cm) la distance est de 40 km. La plupart des charrues à versoir utilisées en Afrique sont équipées de socs de 7 à 9" (18 à 23 cm); néanmoins, on trouve au Botswana des charrues équipées de socs de 15" (380 mm) qui requièrent des attelages de plusieurs animaux. Les socs sont généralement à taillant droit (Fig. 7-16) et, comme toutes les pièces d'usure, ils sont conçus pour être régulièrement rechargés, rebattus ou remplacés. Dans des sols abrasifs un soc ne peut être utilisé que sur 2 à 4 hectares, alors que dans d'autres sols il peut servir pendant plusieurs campagnes. Un soc usé trace des sillons plus étroits et peut éventuellement provoquer l'usure de tout le corps de charrue, pièce beaucoup plus difficile à réparer. Des socs légèrement usés peuvent être rebattus par les forgerons de village; les socs neufs sont fréquemment fabriqués à partir de ressorts à lame récupérés sur des véhicules usagés.

Le talon et le contre-sep sont également des pièces d'usure qui nécessitent une attention particulière, un entretien ou un remplacement réguliers. Bien que n'étant pas indispensables (les charrues de types chinois et japonais, par exemple, en sont dépourvues) ils améliorent nettement la conduite de la charrue.

Un long contre-sep frotte le long de la muraille et permet d'absorber les force latérales (définissant la stabilité latérale) engendrées par la forme asymétrique du versoir, assurant ainsi un tracé rectiligne du sillon. Le talon permet de régler la profondeur de labour en frottant au fond de la raie, et donc de rectifier la tendance de la charrue à un talonnage excessif. Si le contre-sep et le talon ne sont pas maintenus en bon état, la conduite de la charrue devient de plus en plus difficile et le sep commence à s'user; de même, les roues de guéret sont exposées à une usure rapide provoquée par l'entrée de particules de terre, abrasives, dans les paliers. Un entretien préventif, et en particulier un nettoyage régulier, permettent d'allonger la durée de vie des roues; mais l'intérêt du graissage de l'essieu est l'objet de controverses: il réduit bien les effets du frottement mais, si les joints manquent ou sont usés, la poussière mélangée à la graisse donne une pâte abrasive qui peut effectivement aggraver l'usure. Il est donc préférable, dans ce cas, de ne pas graisser les moyeux, de façon à ce que la poussière qui y pénètre puisse en ressortir facilement. Les forgerons de village sont, certes, à-même d'effectuer de très bonnes réparations, mais il n'empêche qu'il est souvent difficile, pour les paysans, de

maintenir les roues de leurs matériels en bon état.

Les charrues à double versoir peuvent être utilisées lorsque les animaux de trait sont abondants, mais le temps et la main-d'œuvre font défaut. L'ajout d'un second corps de charrue nécessite inévitablement une force de traction supérieure à celle requise pour la traction d'une charrue simple, ce qui se traduit par l'emploi d'attelages puissants; mais les grands attelages sont moins maniables que les petits et les demi-tours demandent plus de temps. En fait, le principal avantage des grands attelages est qu'il ne faut qu'un nombre limité de personnes pour les conduire. C'est ainsi que les charrues à deux, voire même à trois, corps de labour, très répandues en Amérique du Nord dans la première moitié du siècle, étaient généralement tractées par des attelages de 4 à 12 chevaux de grand format conduits par un ou deux ouvriers. Lorsque la disponibilité de main-d'œuvre est suffisante, il est plus rapide et plus simple de labourer en attelant les animaux en excès à une seconde charrue à un seul corps. Par ailleurs, l'acquisition de deux charrues à un seul corps assure à l'agriculteur une plus grande souplesse dans la gestion de ses ressources que la possession d'une seule charrue à deux corps. A l'exception du Botswana où l'on rencontre quelques charrues à deux corps de labour, tractées par des attelages de 8 animaux, ou d'avantage, ce type de matériel est peu utilisé dans le reste de l'Afrique.

Fig. 7-17: Charrue bisoc au Botswana. Il s'agit ici d'un prototype expérimental (sur lequel la chaîne de traction a été remplacée par un timon) mais il existe au Botswana environ 9 000 charrues de ce type; on utilise des attelages de 8 à 16 animaux pour les tirer.
(Photo: Paul STARKEY)

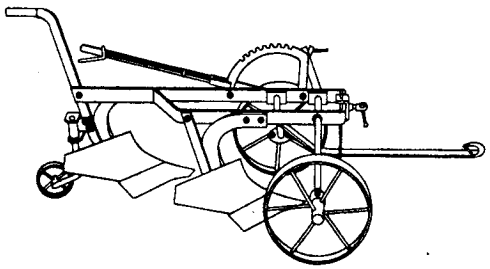


Fig. 7-18: Prototype de charrue bisoc construite par CAMERTEC en Tanzanie. Dans certaines régions, les paysans utilisent des attelages bovins pour tirer ces charrues, par ailleurs peu courantes en Tanzanie. (Source: OIT, 1983)

Les charrues réversibles, connues également sous le nom de charrue tourne-sous-age ou charrue tourne-oreilles, versent le sol vers la gauche ou vers la droite en fonction de la position adoptée. Les charrues pour labour en planches versent toujours la terre vers la droite de telle sorte que le labour s'effectue en avançant autour du champ ou d'une partie du champ, les sillons suivant des direc-

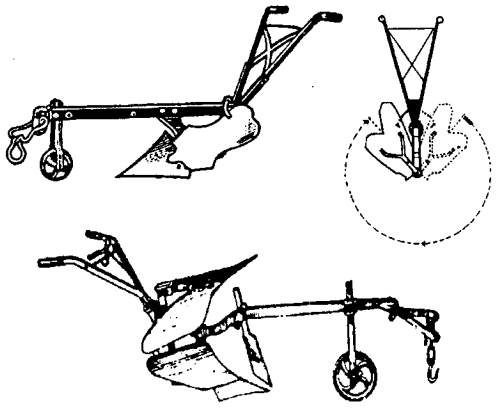


Fig. 7-19: Charrues réversibles.
En haut: Un modèle bon marché largement répandu en Inde; le schéma montre le renversement du corps de charrue en bout de raie.
En bas: Un modèle plus onéreux à deux corps utilisés alternativement; des charrues de ce type ont été expérimentées dans plusieurs pays d'Afrique, mais ont généralement été jugées trop lourdes et trop coûteuses pour les systèmes de production en place.
(Sources: HOPFEN, 1969; CEEMAT, 1971)

tions opposées de part et d'autre du labour. Cette technique conduit inévitablement à la formation de dérayures ou d'ados à l'endroit de convergence des deux directions de labour, mais ces effets peuvent être minimisés par le savoir-faire de l'opérateur. Avec une charrue réversible, l'agriculteur peut avancer régulièrement dans le champ en formant des billons et des sillons suivant une seule direction. Ceci peut être particulièrement utile pour les labours en courbe de niveau dans les régions de collines, ou pour maintenir un niveau uniforme en terrains irrigués ou en terrasses. Mais, généralement, les agriculteurs pensent que ces avantages ne sont pas suffisants pour compenser le poids et la complexité de ce type de charrue. Sur les modèles les plus simples de charrues réversibles, le soc est symétrique (comme celui d'un araire) et seul le versoir est mobile. Sur les modèles plus onéreux et plus lourds, un second corps de charrue peut être mis en service en alternance avec le premier (Fig. 7-19, en bas). Un nombre non négligeable de charrues réversibles simples ont été adoptées en Inde (Fig. 7-19, en haut). En Angola, environ 45% des 150 000 charrues recensées sont des charrues réversibles. Ailleurs en Afrique, les charrues réversibles sont rarement utilisées en dehors des stations de recherche; on signalera toutefois l'utilisation de charrues réversibles lourdes tractées par des attelages de 4 à 8 animaux, dans certaines régions rizicoles de Madagascar.

7.3 Les billonneuses

Les billonneuses sont symétriques par rapport à leur ligne d'avancement et les deux socs découpent et versent la terre de chaque côté simultanément (Fig. 7-22). A chaque passage dans le sol une billonneuse forme un sillon et deux demi-billons. Habituellement, les sillons sont espacés de façon à ce que les deux demi-billons réunis en forment un plus grand: à chaque passage la billonneuse construit donc un billon et forme la moitié du suivant. Ces matériels requièrent une importante force de traction en raison de leur grande largeur de travail. En sols légers, ou avec des animaux de grand format, il est possible de billonner sur des jachères saisonnières, autrement, le sol doit être préalablement travaillé à l'aide de charrues à soc ou de matériels à dents. Les billonneuses peuvent être équipées de versoirs (ailes) de hauteur et d'angle d'ouverture réglables, offrant ainsi la possibilité de varier la hauteur et la forme des billons.

La pratique du billonnage constitue une technique relativement rapide de préparation du sol dans la mesure où la largeur de tra-

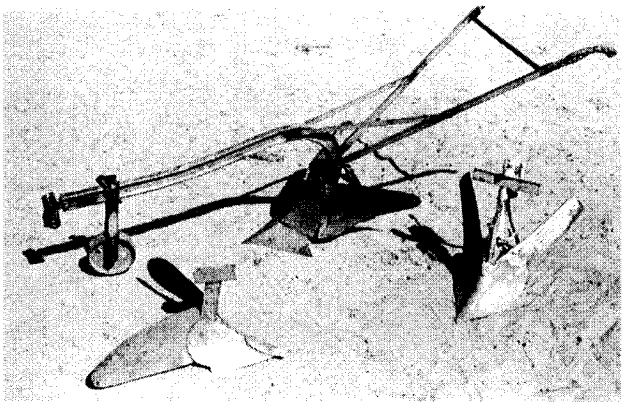


Fig. 7-20: La charrue billonneuse Emcot de Gambie. Au premier plan, des corps billonneurs: à gauche, corps billonneur adaptable sur l'Unibar ou le Pecotool; à droite corps billonneur adaptable sur la Hour Sine (en fait, ce dernier a été conçu pour le buttage plutôt que pour le billonnage).
(Photo: AFRC-Engineering)

vail des matériels est élevée et où, d'autre part, seule une partie de la surface est travaillée: la terre n'est pas travaillée sous les billons, et pour des billons espacés de 90 cm, la billonneuse ne parcourt que 11 km par hectare (contre 43 km/ha pour une charrue 9"). Mais, l'existence de billons permanents peut entraîner la formation de couches de terres si dures qu'elles ne permettent pas le développement des racines, ce qui conduit à l'emploi de charrues butteuses qui, en sec, demandent un effort de traction très élevé (STOKES, 1963).

Cette technique de préparation du sol se pratiquait déjà dans nombre de pays d'Afrique avant l'introduction de la traction animale; la culture sur billons est de pratique courante dans différentes régions: zones de savane du Niger, Ouest de la Gambie et certaines parties du Malawi et du Zimbabwe. Dans certaines régions climatiques, le billonnage donne parfois de bons résultats en termes de conservation des sols et de l'eau, notamment la pratique du cloisonnage de billons (étudiée en 9.5). Le semis sur billons est difficile en culture attelée et, si certains pays ont mis au point des semoirs à traction animale pour billons, il n'en reste pas moins vrai que ces derniers se sont généralement révélés moins efficaces que ceux pour le semis à plat. Le sarclage manuel à l'aide de houes le long des billons demande plus de

Fig. 7-21: Butteuse «Inkunki» construite au Zimbabwe.
(Source: BULAWAYO STELLE, 1983)

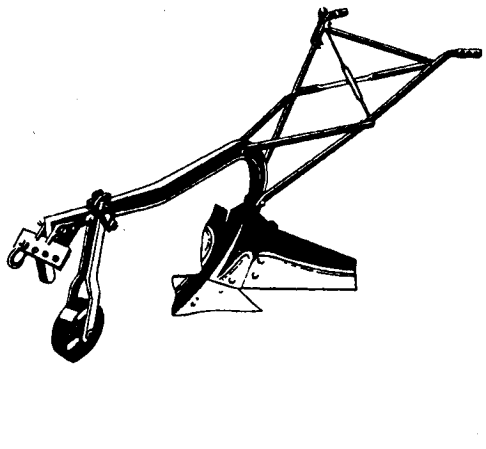


Fig. 7-22: Buttage au Nigéria. (Photo: Enoch GWANI)

temps que le sarclage sur le rang; en revanche, un sarclage inter-rangs suivi d'un nouveau passage de billonneuse peut donner des résultats satisfaisants et, par ailleurs, il est plus facile de suivre des billons que des sillons. Dans certaines régions, notamment au nord du Nigéria, la billonneuse est souvent le seul matériel à traction animale disponible et on l'utilise pour la préparation du sol, le sarclage et le buttage

En Afrique de l'Ouest francophone, les charrues billonneuses s'utilisent rarement pour les travaux de préparation du sol; mais des matériels de buttage, des *buttoirs*, y sont parfois employés pour le sarclage de certaines cultures, le coton et le maïs par exemple. La vocation essentielle de ces matériels sont les travaux d'entretien des cultures, et ils sont généralement destinés à être montés sur des multiculteurs; en fait ils ont, par leur forme, leur résistance et leur comportement à l'usure, été conçus pour les opérations de sarclage et de buttage inter-rangs, et sont donc mal adaptés aux travaux de préparation du sol.

7.4 Les herses et les pulvériseurs

Il s'agit de matériels qui s'utilisent essentiellement pour briser les mottes de terre et niveler le lit de semence après le labour. On les utilise également pour le sarclage et le recouvrement des graines, ou de l'engrais, distribués à la volée. En climat tempéré, elles sont utilisées pour aérer les prairies.

Les herses se caractérisent par une grande largeur de travail et se composent d'un nombre important de dents en acier. Les pulvériseurs comportent généralement deux trains de disques en acier qui pulvérisent finement les mottes. Etant conçus pour rouler, le châssis des modèles à traction animale est généralement équipé d'un siège, le poids de l'opérateur améliorant leur efficacité (Fig. 7-24). Ces matériels sont très largement répandus en Inde, mais peu en Afrique. Ils sont chers, difficiles à transporter aux champs, et la force de traction qu'ils requièrent implique la disponibilité d'animaux puissants. On utilise parfois des modèles de type rotatif en riziculture (Cf. paragraphe 7.9).

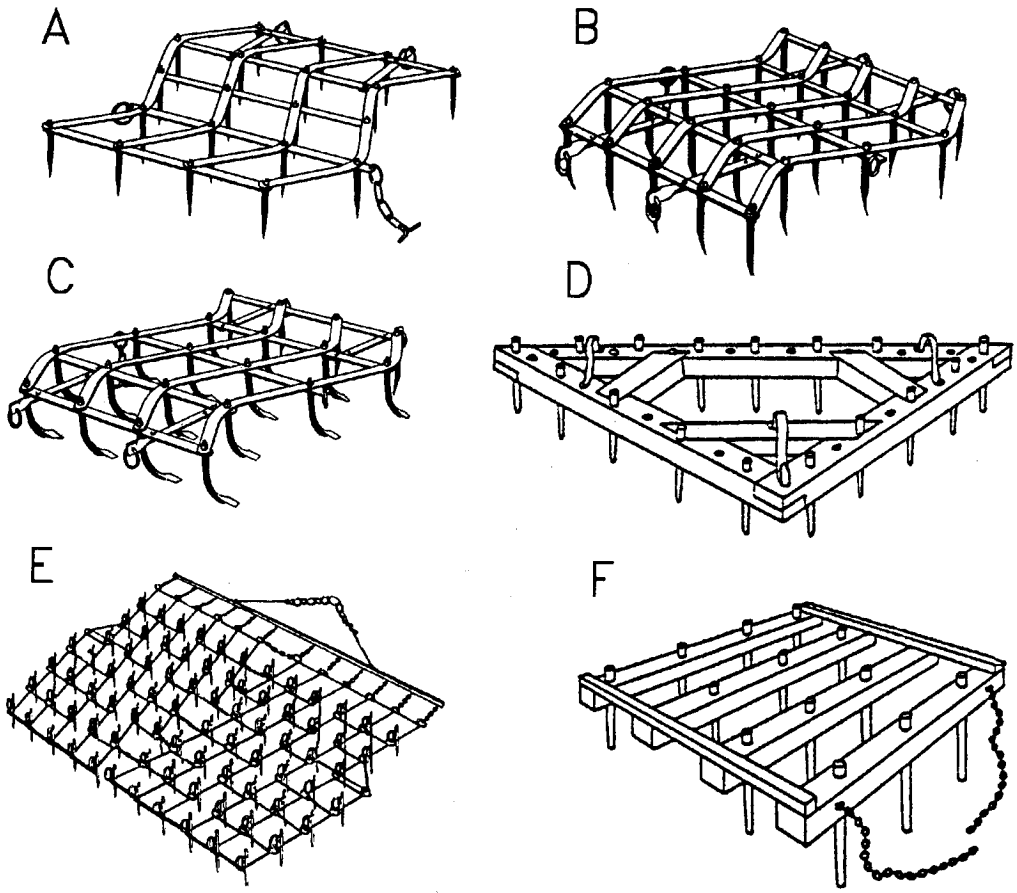


Fig. 7-23: Herses. A et B: Herses zigzag métalliques (herses pour semis); C: Herse à dents cuillers; D: Herse à bâti triangulaire en bois et dents métalliques; E: Herse étrille (peu utilisé en Afrique); F: Herse à bâti rectangulaire rigide en bois et dents rigides. (Source: VIEBIG, 1982; ITDG, sans date)

Le bâti des herses peut être souple ou rigide, de même que leurs dents. Les herses rigides se composent d'un cadre en bois triangulaire ou rectangulaire portant de 15 à 30 dents pointues métalliques (Fig. 7-23 D, F); leur construction est de la compétence des artisans villageois (Mac PHERSON, 1975; STARKEY, 1981). Les dents peuvent être en acier ou en bois, ces dernières étant toutefois moins solides. Les herses à dents rigides sont très lourdes et difficiles à transporter aux champs sans l'aide d'une charrette, ce qui constitue l'une des raisons de leur faible utilisation en Afrique. La vitesse avec laquelle le bois d'œuvre courant peut pourrir ou être infesté par des insectes représente la deuxième raison: les dents risquent de prendre du jeu et le bâti de se casser en cours de travail. L'emploi d'essences locales de bois très dur et résistant peut résoudre ce problème, mais au prix d'une plus grande difficulté de fabrication.

Les *herses métalliques de type «zig zag»* (Fig. 7-23 A-C) sont plus solides et plus largement utilisées que les herses en bois mais,

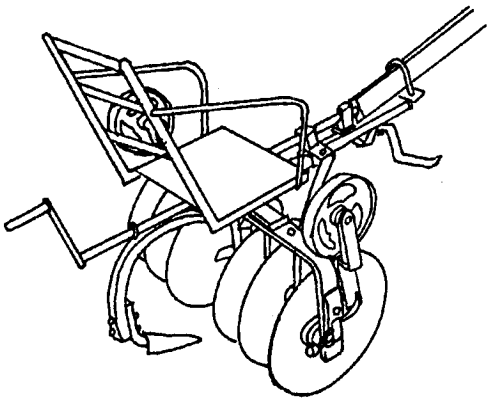
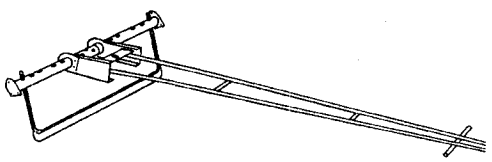


Fig. 7-24: Pulvériseur de type assis. D'usage courant en Inde, ces matériels sont peu répandus en Afrique. (Source: ITP, 1985)

généralement fabriquées dans de grands ateliers, elles coûtent aussi plus cher. La force de traction qu'elles requièrent dépend des conditions de sol, de leur propre poids (et de celui des éléments de lestage) et du nombre, de l'angle et de l'épaisseur des dents. Les pointes inclinées dans la direction de l'avancement augmentent la pénétration mais aussi la résistance à l'avancement. D'une manière générale une herse équipée de 15 à 20 dents requiert la même force de traction qu'une charrue 9" (23 cm).

L'un des inconvénient d'une herse équipée d'un grand bâti rigide est qu'elle ne peut pas travailler correctement en présence de petites ondulations à la surface d'un champ.

Fig. 7-25: Prototype d'outil polyvalent mis au point en Inde pour les mêmes fonctions que la herse à lame traditionnelle. (Source: BASANT, 1987)



Il est néanmoins possible de résoudre partiellement ce problème en remplaçant ce matériel par deux ou plusieurs petites herses en parallèle, ou encore en ayant recours à une herse flexible ou à une *herse étrille*. On utilisait beaucoup ces dernières dans les pays tempérés, tractées par de puissants attelages équins, pour les prairies. Ces herses comportent 60 dents et la force de traction qu'elles requièrent est trop importante pour une utilisation en conditions tropicales. Avec une résistance à la traction estimée à 10-60 N par dent, les herses destinées à la traction bovine ne devraient pas compter plus de 15 à 30 dents (CEEMAT, 1968).

En Inde, les *herses à lame* sont d'un emploi courant, surtout dans les régions semi-arides. Les lames de métal tranchantes, de 40 à 60 cm, sont fixées sur un cadre en bois et sont tirées dans le sol à une profondeur de 5 cm environ (Fig. 7-26). Elles ameublissent

Fig. 7-26: Utilisation d'une herse à lame en Inde. (Photo: Paul STARKEY)

le sol et coupent les racines, sans éliminer les résidus de surface. Dans la mesure où elles ne retournent pas le sol et n'en dénudent pas la surface, elles favorisent la rétention de l'humidité dans le sol, contrairement aux herse classiques. Il existe peu d'exemples d'utilisation de ces matériels en Afrique. On notera cependant que de larges socs de sarclo-binage, montés sur des multiculteurs et de polyculteurs, d'un effet assez proche de celui des herses à lame, ont été expérimentés dans plusieurs pays; mais les résultats ont généralement été décevants, notamment en raison des problèmes de «bourrage» dus aux résidus végétaux, de force de traction requise trop élevée et des maigres résultats en termes de sarclage, par rapport au travail demandé (EFSAIP, 1984).

Si les *rouleaux* à traction animale étaient d'usage très courant dans les pays tempérés pour briser les mottes de terre, ils n'ont, en revanche, jamais été adoptés par les pays tropicaux; cette situation semble tenir en partie à leur poids, aux efforts de traction requis et à leur coût.

Les *cultivateurs* peuvent être employés aux mêmes fins que les herses, et nous les étudierons en 7.6.

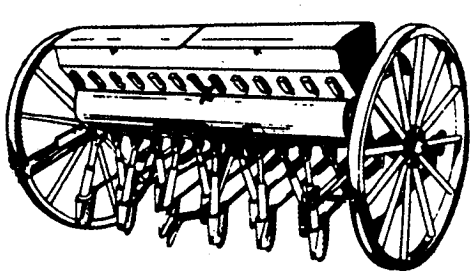
7.5 Les matériels de semis

Exception faite du Sénégal et du Mali pour l'Afrique de l'Ouest, les semoirs à traction animale ont rarement connu le même succès que les charrues et les cultivateurs. En effet, le semis peut être souvent réalisé à la main de manière rapide et efficace, alors que le semis mécanique fait appel à des matériels généralement coûteux et ne fonctionnant que dans des conditions idéales.

L'objectif du semis est de placer les graines à une profondeur adéquate dans le sol, et suivant un espacement optimal. On a, à maintes reprises, montré lors d'essais comparatifs qu'un semis correct donne des résultats meilleurs et plus constants qu'une distribution des semences au hasard. La vocation d'un semoir est donc de permettre *précision* et *fiabilité* au niveau de la répartition des graines, et que la réalisation de cette opération soit *appropriée* et *d'un coût acceptable*. Au cours de ces vingt dernières années, de nombreux organismes et projets des pays en développement ont investi temps et argent pour essayer d'atteindre cet objectif. Mais la plupart des tentatives ont échoué: dans certains cas, le matériel était tout simplement mauvais; dans d'autres, il fonctionnait en station mais ne permettait pas d'utiliser des graines de tailles différentes et était inadapté aux conditions de sol existant en milieu réel; enfin, venaient ceux qui se révélaient totalement satisfaisants sur le plan technique, mais n'étaient pas rentables dans les systèmes de production prédominants.

Les principales méthodes de semis manuel sont: le semis à la volée, en poquets et en lignes. Le semis à la volée comprend la distribution des graines à la surface du sol, sui-

Fig. 7-27: Semoir de céréales multirangs.
(Source: CEEMAT, 1971)



vie d'une sorte de léger travail de la couche superficielle. Le semis en poquets consiste à former des trous dans lesquels on dépose une ou plusieurs graines. Lors d'un semis en lignes, on trace un sillon étroit dans lequel on place les graines à intervalles réguliers, après quoi le sillon est recouvert de terre et légèrement tassé. Ces diverses pratiques peuvent être soit combinées au recours à certains matériels à traction animale, soit totalement remplacées par des matériels de ce type.

Au cours de l'histoire, le semis à la volée a été préféré pour le semis des plantes fourragères et des petites céréales comme le blé, le teff ou le riz. Lorsque le semis à la volée est associé à la traction animale, le sol est généralement labouré au préalable plusieurs fois pour obtenir un lit de semence satisfaisant, ou bien labouré une seule fois puis hersé. Les graines sont réparties manuellement, puis un léger hersage (ou le passage d'un araire) assure l'introduction des graines dans la couche superficielle. Une fois les graines ainsi semées, aucune opération de culture attelée n'est plus possible sans mettre en péril la récolte. Le hersage léger, ou «radou», comme moyen de désherbage précoce, est techniquement possible mais en fait peu pratiqué en régions tropicales. Pour le blé et le riz, le semis à la volée peut être remplacé par des semoirs à traction animale monorang ou multirangs. Un espacement faible entre les graines facilite l'action des semoirs multirangs, dont plusieurs modèles sont disponibles dans le commerce (Fig. 7-27). Le semis en poquets s'effectue traditionnellement à l'aide d'une houe simple ou d'un bâton qui creuse des trous, dans lesquels seront placées les graines; les trous sont rebouchés au pied. Cette pratique est pénible mais permet de bons rendements. En outre, les semoirs sont conçus pour des terrains a priori uniformes, alors que le modelé des exploitations est extrêmement variable. En semant en poquets, un agriculteur expérimenté peut adapter la densité du semis au micro-relief ou aux variations de fertilité de son champ. Ce type de semis manuel peut être réalisé à plat ou sur billons, en lignes ou à espaces réguliers, avec une ou plusieurs

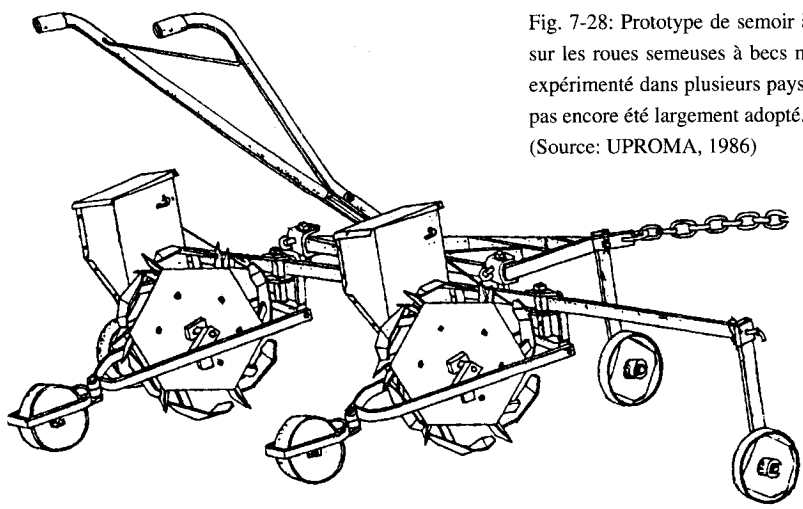


Fig. 7-28: Prototype de semoir à traction animale, basé sur les roues semeuses à becs mis au point par l'IITA; expérimenté dans plusieurs pays ce type de matériel n'a pas encore été largement adopté.
(Source: UPROMA, 1986)

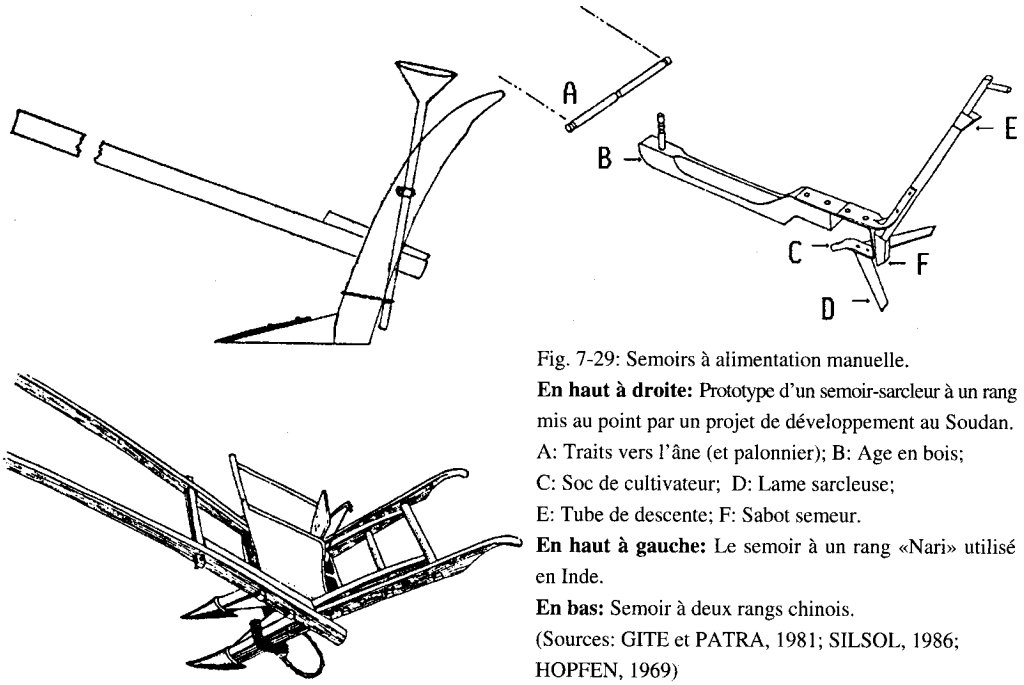


Fig. 7-29: Semoirs à alimentation manuelle.
En haut à droite: Prototype d'un semoir-sarcleur à un rang mis au point par un projet de développement au Soudan.
A: Traits vers l'âne (et palonnier); B: Age en bois;
C: Soc de cultivateur; D: Lame sarcleuse;
E: Tube de descente; F: Sabot semeur.
En haut à gauche: Le semoir à un rang «Nari» utilisé en Inde.
En bas: Semoir à deux rangs chinois.
(Sources: GITE et PATRA, 1981; SILSOL, 1986; HOPFEN, 1969)

graines; il constitue donc un système très souple, et par là-même difficile à mécaniser efficacement. Les roues à becs semeurs, identiques à celles mises au point par l'IITA au Nigéria et largement expérimentées ailleurs, ont été conçues sur le principe du semis en poquets. Ces semoirs peuvent être réalisés comme des unités multirangs adaptées à la traction animale, et des prototypes ont été mis au point dans plusieurs pays par des organismes techniques spécialisés. Quelques exemplaires sont sortis des usines UPROMA au Togo (UPROMA, 1984 & 1986; Fig. 7-28). Mais, à ce jour, les achats sont rares car ce matériel est onéreux et les exploitants obtiennent peu de résultats satisfaisants en conditions réelles. Le semis en poquets est souvent remplaçable par des adaptations du semis en lignes.

La plupart des semoirs à traction animale sont basés sur le principe du semis en lignes; ils comportent un mécanisme d'enterrage qui ouvre le sol (corps rayonneur), un système de distribution qui détermine la densité du semis, et des tubes de descente qui acheminent les graines jusqu'au sillon. Par ailleurs, il existe généralement un dispositif pour recouvrir les graines et tasser légèrement le sol.

Les systèmes les plus sommaires ne nécessitent pas l'emploi d'outils distincts. Le semis en lignes peut s'effectuer en utilisant une charrue (araire ou à versoir) pour ouvrir les sillons, les graines étant alors distribués manuellement dans le sillon. Cette méthode, qui implique un certain «gaspillage» de graines lorsque la profondeur de sillon est irrégulière, est intéressante si on néglige l'aspect financier. Le problème d'une distribution précise des graines dans les sillons peut être résolu grâce à l'installation d'un tube de descente en matière plastique qui

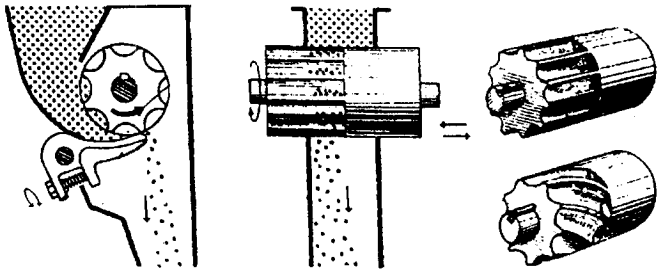
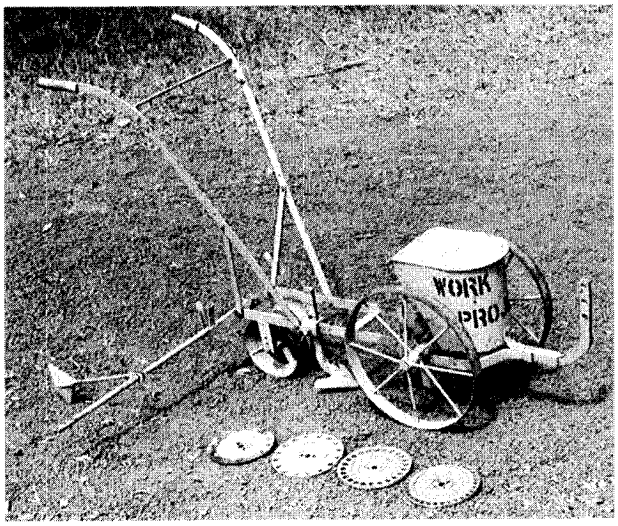
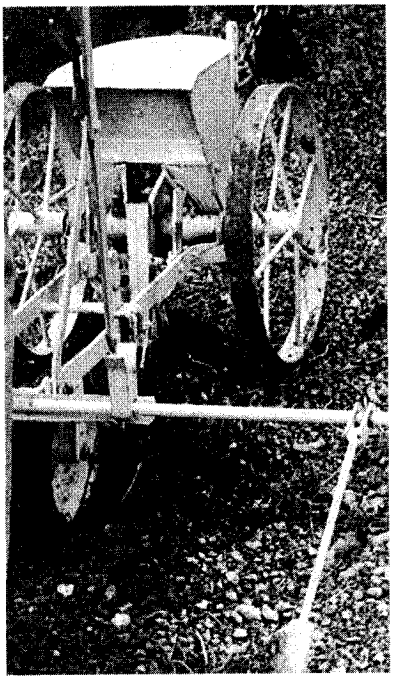


Fig. 7-30: Distributeur à cannelures, utilisé sur les semoirs à céréales multirangs. Pour régler le débit, il suffit de faire varier le volume des cannelures en faisant coulisser le cylindre (au centre sur le schéma) dans son boîtier; le cylindre cannelé (à droite) peut être rectiligne ou hélicoïdal. (Source: CEEMAT; 1971)

dépose les graines derrière la charrue (Fig. 7-29): ce type de machine, simple et élégante, peut être transformé en semoir à deux, trois ou quatre rangs; les graines sont alimentées manuellement dans un petit récipient en bois et acheminées par des tubes en plastique jusqu'à des rayonneurs; un second récipient et d'autres tubes peuvent être installés pour transformer ce matériel en semoir-distributeur d'engrais. Ce type de matériel est très répandu en Inde, mais peu en Afrique. Il est difficile de dire si cette situation est due à des problèmes inhérents aux matériels, ou à un oubli. Mais ce qui semble

Fig. 7-31: Le semoir Super Eco.
Ci-dessous: Le semoir, les disques distributeurs et le traceur. **A droite:** Le semoir au travail; on peut voir les disques de distribution et les graines dans le tube de descente; on aperçoit également le corps rayonneur, la roue plombeuse et le traceur. Les roues porteuses entraînent un mécanisme à engrenages qui, à son tour, entraîne le système de distribution. (Photo: Paul STARKEY)





vraisemblable, c'est que la plupart des chercheurs et des développeurs impliqués dans l'expérimentation et l'adaptation de semoirs en Afrique, se sont essentiellement intéressés aux semoirs de précision.

Dans les *semoirs de précision*, c'est la roue porteuse qui, en avançant, entraîne le mécanisme assurant la distribution des graines derrière le corps rayonneur. Le recouvrement des graines est assuré par un dispositif simple: chaîne raclant la surface du sol, ou dents parallèles fixées en arrière du point de distribution des graines. Le compactage est souvent réalisé par un petit rouleau traîné. Les mécanismes de distribution les plus rudimentaires utilisent un cylindre en bois mû directement par une roue porteuse: au fur et à mesure que le matériel avance, le cylindre tourne, et les graines passent par des trous, ou des fentes, pour tomber dans le tube de descente; le débit des graines dépend de la grandeur de l'ouverture, réglable, située dans le fond de la trémie, et l'espacement est fonction de la forme du cylindre; il existe différents cylindres adaptés aux graines à semer. Sur certains modèles plus complexes, c'est un système à engrenages à chaîne ou à crabot lui-même entraîné par l'essieu des roues porteuses, qui entraîne le système de distribution. Ainsi, sur le semoir «Super Eco» (probablement le plus populaire en Afrique à ce jour) le système à engrenages entraîne un disque distributeur incliné; le nombre d'orifices sur le disque détermine l'espacement entre les graines; on utilise des disques percés d'orifices de taille et de forme différentes pour le semis du maïs, du sorgho, du mil, de l'arachide, du niébé ou du riz; pour les graines de coton non délintées, on a recours à une trémie et à un élément semeur distincts. MATTHEWS et PULLEN (1976), dans un ouvrage destiné

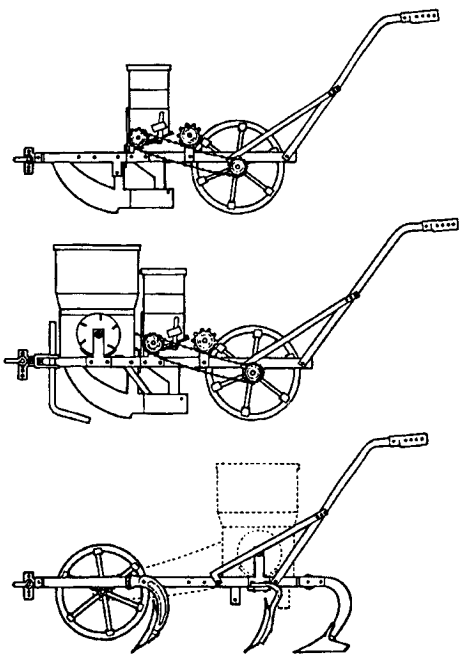


Fig. 7-32: Semoir de précision mis au point à titre expérimental au Botswana à partir d'une conception très utilisée en Afrique australe. La roue porteuse entraîne une chaîne qui fait tourner le système de distribution comprenant un agitateur et un disque distributeur. Ce matériel était prévu pour être utilisé comme semoir (en haut), semoir-épandeur (au centre) ou cultivateur (en bas). (Source: OIT, 1983)

à la Gambie, nous donne une description claire et bien illustrée de l'utilisation de ces semoirs.

Un aspect simple mais important dans la conception d'un semoir est le traceur destiné au «repérage du sillon suivant»; il s'agit d'une bras équipé d'une dent réglable qui trace sur le sol une ligne parallèle au rang que l'on est en train de semer, ce qui permet, en suivant la «trace» ainsi obtenue, la réalisation d'un semis en lignes parallèles respectant le même espace inter-rangs; ce point est particulièrement important pour la

réalisation ultérieure des travaux d'entretien avec des matériels à traction animale. Il est possible d'associer deux (ou plusieurs) semoirs, en les montant ensemble sur le châssis d'un matériel polyvalent. Quoi qu'il en soit, malgré de nombreuses tentatives pour encourager le semis multirangs en utilisant ce type de montage, les agriculteurs ouest-africains préfèrent nettement la pratique du semis monorang (BORDET, 1987).

Les semoirs, s'ils sont bien réglés et bien utilisés, permettent non seulement de gagner du temps, mais aussi d'économiser les semences dans la mesures où ils les déposent à la profondeur et suivant l'espacement les meilleurs pour en assurer la germination et la croissance. A l'opposé, des semoirs mal conçus ou mal réglés travaillant sur des lits de semence mal préparés peuvent être source de pertes de temps et d'un certain gaspillage de graines, et se traduire par une densité de plantation irrégulière et faible. En présence de résidus végétaux ou de sols collants, des «bourrages» peuvent se produire; les disques de distribution peuvent glisser, et ainsi provoquer une modification de l'espacement des graines; en terrain irrégulier, la profondeur de semis est elle aussi irrégulière; les organes de distribution peuvent endommager les graines, réduisant ainsi le taux de germination; les graines de forme particulière peuvent se bloquer dans les orifices des systèmes distributeurs et obliger l'agriculteur à intervenir pour les retirer (s'il est en fait très difficile de détecter un tel phénomène en cours d'opération, les résultats sont en revanche parfaitement explicites à la germination!). Le semis sur billons pose généralement des problèmes supplémentaires en matière de hauteur de travail et de qualité du lit de semence; et plus d'un ingénieur peut témoigner de la frustration qu'il y a à vouloir optimiser les densités de semis en station, alors que les paysans ne peuvent transposer ces résultats en condi-

Fig. 7-33: On utilise couramment des ânes avec le semoir Super Eco pour le semis d'arachides au Sénégal. (Photo: Paul STARKEY)

tions réelles; on notera à ce propos l'exemple du Sud du Mali où des agriculteurs, bien que propriétaires et utilisateurs de semoirs à traction animale, continuent à semer *certaines* de leurs cultures à la main. Ils utilisent de longs cordeaux à nœuds pour réaliser des rangs bien droits et maintenir un espacement régulier sur le rang, et font valoir que, bien que plus long à réaliser, le semis au cordeau leur permet d'obtenir des lignes bien parallèles, une densité de semis plus uniforme et des opérations de sarclage d'une plus grande efficacité.

Des problèmes de coût, de complexité et de solidité ont limité la diffusion des semoirs en Afrique. Pour la plupart des pays du sud du Sahara, le nombre de semoirs en service est inférieur à 5000. Le Sénégal constitue une exception avec environ 145000 semoirs Super Eco (HAVARD, 1985); on compte 45000 semoirs de ce type dans le pays voisin, le Mali. Le Super Eco a été introduit au Sénégal dans les années 1930, et y est fabriqué depuis 1963. La diffusion des semoirs au Sénégal a été bien étudiée par HAVARD (1986) et BORDET (1987). Plusieurs autres modèles de semoirs ont été expérimentés et vendus, mais aucun n'associe avec le même succès l'efficacité, la solidité, la qualité d'adaptation et la disponibilité sur le marché. Les semoirs monorangs ont connu un grand succès dans les régions semi-arides où le nombre de jours favorables au semis par an est faible, et la rapidité du semis vitale. Dans de telles conditions, le temps peut manquer pour la préparation classique du lit de semence et, en sols légers, des semoirs comme le Super Eco peuvent être utilisés pour le semis direct. C'est ainsi que dans certaines régions du Sénégal et de Gambie des agriculteurs ont acheté des semoirs (destinés à être tirés par un seul âne ou un cheval) alors qu'ils ils ne possèdent ni charrue ni cultivateur: le semoir y occupe en nombre la seconde place, après la Houe Sine, parmi les matériels de culture attelés effectivement utilisés.

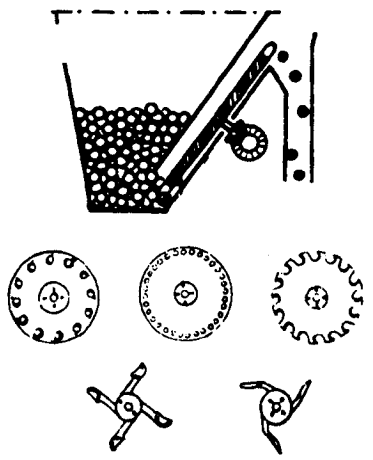


Fig. 7-34: Semoir à distributeur incliné, très couramment utilisé en Afrique de l'Ouest pour le semis d'arachides. La roue porteuse entraîne le disque de distribution qui transporte les graines du fond de la trémie jusqu'au tube de descente, dans lequel il les libère; le débit de graines dépend de la dimension et du nombre d'alvéoles du disque utilisé. (Source: CEEMAT, 1971)

Le Super Eco et les semoirs du même type sont équipés d'un système de disques interchangeables qui permettent de varier l'espacement sur la ligne (Fig. 7-34). Ce système de distribution est bien adapté au semis monograine de semences relativement grosses et plus ou moins sphériques, telles que arachide, maïs, niébé, soja et coton délinté. Il est, en revanche, moins bien adapté aux graines plus petites et moins sphériques telles que sorgho, mil, riz ou le coton non délinté. Les tentatives d'adaptation du Super Eco (et d'autres semoirs) à la culture sur billons, au Sénégal et en Gambie, n'ont pas été couronnées de succès. Le semis sur bil-

lons pose un certain nombre de problèmes, dont le positionnement de l'opérateur et de l'animal (l'animal tirant un semoir de ce type devrait marcher sur le billon), et la stabilité du semoir sur les billons.

Le succès du Super Eco peut être utilement opposé aux échecs subis par d'autres semoirs au Sénégal. Des semoirs à deux ou plusieurs rangs ont fait l'objet de tentatives d'introduction, mais ils n'ont pas été adoptés par les agriculteurs, principalement parce qu'ils étaient plus lourds, plus chers et moins maniables que les monorangs; par ailleurs, alors qu'un semoir monorang peut être tracté rapidement par un seul cheval, les semoirs à deux ou plusieurs rangs demandent une force de traction plus grande. Ces derniers sont habituellement tirés par une paire de bœufs, plus lents que des chevaux (HAVARD, 1986; BORDET, 1987).

Les semoirs semblent mieux convenir aux régions semi-arides, où la période des semis est particulièrement courte. Comme nous l'avons vu précédemment, l'un des moyens d'effectuer un semis très rapide consiste à semer à la main derrière la charrue. Un semoir de précision peut éventuellement être fixé à la charrue (Fig. 7-35). Les avantages de ces systèmes de semis directs et rapides peuvent être oblitérés par les gros besoins en sarclage qu'ils impliquent. Cependant, dans certaines régions très reculées, le fait qu'une culture puisse atteindre le stade du sarclage constitue déjà un succès en soi. Plusieurs pays d'Afrique australe, notamment le Botswana, ont développé la technique du «labour et semis simultanés» (EFSAIP, 1984; HORSPOOL, 1987).

L'un des principaux avantages des semoirs réside dans leur capacité à réaliser des rangs

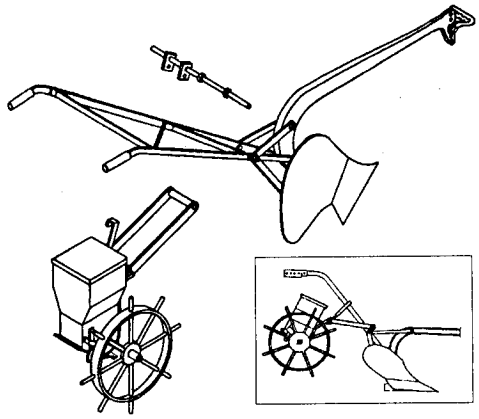


Fig. 7-35: Semoir à soc mis au point à titre expérimental au Botswana; le semoir est adapté sur une charrue classique. La roue porteuse entraîne le système de distribution composé d'un agitateur et d'un disque de distribution alimenté par gravité. Différents disques peuvent être utilisés en fonction des graines à semer et des débits désirés. (Source: OIT, 1983)

de cultures parfaitement parallèles, ce qui rend possible l'emploi ultérieur de sarclobineuses à traction animale pour l'entretien des interlignes, et, par là même, un gain de temps considérable. Néanmoins, comme nous l'avons noté précédemment, certains exploitants du Sud du Mali jugent le semis au cordeau mieux adapté que le semis mécanique. Dans d'autres situations où les semoirs présentent plus d'inconvénients que d'avantages, de simples rayonneurs peuvent être utilisés pour former des lignes parallèles nettes destinées au semis manuel (Fig. 7-36). De tels systèmes permettent un bon sarclage de l'interligne, sans pour autant présenter les problèmes techniques et financiers propres aux semoirs. Les rayonneurs sont en eux-mêmes très simples, mais leur emploi n'est pas sans problème. En effet, s'ils sont très efficaces sur les terrains plats et propres, ils sont d'un emploi difficile en terrains accidentés ou encombrés de débris végétaux. Plus les rayonneurs sont larges,

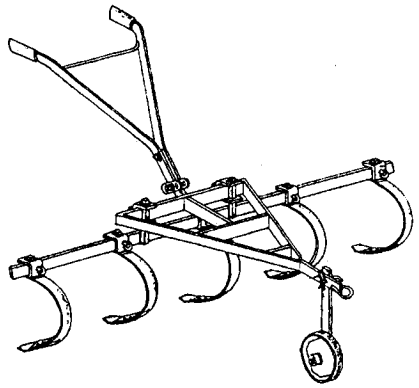


Fig. 7-36: Rayonneur réglable équipé de dents de sarclo-binage classiques (inversées, montées sur une houe triangle), au Togo. (Source: UPROMA, 1986)

plus ils sont difficiles à utiliser dans des conditions de culture normales et, de nos jours, leur emploi est assez limité.

7.6 Les dents de cultivateurs

On utilise ces outils pour les travaux de préparation du sol, les travaux secondaires (binage, scarifiage) et le sarclage. De tous temps, les cultivateurs ont été conçus comme des matériels susceptibles d'être utilisés pour différents travaux, et donc de recevoir différents types de socs; c'est ainsi qu'on les équipe généralement de grands socs binaires (jusqu'à 50 cm) pour le sarclage, et de socs plus étroits, de 15 cm, pour l'affinage des lits de semence. Pour le travail du sol et l'affinage du lit de semence, des socs plus étroits (5 cm) sont employés (Fig. 7-36). Ces socs sont généralement réversibles, pour permettre un usage prolongé. Dans ce cas, chaque soc travaille comme un petit araire, mais avec une largeur et une profondeur beaucoup plus faibles.

Les étançons d'un cultivateur peuvent être rigides ou flexibles. Les étançons rigides travaillent à une profondeur constante par rapport au châssis du cultivateur, et les socs sarcleurs larges sont toujours montés sur des tiges rigides. Les socs flexibles sont conçus pour se plier vers l'arrière et rebondir vers l'avant, permettant ainsi de faire varier la profondeur et d'augmenter l'effet d'éclatement du sol. La vitesse de marche d'un bœuf est rarement suffisante pour obtenir un effet de vibration aussi bon que celui obtenu avec le même type de cultivateur monté sur tracteur. Les dents extrêmement souples sont rarement utilisées en culture attelée, mais pratiquement toutes les dents présentent une certaine flexibilité, ce qui permet de limiter les dommages causés aux animaux et au matériel lorsque la dent rencontre un obstacle.

Les houes, également dénommées cultivateurs inter-rangs, doivent pouvoir s'adapter aux différentes largeurs d'interlignes. En Inde, en Amérique latine et dans quelques pays d'Afrique australe, on utilise parfois des houes à expansion angulaire; elles sont équipées d'une poignée de réglage permettant de faire varier l'angle suivant lequel les barres latérales s'articulent sur le châssis central, modifiant ainsi la largeur de travail réelle (Fig. 7-38). Un tel dispositif permet un réglage rapide et précis sur le terrain, mais augmente le prix du matériel. Au Burkina Faso, les Houes Manga utilisent le même principe; comme elles sont conçues pour des ânes, ces houes sont plus petites que celles utilisées en Afrique australe, qui sont tractées par des bœufs de grand format.

En Afrique de l'Ouest, les houes sont d'un emploi courant, et la plupart dérivent des bâtis polyvalents, sur lesquels sont fixées les dents (et parfois des barres d'extension). Divers modèles ont été conçus autour de porte-

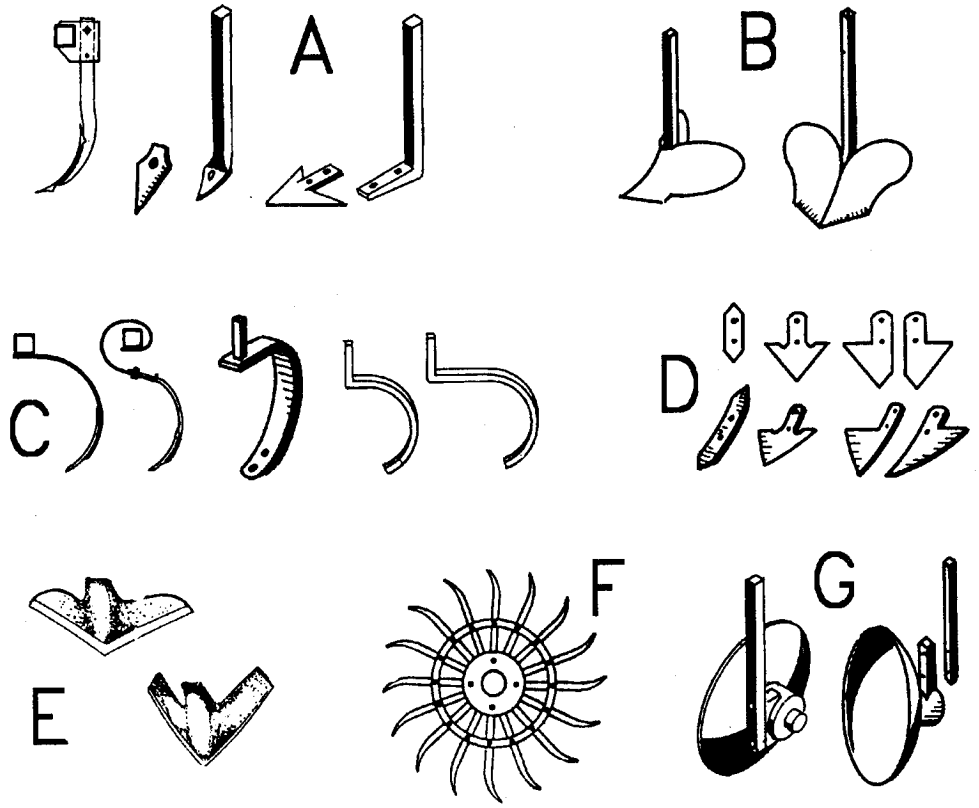
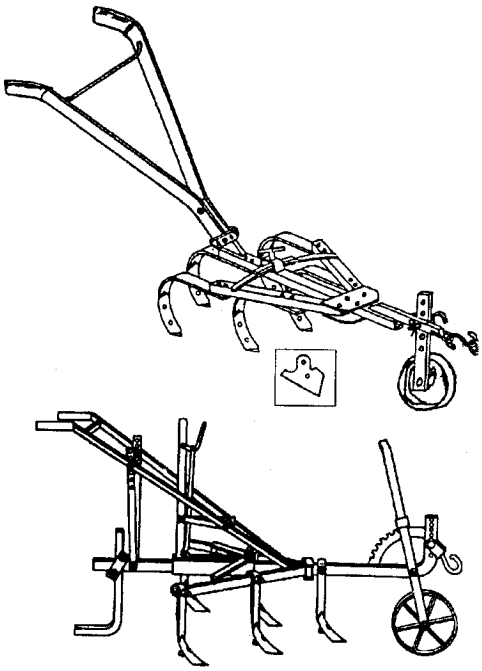


Fig. 7-37: Pièces travaillantes.
A: Etançons rigides, socs de pics fouilleurs et lames de sarclage en forme de patte d'oie; B: Butteurs (ou billonneurs); C: Etançons souples (particulièrement bien adaptés au sarclage); D: Socs cultivateurs: pointe réversible, cœur, demi-cœur; E: Lame de sarclage; F: Houe rotative (pointes et support); G: Disques montés sur étançons carrés.
Sources: NOLLE, 1986; CEEMAT, 1971; VIEBIG, 1982)

outils longitudinaux (Arara, Pecotool), en T (Houe Sine; Ciwara), triangulaires (Triangle) ou rectangulaires (Ariana). En Asie, différents types d'outils de sarclo-binage peuvent être montés sur un long timon, comme sur les araires traditionnels. Ces cultivateurs se présentent sous la forme de matériels à plusieurs socs, ou de herses à lames de 25 à 40 cm.

L'efficacité du travail dépend du réglage du cultivateur, en profondeur et en largeur. Le sarclage doit normalement être superficiel (5 cm). On peut contrôler la profondeur à l'aide d'une roue de profondeur solidaire du châssis et de brides sur chaque soc. Dans un plan horizontal, les socs sont décalés les uns par rapport aux autres, mais leurs traces dans le sol doivent se chevaucher; le chevauchement des pattes d'oies est de 2,5 à 5 cm (Fig. 7-41).

De fait, la résistance des cultivateurs à la traction va dépendre des caractéristiques du



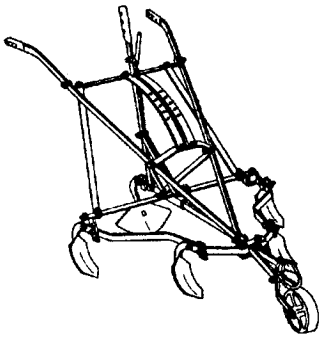
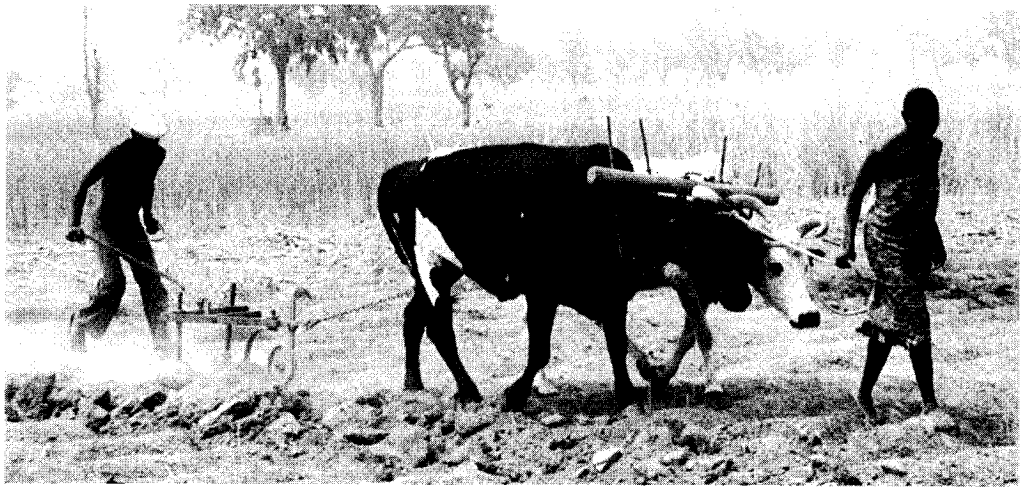


Fig. 7-38: Houes à expansion angulaire.
En haut, à gauche: La Houe Manga, construite par UPROMA (Togo).
En haut, à droite: La Houe Rhino, construite par Northland Engineering (Zambie).
En bas, à gauche: Houe inter-rang mise au point par CAMERTEC (Tanzanie).
(Sources: OIT, 1983; UPROMA, 1986)

sol, de la profondeur et de la largeur du travail. La charge peut souvent être importante; en effet, un cultivateur à trois socs présente la même résistance qu'une charrue à soc de 8" (20 cm). Les cultivateurs équipés de cinq socs en «pattes d'oie» seront vraisemblablement trop lourds pour des ânes ou une paire de bœufs faibles, excepté en sol léger.

Fig. 7-39: Scarifiage en sec à l'aide d'une houe «Triangle» équipée de dents rigides et de socs fouilleurs.
(Photo: Paul STARKEY)



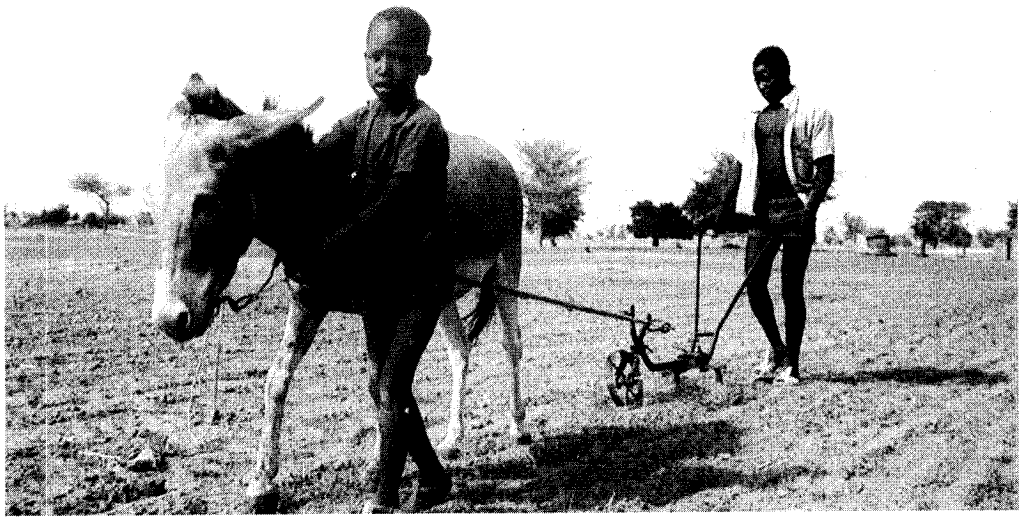


Fig. 7-40: «Radou» effectué à l'aide d'une houe occidentale équipée de socs en pattes d'oie. (Photo: Paul STARKEY)

Les cultivateurs inter-rangs sont mieux adaptés aux cultures pratiquées à plat, en lignes espacées de 45 à 65 cm; des interlignes nettement plus larges impliquent le recours à un nombre de pattes d'oies rendant nécessaire une force de traction excessive, et compromettant la maniabilité du matériel; au contraire, des interlignes plus étroits ne permettent pas à l'attelage, ni à l'opérateur, de progresser facilement entre les rangs sans risquer d'abîmer les plantes. L'emploi de socs bineurs ou de herses à lame à traction animale est possible, mais peu pratiqué pour le sarclage interligne (à 300 mm) du riz pluvial ou du blé. Pour le sarclage des cultures sur billons, les dents de cultivateurs ayant tendance à démolir les billons, ce sont généralement des butteuses que l'on utilise.

En Europe et en Amérique du Nord, ce sont essentiellement des cultivateurs à deux ou plusieurs rangs que l'on utilisait pour les travaux interlignes. Des matériels de ce type ont également été conçus et évalués en Afrique et, au cours de ces dernières années, les recherches ont porté sur leur utilisation avec les polyculteurs et les châssis polyvalents intermédiaires. Malgré les très bons résultas obtenus en station, les paysans ne leur ont accordé qu'un intérêt très modéré; les problèmes rencontrés concernent essentiellement leur manque de maniabilité et les dommages causés aux cultures; en effet, alors qu'un paysan peut facilement soulever une houe monorang, en cas d'obstacles ou de débordements sur le rang, il lui est plus difficile de soulever ou de diriger une sarclobineuse multirang. En conséquence, en terrain accidenté, comme c'est le cas sur la plupart des exploitations africaines, il y a beaucoup plus de risques «d'arracher» les cultures avec un cultivateur multirang qu'avec une houe. ROOSENBERG fait néanmoins observer en 1987, qu'il serait possible de réduire ce type d'inconvénient si l'on utilisait des «sarcleuses enjambeuses» monorangs. En effet, d'après cet auteur, si

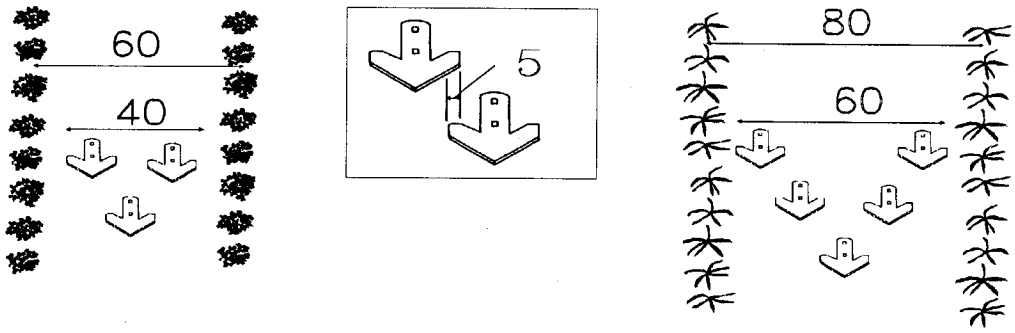
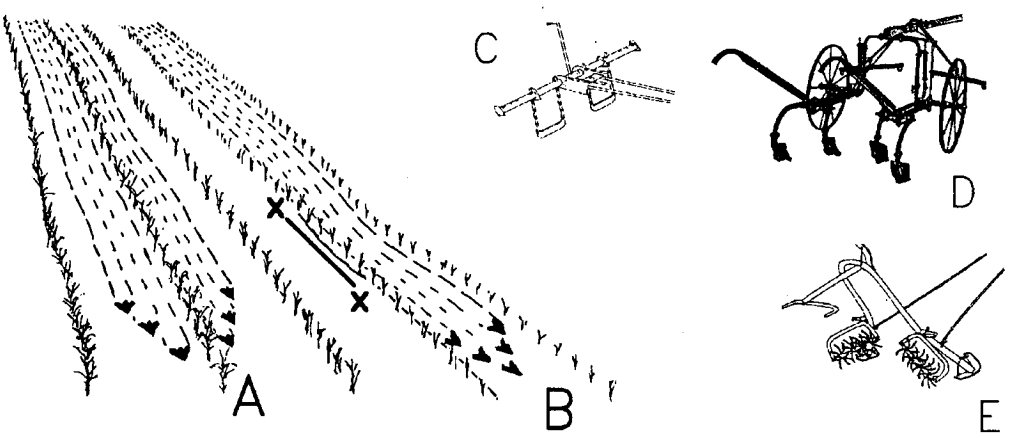


Fig. 7-41: Ecartement des socs recommandé, à gauche, pour le sarclage des arachide et, à droite, pour le sarclage du maïs (cotes en cm). (Source: FAO, 1983)

les sarclo-bineuses n'ont été que peu adoptées c'était essentiellement par crainte des dommages qu'elles pouvaient causer aux cultures, ce qui est presque inévitable avec des matériels réglés pour couvrir la presque totalité (80%) de l'interligne; les variations de largeurs d'interlignes et les erreurs d'estimations de l'opérateur en ce qui concerne le cheminement du matériel entre deux rangs de culture, risquent de se traduire par de fréquentes déviations dans l'avancement; une autre solution, plus longue, mais peu coûteuse, consiste à faire un aller-retour dans le même interligne, en réglant le matériel pour

Fig. 7-42: Techniques de sarclage.
A: Le sarclage «à cheval sur le rang» ne nécessite pas des lignes de culture parfaitement parallèles. B: Le sarclage inter-lignes implique, au contraire, des rangs parfaitement parallèles, faute de quoi, la sarcleuse «arrache» les plants situés au niveau des rétrécissements entre les rangs (x-x). C: Prototype entièrement métallique de la houe traditionnelle indienne à deux lames. D: Ancien modèle nord-américain de sarcleuse enjambeuse: coûteuse. E: Prototype de bineuse inter-rangs du Nigéria: coûteuse et difficile à conduire.
(Sources: ROOSENBERG, 1987; BASANT, 1987; ITDG, sans date)



la moitié de la largeur; le recours à une sarcleuse enjambeuse monorang est également possible. Dans l'un et l'autre cas, l'opérateur ne doit surveiller qu'un rang à la fois, mais avec la sarcleuse enjambeuse, l'équivalent d'un interligne complet est sarclé à chaque passage. On peut résoudre ces problèmes en ayant recours à des matériels sur roues, de type assis, mais ils sont plus chers, plus lourds, et plus difficiles à manier.

La sarcleuse rotative enjambeuse STRAD (Fig. 7-42), mise au point et commercialisée au Nigéria, s'est révélée techniquement efficace au stade du prototype (ITDG, non daté; GWANI, 1989). Il s'agit d'un cultivateur lourd qui peut être conduit soit assis depuis un siège, soit debout depuis l'arrière; il comporte deux ou quatre trains de dents qui tournent lorsque le matériel avance. Malgré l'efficacité de ces dents «rotatives» pour sarcler les cultures sur billons, le Strad a été peu adopté, peut-être à cause de son prix élevé. Des prototypes de sarcleuses à traction animale équipées de disques en acier ont été mis au point: les disques biseautés tournent au fur et à mesure que le matériel avance, en passant très près des plantes. Cependant, les disques et les paliers sont chers à fabriquer ou à acheter, et les matériels à disques se sont généralement révélés plus lourds que d'autres matériels, d'où leur faible diffusion.

7.7 Les porte-outils polyvalents

Les houes sont depuis toujours des matériels polyvalents et, depuis ces trente dernières années, les multiculteurs sont devenus d'usage très courant en Afrique de l'Ouest, parmi lesquels la Houe Sine est le matériel ayant remporté le plus grand succès. Conçu par l'ingénieur français Jean NOLLE, il a été introduit au Sénégal à la fin des années 50. Il est composé d'un châssis en forme de «T» avec une roue de profondeur, sur lequel s'adaptent différents outils de travail du sol,

Fig. 7-43: La Houe Sine.
Ce matériel, construit dans de nombreux pays, est représenté ici équipé de socs en pattes d'oie; derrière la Houe Sine: un corps de charrue, un corps butteur et une souleveuse d'arachides. (Photo: Paul STARKEY)

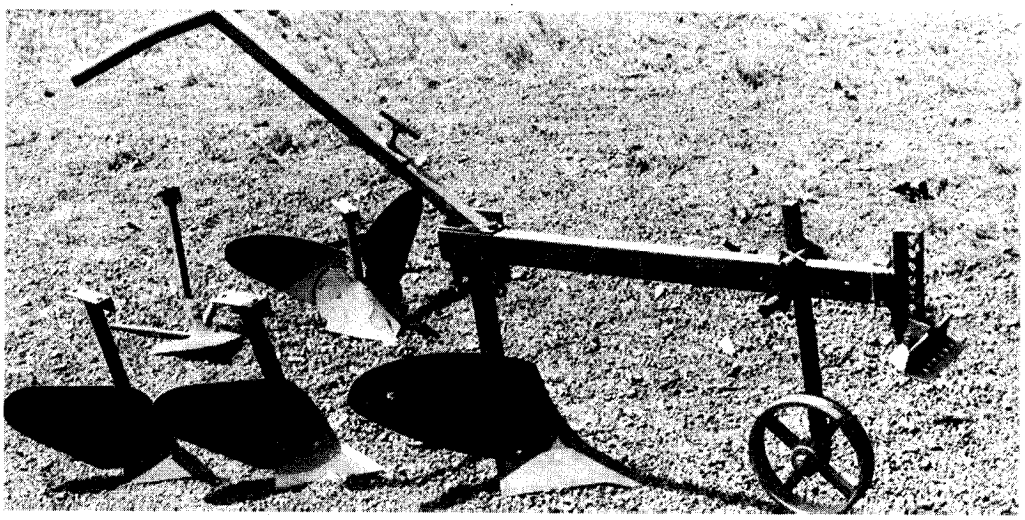
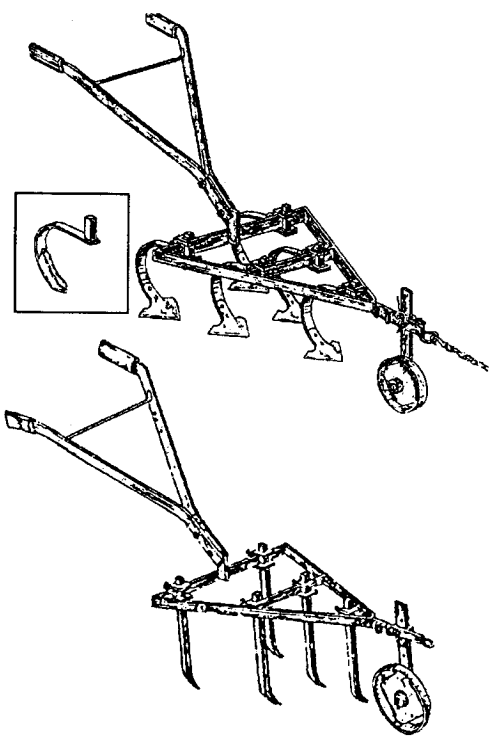


Fig. 7-44: Le multiculteur Pecotool présenté ici avec trois corps de charrues de différentes dimensions, une souleveuse d'arachides et un corps billonneur. Quelques Pecotool (et ses dérivés: Anglebar, Multibarra et Unibar) ont été fabriqués dans plusieurs pays dont la Sierra Leone et la Tanzanie. (Photo: Paul STARKEY)

notamment: des socs «en pattes d'oie», des souleveuses d'arachides, des corps de charrues et des corps butteurs (Fig. 7-43). Ce modèle est devenu très populaire, et ses formes dérivées ont donné le Ciwara au Mali, et le Policultor 300 au Brésil. La *Houe Occidentale*, plus légère, tractable par un âne, a également remporté un grand succès au Sénégal, et aurait certainement connu une diffusion plus large si la politique de subventions menée pour la promotion de la Houe Sine n'avait pas économiquement faussé le jeu au profit de cette dernière (HAVARD, 1986; BORDET, 1987). L'*Unibar*, plus lourd, (Fig. 9-11) doté d'un châssis en forme de «Y», et autres porte-outils tels que l'*Anglebar*, l'*Arara*, le *Pecotool* et leurs formes dérivées (Fig. 7-44, 7-47) ont aussi été utilisés dans plusieurs pays d'Afrique, mais ont connu un moindre développement. Ces derniers sont préconisés dans les régions où le labour et/ou le billonnage sont intenses (zones cotonnières, par exemple)

Fig. 7-45: Houe «Triangle» avec dents souples et avec étançons rigides. (Source: UPROMA, 1986)

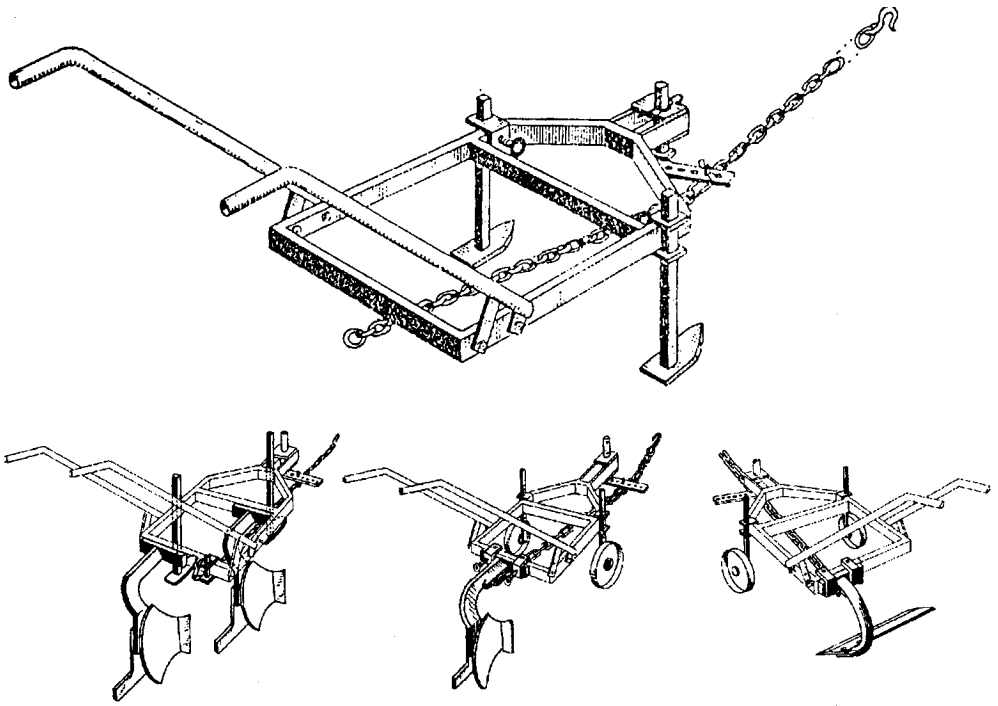


et, à l'inverse des houes, les dents de sarclobinage de ces porte-outils n'ont le plus souvent qu'un rôle secondaire.

Au Burkina Faso et au Togo, on utilise la *Houe Triangle* polyvalente, équipée d'une roue de profondeur, en association avec les charrues et les billonneuses classiques.

A partir de la *Houe Saloum*, créée au Sénégal par Jean NOLLE à la fin des années 50, ont été mis au point des châssis porte-outils rectangulaires plus lourds, tels l'*Ariana* et ses dérivés. Ces châssis polyvalents intermédiaires sont généralement équipés de deux roues de profondeur disposées de part et d'autre du châssis, lui conférant ainsi une grande stabilité. On peut utiliser une seule roue en position centrale à l'avant du châssis pour le sarclage monorang. La forme rectangulaire du châssis permet d'élargir la gamme des outils adaptables, assurant ainsi une plus grande largeur de travail potentielle; mais, la puissance de traction disponible sur les petites exploitations constituant généralement le principal facteur limitant, et l'ajout de nouveaux outils impliquant une plus grande force de traction, les possibilités offertes par cette grande largeur de travail sont rarement exploitées. Ce matériel intermédiaire pèse deux fois plus lourd et coûte deux fois plus cher que les multiculteurs, et

Fig. 7-46: Le porte-outils polyvalent intermédiaire Ariana. Ce porte-outils et ses dérivés ont été évalués dans de nombreux pays, dont certains en assurent la construction, mais n'ont pas remporté le même succès que la Houe Sine.
En haut: Le bâtis équipé de patins.
En bas: Bâtis équipés d'une charrue bisoc, d'un corps de charrue simple et d'une souleveuse d'arachides.
(Source: MOUZON, non daté; J. NOLLE, 1986)



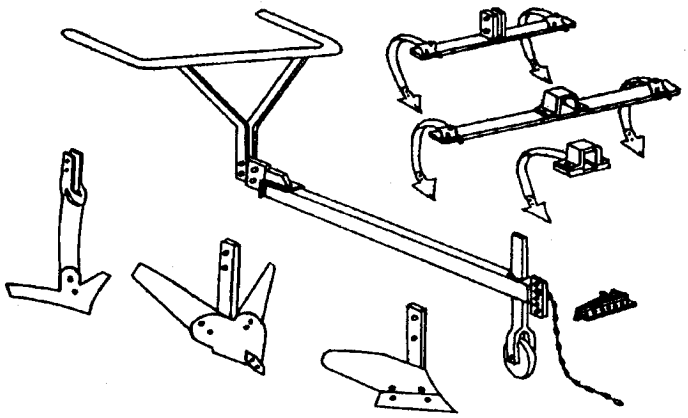


Fig. 7-47: Le multiculteur Arara, construit dans plusieurs pays ouest-africains dont le Niger, le Bénin et le Sénégal. Les différents outils adaptables présentés ici, comprennent: une souleveuse d'arachides, un corps butteur, un corps de charrue et des dents de sarclo-binage. (Source: MIGNOLET et al., 1987)

c'est à cause de leur poids que ces châssis sont plus difficiles à transporter et à manœuvrer. Malgré les nombreux «satisfecit» reçus par ce type de matériel en station, il n'a jamais connu le succès remporté par les multiculteurs. Au Sénégal par exemple, où les châssis porte-outils ont été introduits il y a 25 ans, les ventes au cours de la période de 1958 à 1980 ont atteint 8 500 unités (la majorité ayant été vendue au cours du même programme, au début des années 60). Ce chiffre représente moins de 3% des 340 000 multiculteurs vendus au cours de la même période (HAVARD, 1985).

Les polyculteurs, mis au point au Sénégal à la même époque, n'ont jamais été définitivement acceptés par les agriculteurs. Nous étudierons les raisons de cette situation au paragraphe 9.2.

Bien qu'indiscutablement très populaires dans certaines régions, les multiculteurs ne doivent pas être considérés comme la panacée universelle. Même au Sénégal et au Mali, où ils sont très répandus, ils n'ont jamais remplacé les matériels monovalents, les charrues notamment. La notion de polyvalence dont Jean NOLLE a fait une véritable philosophie conceptuelle (NOLLE, 1986) présente toutefois des limites dans son application. Comme nous l'avons montré au cours des chapitres précédents, la plupart des matériels résultent de compromis entre des caractéristiques incompatibles et, le nombre de compromis et leur ampleur seront d'autant plus grands que sera importante la polyvalence du matériel.

L'avantage majeur des unités polyvalentes est qu'elles réduisent les besoins globaux en matériels, et par là-même les coûts, grâce à l'utilisation d'éléments communs à plusieurs travaux. D'autre avantages éventuels, le faible espace requis pour leur stockage, par exemple, ne présentent souvent que peu d'intérêt en zone rurale. Toutefois, les modifications qu'implique le passage d'une fonction à l'autre augmentent les coûts: un système de fixation amovible coûte plus cher qu'une soudure permanente ou des boulons et des écrous semi-permanents. En outre, les

éléments communs (le châssis, par exemple) doivent être conçus pour répondre à la fonction la plus «exigeante». Le matériel polyvalent est donc toujours plus onéreux que n'importe quel outil monovalent. Pour ces mêmes raisons, l'économie réalisée en utilisant une large gamme d'outils monovalents est plus faible que celle qu'on pourrait escompter, dans la mesure où le travail supplémentaire que réclame la production de systèmes de fixation universels tempère les économies réalisées grâce à l'emploi d'un bâti et de mancherons communs à plusieurs outils. En outre, l'emploi d'un matériel polyvalent réduit la commodité de l'ensemble, car il faut procéder à de nouveaux réglages, à chaque changement de fonction, alors qu'un matériel monovalent peut être réglé une fois pour toutes. Enfin, l'emploi d'un outil polyvalent multiplie les risques et c'est une bonne illustration de l'expression «mettre tous ses œufs dans le même panier», car toutes les options en matière d'outils dépendent de l'élément commun. Prenons un exemple classique: si le boulon d'une bride de charrue fixation casse à l'intérieur de la bride, le multiculteur devient inutilisable pour tous les travaux, tant qu'il n'est pas réparé. Une charrue simple est moins sujette à ce type de dommage, car elle n'est pas équipée de ce type de bride et, même si elle l'était, l'agriculteur pourrait continuer à travailler avec les autres matériels (cultivateur, billonneuse, etc. ...).

C'est dans les régions où ils sont essentiellement employés comme *cultivateurs* que les multiculteurs sont bien acceptés. Au Sénégal, on utilise plus fréquemment la *Houe Sine* pour le travail du sol aux dents, le sarclage, le soulevage des arachides ou le buttage, que pour le labour. Lorsque le labour avec des charrues à versoir ou le billonnage jouent un rôle particulièrement important dans le système de production, il semble préférable d'associer le travail d'une charrue ou d'une billonneuse et d'une houe, plutôt que de tenter de rassembler ces différents outils en un seul. Ceci peut expliquer le faible succès remporté par les multiculteurs en Afrique australe et orientale (AHMED et KINSEY, 1984). Certains développeurs se sont employés à la promotion des multiculteurs comme facteur de développement, à long terme, de la pratique de la culture en lignes (METRICK, 1978; STARKEY, 1981). Mais de telles conditions peuvent encourager les agriculteurs à acquérir des matériels chers et ne répondant pas à leurs besoins immédiats. De même, on a eu tendance à promouvoir (par le biais de crédits) des ensembles complets comprenant le muticulteur et toute sa gamme d'outils adaptables, alors que les agriculteurs n'avaient réellement besoin que d'un ou deux de ces outils. Enfin, la plupart des avantages indiscutables des porte-outils découlent non seulement de leur *polyvalence*, mais aussi de l'application simultanée d'une autre des philosophies de Jean NOLLE: la standardisation et l'interchangeabilité. De telles caractéristiques sont conjuguées dans des conceptions telles que la Houe Sine, et sont également applicables à de nombreux matériels monovalents.

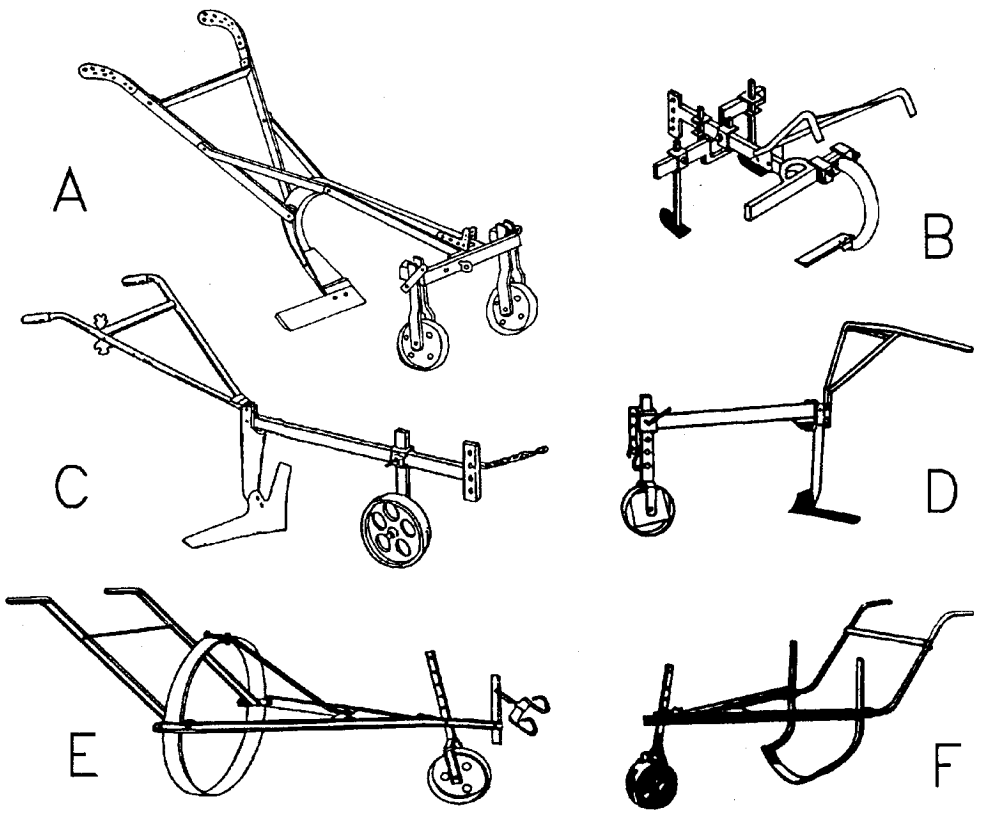
En conclusion, si les multiculteurs ont été jugés très satisfaisants et ont gagné une large popularité dans certains pays, leur succès est resté limité dans d'autres. Ils ont bénéficié d'une certaine vogue dans le petit monde du développement où l'on a parfois négligé d'autre solutions. C'est donc avec le plus grand soin qu'il faut étudier les avantages et les inconvénients des multiculteurs, avec ceux d'autres matériels.

7.8 Les souleveuses d'arachides

Les matériels de récolte à traction animale sont peu courants, mais les souleveuses d'arachides connaissent un certain succès. Il s'agit de matériels très simples composés essentiellement d'une large lame de sarclo-binage. Cette lame passe dans le sol à une profondeur de 5 à 10 cm en coupant les racines les plus profondes et laissant les plantes, auxquelles sont encore attachées les arachides, sur le sol, où elles sont ensuite ramassées et mises en tas. Cette lame peut se présenter sous les formes suivantes:

- en forme de V, fixé en son centre à une barre rigide;
- rectiligne, longue et large, fixée à une extrémité;
- en arceau métallique, fixé à chaque extrémité (comme une lame de herse incurvée);
- en cerceau complet, dont la partie inférieure joue le rôle d'un soc arqué.

Fig. 7-48: Souleveuses d'arachides.
A: Châssis Emcot équipé d'une lame souleveuse déportée; B: Houe Sine équipée d'une lame souleveuse déportée; C: Lame souleveuse en pointe adaptée sur un multiculteur; D: Lame souleveuse à pointe en flèche adaptée sur un multiculteur; E: Souleveuse à cerceau; F: Souleveuse à lame en arceau.
(Source: CEEMAT, 1971; MOUZON, sans date; ITDG, sans date)



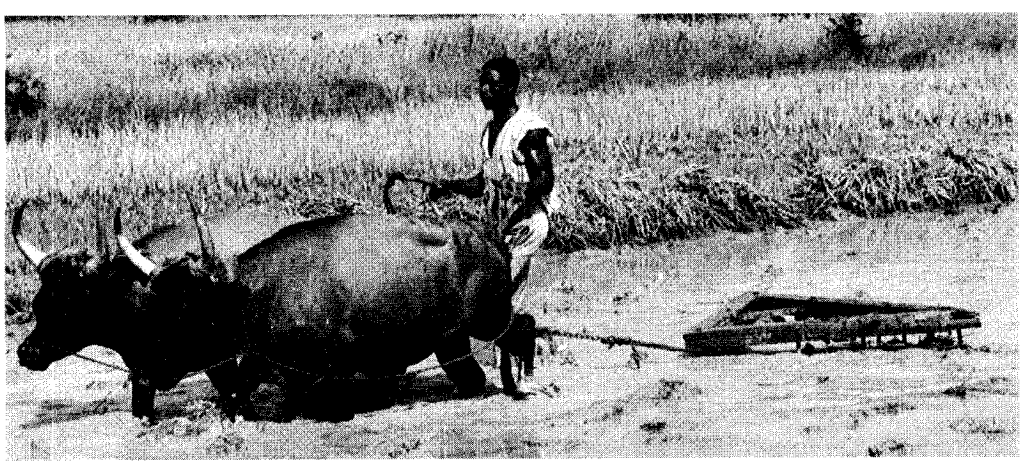
Les supports qui portent les lames sont souvent arrondis pour passer facilement à travers la végétation de surface, sans risques de «bourrages». Des tiges supplémentaires peuvent être ajoutées pour faciliter le retournement des plants. Le retournement favorise l'évaporation et diminue ainsi le risque d'apparition dans les plantes d'un poison: les aflatoxines. Les souleveuses d'arachides peuvent être des matériels monovalents, mais on les trouve le plus souvent montées sur des multiculteurs ou des ages de charrues classiques. On peut aussi destiner à cet usage, avec un certain succès, des équipements conçus au départ pour des travaux différents. Par exemple, on a utilisé, dans le nord du Nigéria, des corps butteurs auxquels on a ôté les ailes. Des corps de sarclobinage simples peuvent donner de bons résultats, mais avec de tels outils en version multiple les fanes et les adventices ont tendance à provoquent des «bourrages». Le CEEMAT a étudié en détail différentes solutions possibles (CEEMAT, 1971; FAO, 1972). En Gambie, MATTHEW et PULLEN (1974) ont réalisé plusieurs essais comparatifs et publié les résultats obtenus.

Les souleveuses d'arachides sont des matériels généralement très simples et d'emploi facile. Leur efficacité dépend, dans une large mesure, des conditions de sol et de la résistance des plantes à la traction du matériel. Si, avant la récolte, le sol est trop dur, l'effort de traction requis par la lame devient important, et les plantes peuvent se casser, conduisant alors à la perte d'une grande partie de la récolte dans le sol. En raison de leur usage très spécialisé, les souleveuses-arracheuses se rencontrent uniquement dans les régions productrices d'arachides; au Sénégal, le nombre de souleveuses d'arachides en service est passé de moins de 1000 en 1960 à 70 000 en 1983 (HAVARD, 1985).

7.9 Le matériel pour la riziculture irriguée

Si on utilise, pour la culture du riz pluvial, les mêmes matériels que pour les autres cultures, en revanche, pour la culture du riz dans l'eau, on utilise généralement des matériels plus spécialisés. La plupart des mo-

Fig. 7-49: Herse triangulaire utilisée en riziculture en Sierra Leone. (Photo: Paul STARKEY)



dèles trouvent leurs origines dans les régions d'Asie où la traction animale est d'usage courant pour la riziculture irriguée. La création de rizières peut impliquer des travaux de planage et de construction de diguettes; l'emploi de pelles à terre et de formeuses de diguettes est traité au paragraphe 9.7.

Le travail dans des rizières inondées n'étant agréable ni pour les hommes ni pour les animaux, on réalise le plus souvent un premier labour en sec. Dans ce cas, on emploie généralement le matériel décrit précédemment dans ce chapitre (araires, charrues, herses), parfois en association avec des outils destinés au nivellement du sol (paragraphe 9.7). Cependant, lorsque la maîtrise de l'eau n'est pas possible (dans les terrains inondés naturellement), un labour dans l'eau peut être nécessaire pour obtenir une seconde (ou une troisième) récolte. Les charrues «standard» (araires ou charrues à versoir) peuvent convenir aussi bien pour la préparation du sol en sec que dans l'eau. Le labour dans des rizières en sec est néanmoins quelque peu différent du labour classique, même si la nécessité d'obtenir un terrain nivelé rend souhaitable l'emploi de charrues réversibles. En rizières inondées, les roues de profondeur «bourrant» facilement et augmentant ainsi la force de traction requise, il est préférable d'utiliser un patin étroit qui, tout en permettant un aussi bon réglage de la profondeur, n'entraîne pas les mêmes problèmes en termes de force de traction. Les charrues courtes et légères de type japonais ou chinois (Fig. 7-50, 7-10) ont été conçues principalement pour la riziculture dans l'eau. Quelques-uns de ces modèles présentent des versoirs réversibles, et d'autres sont équipés de versoirs à claire-voie pour réduire la résistance à l'avancement et obtenir

Fig. 7-50: La charrue chinoise travaillant en rizière inondée en Chine. Ce matériel, qui fait ses preuves en Chine, n'a pas donné de résultats satisfaisant en attelée avec des bœufs N'Dama en Sierra Leone.
(Photo: Paul STARKEY)

un meilleur malaxage du sol. En l'absence de roue ou de patin ou de sep, c'est la pression exercée sur les mancherons qui permet de régler le talonnage de la charrue; un réglage précis de la profondeur nécessite alors un savoir-faire considérable. De telles charrues, confiées à des mains inexpérimentées,

Fig. 7-51: La herse-peigne chinoise.
(Photo: Paul STARKEY)

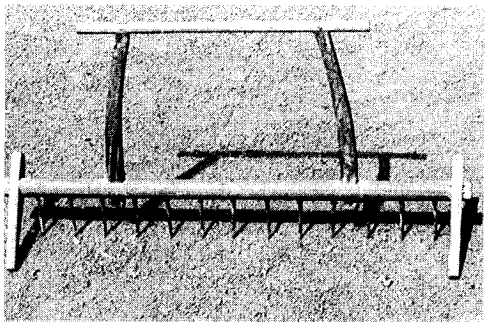


Fig. 7-52: Evaluation de la herse-peigne chinoise en rizière inondée, en Sierra Leone. (Photo: Paul STARKEY)

labourent trop ou pas assez profond, au détriment du confort des animaux et des hommes (STARKEY, 1981). Ceci explique en partie l'échec relatif de ce type de charrues, même dans les régions rizicoles d'Afrique: les agriculteurs ont généralement opté pour des charrues à versoir et roue (ou patin) de profondeur qu'ils peuvent employer pour le labour à sec des rizières, comme pour le labour des cultures pluviales.

Après le labour, les rizières sont mises en boue et nivelées de façon à obtenir une couche de sol meuble et plane pour le repiquage du riz. Alors que les premières opérations de hersage et de nivellement peuvent être effectuées avant la mise en eau, la mise en boue et le planage final sont réalisés en sol submergé. Le passage répété d'une large herse-peigne (Fig. 7-51; 7-52) ou d'une planche à niveler (avec ou sans manche-rons), constitue le système le moins cher et le plus généralement utilisé en rizières submergées; il s'agit d'un matériel généralement en bois, équipé de pointes métalliques; il est d'un usage courant en Asie et peu répandu en Afrique. Sa grande largeur le rend efficace, mais difficile à conduire et à manœuvrer. Des résultats identiques peuvent

Fig. 7-53: Evaluation d'un rouleau piétineur conique, de l'IRRI, dans le centre du projet de développement ARPON, au Mali. (Photo: Paul STARKEY)

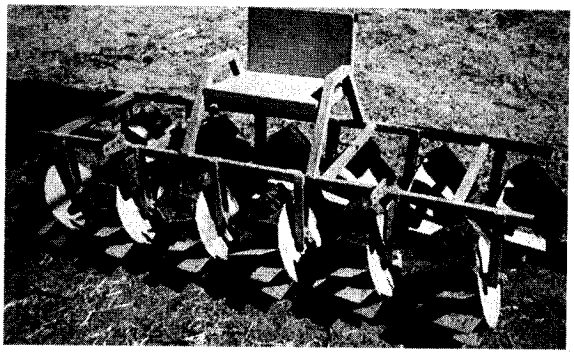


Fig. 7-54: Prototype du rouleau piétineur conique mis au point par l'IRRI, aux Philippines. (Photo: Paul STARKEY)

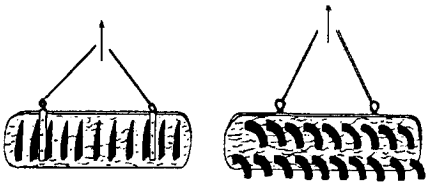
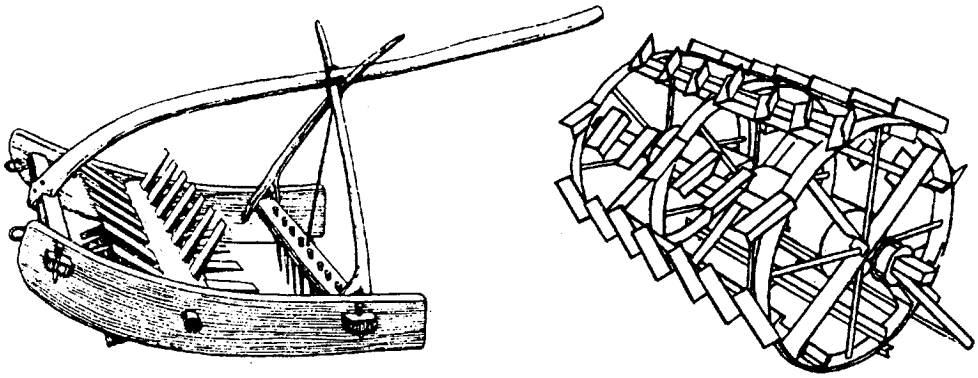


Fig. 7-55: Herses «espagnoles». Elles se composent d'un plateau sous lequel sont fixés plusieurs lames métalliques, et s'utilisent pour la préparation du sol submergé en Asie et dans le Sud de l'Europe. (Source: CEEMAT, 1971)

être obtenus avec des herses en bois triangulaires (Fig. 7-49), ou des «herses espagnoles» équipées de lames au lieu de dents (Fig. 7-55). Tous ces matériels peuvent être fabriqués et entretenus sur place.

Les matériels à disques, dents ou lames rotatifs peuvent être particulièrement efficaces pour malaxer correctement le sol des rizières dans l'eau. A sec, les pulvériseurs à disques permettent un bon affinage du sol, alors que dans l'eau les rouleaux piétineurs équipés de longues dents (semblables à celles des motoculteurs) donnent de bons résultats, surtout si les animaux arrivent à avancer rapidement; mais le coût et la puissance de traction requises sont les principaux inconvénients de ce type de matériel. A Madagascar, on emploie traditionnellement de grands troupeaux de bœufs qui mettent les rizières en boue en les piétinant. Ce système est efficace, mais demande des efforts considérables aux bœufs et aux bouviers (VAN NHIEU, 1982). Pour remplacer

Fig. 7-56: Matériels de mise en boue.
A gauche: Modèle traditionnel de rouleau piétineur en bois, utilisé en Asie.
A droite: Rouleau piétineur «malgache». Ce matériel, en acier avec masse d'alourdissement en béton, a été mis au point à Madagascar pour remplacer le piétinage des rizières effectué de façon traditionnelle par des bœufs.
(Sources: HOPFEN, 1969; CEEMAT, 1971)



cette méthode traditionnelle, des rouleaux piétineurs de grande taille et lourds (160 kg), équipés de fers-cornières en guise de pièces travaillantes, ont été mis au point; ils donnent de bons résultats mais coûtent très cher et sont difficiles à manœuvrer. Plus récemment, l'Institut International de Recherche sur le Riz a mis au point, aux Philippines, un rouleau piétineur à éléments coniques à traction animale (IRRI, 1986); il est encore trop tôt pour savoir si les agriculteurs le jugeront rentable. En Asie et en Afrique, le repiquage du riz est généralement effectué à la main. Des repiqueuses à bras et motorisées ont été développées mais, malgré les efforts de recherche dont ils font l'objet, aucun modèle satisfaisant de repiqueuse à traction animale n'a encore été mis au point (BISWAS, 1981). Dans les rizières inondées, le sarclage n'est pas nécessaire, et l'étroitesse des interlignes exclut l'emploi d'animaux de trait. Enfin, en ce qui concerne la récolte, le riz se récolte soit à la main, soit à l'aide de matériels motorisés; les exemples de récolte de cette céréale en culture attelée sont exceptionnels, si toutefois il en existe.

7.10 Autres sources d'informations

Les travaux remarquables de HOPFEN (1969), du CEEMAT (1974), du CEEMAT/FAO (1972), de MUNZINGER (1982) et de POITRINEAU (1990) constituent de précieuses sources d'informations sur les matériels à traction animale et leur utilisation. On a developé d'intéressants ouvrages didactiques sur le réglage et le fonctionnement de ces matériels au Burkina Faso (FAO, 1983), en Gambie (MATTHEWS et PULLEN, 1974), en Niger (MIGNOLET *et al.*, 1987), en Sierra Leone (STARKEY, 1981), au Swaziland (SEUBERT, 1986), en Zambie (DIBBITS, 1987), et au Zimbabwe (AETC, 1986a, 1986b, 1987). Des études de cas portant sur le degré d'adoption de différents matériels, en Afrique, ont fait l'objet de nombreuses publications parmi lesquelles nous citerons: BORDET (1987,1989); BORDET, LHOSTE, LE MOIGNE et LE THIEC (1988); HAVARD (1985, 1986, 1987); KINSEY (1984 a-d); KLINE, GREEN, DONAHUE et STOUT (1969); LE MOIGNE (1980); ROBINSON (1987) et UZUREAU (1984).

Quiconque ayant l'intention d'expérimenter, inventer ou mettre au point des matériels de culture attelée, nouveaux ou «améliorés», devrait avoir la sagesse de commencer par passer en revue les expériences du passé. Les catalogues publiés par les constructeurs peuvent constituer un bon point de départ, sous réserve de ne s'en servir qu'avec la plus grande prudence puisqu'ils ne peuvent, par définition, être objectifs. En effet, ce n'est pas parce qu'un constructeur cite des matériels que ceux-ci sont performants ou ont effectivement été mis à l'épreuve en conditions réelles. Dans cette optique, la brochure de l'ITDG sur le matériel agricole (ITP, 1985) répertorie l'ensemble des matériels existants et donne également les coordonnées de fournisseurs. Un multitude d'articles ont été rédigés sur des descriptions de prototypes et des adaptations, dont certains ont fait l'objet de publications, notamment dans les revues suivantes: *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America; Appropriate Technology; GATE Questions-Answers-Informations; Machinisme Agricole Tropical; RNAM Newsletter.* Comme l'on pouvait s'y attendre, la grande majorité de ces articles est particulièrement optimiste. Le lecteur devra donc, bien évi-

demment, traiter leurs conclusions avec prudence, et, si possible, essayer d'obtenir un avis complémentaire auprès d'un autre auteur travaillant sur le même sujet. Nous citerons, enfin, le travail de Jean NOLLE (1986) qui est une source inépuisable d'idées sur la conception des matériels à traction animale.

L'Annuaire du GATE sur la traction animale en Afrique (STARKEY, 1988) cite de nombreux organismes travaillant en Afrique à la mise au point de matériels classiques de culture attelée (charrues, cultivateurs et semoirs, notamment), parmi lesquels: le FMDU, Botswana; le CNEA, Burkina Faso; le CMDT-DRSPR, Mali; le Projet FAO et le Projet Productivité Niamey, Niger; l'ISRA et la SISMAR, Sénégal; WOP, Sierra Leone; le WSDC, Soudan; la Mbeya Oxenization/ZZK, Tanzanie; l'UPROMA, Togo; l'Animal Draft Project et l'AMRDU, Zambie; et l'IAE et le Bulowayo Steel, Zimbabwe. D'autres organismes présentent une compétence reconnue dans ce domaine en Afrique, ce sont: le CEEMAT, France; la Division des Services Agricoles (AGS) de la FAO, Rome; et AFRC Engineering, Grande-Bretagne.

Une somme d'informations considérable concernant les matériels indiens peut être obtenue auprès du Central Institute of Agricultural Engineering (CIAE) de Bhopal (Inde). Aux Philippines, l'IRRI possède de nombreuses données sur l'emploi des animaux de trait pour la culture du riz dans l'eau, provenant de son propre Département de Machinisme Agricole et de son appartenance au Rice Farming Systems Network. Des informations complémentaires sur l'expérience asiatique peuvent être obtenues en s'adressant au Draft Animal Power Project (Townsville, Australie).