

752002

NA852002

Loc NA-85-202

CT 8502 30

CT 8502 30
852002



THESE DE DOCTORAT

PRESENTEE A

L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE PARIS-GRIGNON

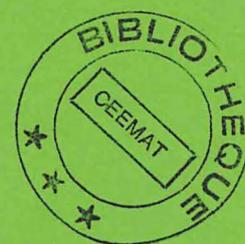
POUR L'OBTENTION DU TITRE DE

DOCTEUR INGENIEUR "SCIENCES AGRONOMIQUES"

PAR

SEKONGO MANDOU

INGENIEUR AGRONOME DE L'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE
D'ABIDJAN (COTE D'IVOIRE)



THEME : RECOLTE DU COTON

ETUDES DE PROCEDES ET DE MACHINES DESTINES
A AMELIORER OU ASSISTER LA RECOLTE MANUELLE
DU COTON EN COTE-D'IVOIRE

SOUTENUE LE 7 JANVIER 1985 DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN

M. AUBINEAU	Président
M. CHEZE	Rapporteur
M. ARQUES	} Examineurs
M. BOLLO BI KOUAHI	
M. DROUIN	
M. GALLET	



THESE DE DOCTORAT

PRESENTEE A

L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE PARIS-GRIGNON

POUR L'OBTENTION DU TITRE DE

DOCTEUR INGENIEUR "SCIENCES AGRONOMIQUES"

PAR

SEKONGO MANDOU

INGENIEUR AGRONOME DE L'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE
D'ABIDJAN (COTE D'IVOIRE)

THEME : RECOLTE DU COTON

ETUDES DE PROCEDES ET DE MACHINES DESTINES
A AMELIORER OU ASSISTER LA RECOLTE MANUELLE
DU COTON EN COTE-D'IVOIRE

SOUTENUE LE 7 JANVIER 1985 DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN

M. AUBINEAU	Président
M. CHEZE	Rapporteur
M. ARQUES	} Examineurs
M. BOLLO BI KOUAHI	
M. DROUIN	
M. GALLET	



TH00626

AVANT-PROPOS

Le présent mémoire symbolise les efforts collectifs

- de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon sous la direction de Monsieur le Professeur AUBINEAU, responsable du Département de Machinisme Agricole, auquel j'exprime toute ma profonde reconnaissance

- et du Centre d'Etudes et d'Expérimentation du Machinisme Agricole Tropical (C.E.E.M.A.T.), promoteur du projet de recherche sur la récolte du coton et principal artisan de tous les travaux effectués. J'adresse plus particulièrement mes sincères remerciements à Monsieur CHEZE, directeur du C.E.E.M.A.T., pour son appui généreux et sa disponibilité, et à Monsieur MAROUZE, responsable du bureau d'études et qui a dirigé ce travail dans la plus parfaite collaboration.

J'exprime également ma profonde gratitude à MM. ASSEMIEN et MONNIER du Centre Ivoirien du Machinisme Agricole (CIMA) pour leur participation à la réalisation des essais de récolte du coton en Côte d'Ivoire, à l'aide du prototype CEEMAT de récolte par aspiration.

Je suis aussi très touché par l'attention bienveillante et la participation active des responsables de la Compagnie Ivoirienne pour le Développement des Textiles (CIDT). Je remercie plus particulièrement Monsieur DETOH, directeur de la CIDT, et MM. GREMILLET et DIOMANDE, responsables de la motorisation.

Je ne saurais oublier les planteurs de coton en Côte d'Ivoire et les responsables du GERDAT-Montpellier qui ont bien voulu prêter leurs parcelles cotonnières pour la réalisation des essais.

A cet instant, je pense aux Etablissements GALVIT. Que Monsieur GALLET trouve ici ma reconnaissance pour sa franche collaboration aux essais de récolte par soufflage.

J'adresse enfin à toutes les personnes que je n'aurais pu citer nommément, qui ont été d'un précieux concours à l'élaboration de ce travail, ma profonde gratitude. Qu'elles soient assurées de ma sympathie. J'ai une pensée particulière pour tout le personnel du C.E.E.M.A.T. et j'en garderai un souvenir inoubliable.

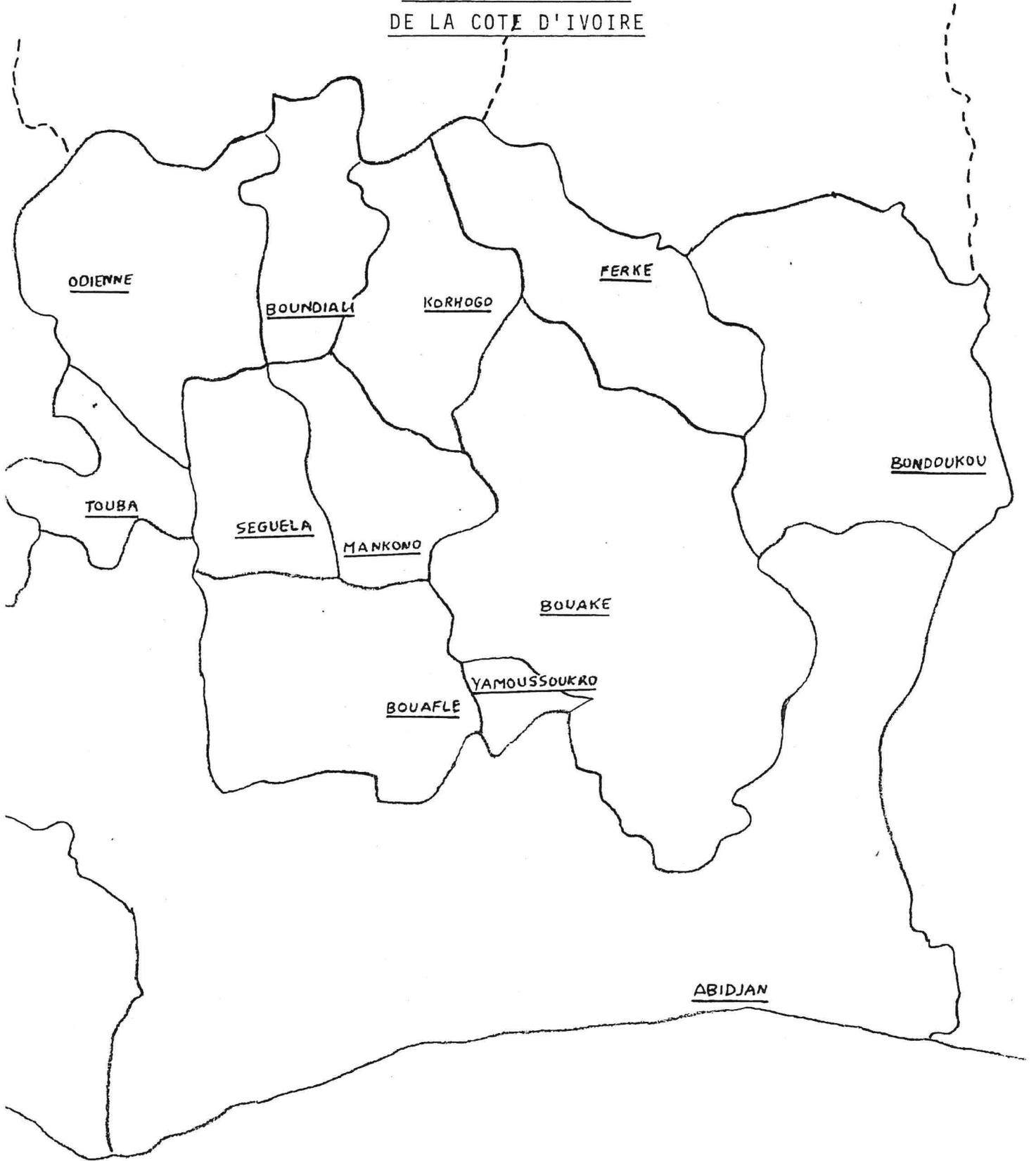
S O M M A I R E

=====

	<u>Pages</u>
AVANT-PROPOS	
INTRODUCTION GENERALE	1
I - CONTRAINTES PEDO-CLIMATIQUES, CULTURALES ET VARIETALES POUR LA RECOLTE DU COTON EN COTE D'IVOIRE	5
1. Contraintes climatiques	5
2. Contraintes pédologiques et culturelles	6
3. Contraintes variétales	8
4. Contraintes morphologiques et physiologiques	9
II - RECOLTE MANUELLE DU COTON	17
1. Contraintes des systèmes de culture et des systèmes de production	17
2. Conséquences du climat pour la récolte	19
3. Contraintes liées à la main-d'oeuvre dans les exploitations cotonnières	19
4. Préparation de la récolte	24
5. La cueillette du coton	25
6. Méthodes utilisées	25
7. Organisation du chantier	28
8. Matériels utilisés	30
9. Qualité du produit cueilli	30
10. Etude quantitative des résultats d'enquête	31
11. Conclusions	37
III - ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA RECOLTE MECANIQUE AUX ETATS-UNIS .	39
A. Variétés, Pratiques culturales, Caractéristiques des plants et Récolte mécanique	39
B. Défoliation des plants	44
C. Les Cotton-Pickers ou Cueilleuses	47
D. Les Cotton-Strippers ou Ecapsuleuses	67
E. Comparaison des méthodes de récolte par Picker et par Stripper	88

	<u>Pages</u>
IV - CONFRONTATION DES SYSTEMES MODERNE DE RECOLTE AUX CONDITIONS ACTUELLES EN COTE D'IVOIRE	93
1. Structures des exploitations ivoiriennes et récolte mécanique	93
2. Contraintes d'ordre technique	94
3. Contraintes économiques	94
4. Egrenage et récolte mécanique	94
V - PROPOSITIONS D'AMELIORATION DE LA RECOLTE EN COTE D'IVOIRE .	97
A. Y a-t-il des simplifications possibles des modèles classiques	97
B. Etude des systèmes adaptés à la Côte d'Ivoire	100
VI - LA RECOLTE DU COTON PAR VOIE PNEUMATIQUE	109
A. Rappels de mécanique des fluides	109
1. La pression en un point	109
2. Le théorème de Bernouilli	110
3. Notions de pertes de charge	112
4. Instruments de mesure	115
B. Réalisation par le CEEMAT d'un modèle probatoire de récolteuse par aspiration et essais	117
1. Différents modèles de transport pneumatique possibles.	117
2. Recherche de la dépression nécessaire au transport pneumatique du coton	119
3. Présentation de certains modèles de récolte pneumatique	120
4. Fabrication et essai de différents modèles	126
5. Etude et construction d'un modèle de récolteuse basée sur l'utilisation du principe de Venturi	129
C. Etude d'un modèle de récolte par soufflage	151
1. Montage réalisé	151
2. Mesures	151
3. Pertes de charge	153
4. Expérimentation	154
5. Essai d'arrachage du coton avec de l'air surpressé ...	157
CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES	160

ZONES COTONNIERES
DE LA COTE D'IVOIRE



INTRODUCTION GENERALE

L'activité cotonnière en Côte d'Ivoire intéresse la moitié Nord, la région des savanes. Le développement de la culture du coton a d'abord été suivi par la Compagnie Française des Textiles (CFDT), puis par la Compagnie Ivoirienne pour le Développement des Textiles (CIDT).

Ce développement se décompose en plusieurs phases :

- + Phase 1 : basée sur la croissance de la production du coton dans les années 1960; cette phase est sectorielle

- + Phase 2 : elle concerne la structuration et la modernisation des exploitations cotonnières (1970-75). L'introduction de la mécanisation (traction animale, motorisation) permet l'extension des surfaces cultivées. La culture du coton se fait en assolement avec des cultures vivrières (riz, maïs, igname)

- + Phase 3 : un programme de développement rural intégré à partir de 1975, intensifie l'encadrement par le renforcement des directions régionales du point de vue technique et administratif, par la création de nouveaux services pour rétablir un équilibre avec l'augmentation des surfaces

- + Phase 4 : une phase de développement régionalisé où tous les programmes agricoles de la région des savanes sont confiés à la CIDT, prolonge la phase 3.

Ce développement rapide de la culture cotonnière a fait de la Côte d'Ivoire l'un des principaux producteurs de coton d'Afrique.

La campagne agricole 1980-81 se traduit par les résultats suivants :

- 3.000 villages encadrés
- 95.5000 exploitations cotonnières
- plus de 126.300 ha de coton pour une production d'environ 136.500 tonnes de coton graine
- plus de 92.100 ha de cultures vivrières
- 12.239 attelages de culture attelée
- 267 chaînes de motorisation intermédiaire.

A la lumière de ce développement rapide, nous comprenons l'importance du coton pour la vie des producteurs et pour les industries locales. Il est d'abord un facteur économique et social. Il représente au Nord, où il n'existait pas de culture de rente, ce que sont au Sud, le café et le cacao. Il est source d'acquisition de techniques, mais surtout source de revenu monétaire permettant d'atténuer les disparités régionales.

C'est pourquoi le développement de la culture cotonnière s'est accompagné de plusieurs avantages, fruits d'une volonté publique : subventions aux planteurs se traduisant par un prix d'achat incitatif, fourniture gratuite des intrants (semences, engrais), subventions pour le matériel agricole, défrichements gratuits.

Des arguments techniques ont été aussi à la base du "boom" cotonnier : amélioration variétale, lutte antiparasitaire.

Support de tout le développement de la région des savanes, la culture cotonnière est aujourd'hui confrontée à certains problèmes. L'augmentation des surfaces de coton consécutive à la mécanisation (culture attelée, motorisation intermédiaire) a accru les problèmes de main d'oeuvre liés aux goulots d'étranglement que constituent le sarclage et la récolte. Le mauvais état de propreté dans lequel se trouve une bonne partie des parcelles de coton et l'allongement de la période de récolte sur environ deux mois en sont la preuve.

La récolte manuelle du coton est à terme un handicap pour toute évolution de la mécanisation de l'agriculture ivoirienne vu le niveau des surfaces et le taux d'utilisation intensive de la main-d'oeuvre concernée. L'opération est non seulement lente, mais très pénible physiquement pour les travailleurs.

Une des solutions pour réduire l'impact de la main-d'oeuvre et permettre la continuité de l'accroissement des superficies de coton et de cultures vivrières associées à celui-ci, est donc la mécanisation de la récolte du coton. Mais les bas rendements enregistrés dans les exploitations paysannes risqueront de compromettre la rentabilité de toute solution technique. De plus, les conditions actuelles de la motorisation (techniques, économiques et agronomiques) sont loin d'être suffisantes pour que le tracteur joue pleinement son rôle.

Dans un pays comme la Côte d'Ivoire où l'exode rural est très important et où l'on réfléchit à l'installation des jeunes désireux de revenir à la terre, la mécanisation de la récolte du coton peut permettre de fixer les populations et inciter les jeunes à s'installer en éliminant certains aspects rébarbatifs de cette tâche.

Bien sûr, pour échapper à la contrainte des tâches manuelles et atténuer le poids relatif du coton, une volonté politique s'affirme en faveur de l'encadrement de toutes les cultures qui entrent dans l'assolement avec le coton. Mais le poids relatif du coton ne diminuera que si les autres cultures bénéficient également d'un circuit commercial au même titre que le coton. Ceci est loin d'être le cas à présent et le coton jouera encore pendant longtemps son rôle moteur de développement technique, économique et social.

C'est pourquoi ce projet d'étude sur la récolte mécanique a eu le crédit des responsables de la CIDT.

La mécanisation de la récolte du coton peut se faire soit de façon mécanique, soit de façon pneumatique. La récolte mécanique est la seule répandue de nos jours.

Divers matériels existent de par le monde, et notamment aux Etats-Unis où la mécanisation a pris naissance. Il s'agit des "Cotton-Pickers" ou Cueilleuses de coton et des "Cotton-Strippers" ou Ecapsuleuses de coton. Ces matériels très complexes, nécessitent des variétés adaptées, des conditions précises de culture et de surfaces importantes de coton.

Les contraintes économiques (prix d'achat élevé, entretien et réparations importantes) et techniques liées à ces gros matériels écartent aujourd'hui toute introduction dans le contexte actuel de culture en Afrique et en Côte d'Ivoire en particulier. La propreté du coton de récolte manuelle, qui fait la qualité du coton africain sur le marché mondial, subirait une telle altération en récolte mécanique que des installations complémentaires d'unités de nettoyage s'imposent. Autrement dit, toute adoption de la récolte mécanique selon la voie américaine signifierait une recherche préalable de variétés cotonnières, une modification

des conditions de culture, un remembrement des exploitations et une disponibilité financière et technique conséquentes.

Vu l'importance de ces contraintes, nous avons choisi d'explorer la voie pneumatique qui occasionne très peu de modifications par rapport aux conditions culturales présentes de la Côte d'Ivoire, et qui peut permettre l'obtention d'un coton plus propre qu'en récolte mécanique.

Notre étude qui a pour thème l'"ETUDE DE PROCÉDES ET DE MACHINES DESTINÉS À AMÉLIORER LA RÉCOLTE MANUELLE DU COTON EN CÔTE D'IVOIRE", entreprend un examen critique du principe de récolte pneumatique et une recherche de l'amélioration ou de l'assistance qui peuvent en découler.

Différents points seront successivement abordés :

- étude des contraintes pour la récolte du coton en Côte d'Ivoire
- étude bibliographique sur les matériels classiques de récolte (aux États-Unis, en particulier)
- confrontation des systèmes modernes de récolte aux conditions ivoiriennes
- propositions d'assistance ou d'amélioration de la récolte manuelle
- étude de la voie pneumatique de récolte du coton
 - . récolte par aspiration
 - . récolte par soufflage.

I - CONTRAINTES PEDO-CLIMATIQUES, VARIETALES ET CULTURALES

POUR LA RECOLTE DU COTON EN COTE D'IVOIRE

1 - CONTRAINTES CLIMATIQUES

La zone cotonnière de la Côte d'Ivoire (voir carte des zones) couvre près de la moitié du pays, entre le 10ème parallèle Nord, dans la région de savanes et le 7ème parallèle Nord, dans la région forestière. Trois zones climatiques distinctes se partagent cette étendue :

+ la région Nord (Odienné, Boundiali, Korhogo, Ferké) caractérisée par une saison de pluies et une saison sèche. L'unicité de la saison des pluies a une grande importance pour la croissance de la plante (quantité et répartition des pluies) et pour l'activité agricole, concentration des travaux, notamment ceux concernant la récolte du coton et des autres cultures. Cette région comporte 60 % des surfaces cotonnières

+ la région Centre (Séguéla, Mankono, Bouaké) avec deux saisons de pluies et deux saisons sèches, connaît une irrégularité pluviométrique d'une année à l'autre, créant fréquemment une perturbation au niveau de l'alimentation hydrique et surtout du calendrier agricole

+ la région Sud (Daloa, Bouaflé, Bongouanou) se situe dans un climat équatorial de transition à deux saisons de pluies et deux saisons sèches également, mais plus humide que le Centre.

Le climat influe surtout la morphologie et physiologie des plants, et ces contraintes ont une importance notable à la récolte.

De plus, le fait de provoquer une concentration des opérations de récolte et à cause de la priorité accordée aux cultures vivrières, l'action du climat allonge parfois la période de récolte du coton. Ceci a pour effets secondaires d'augmenter les risques : détérioration des fibres due à une trop longue exposition, dégâts provenant des incendies, augmentation des pertes au sol, et des pertes après pluie tardive ou précoce au Centre.

2 - CONTRAINTES PEDOLOGIQUES ET CULTURALES

Le coton est la plus forte source monétaire dans la zone cotonnière. Aussi doit-il être cultivé sur les meilleures terres pour assurer une bonne croissance. Les sols recommandés sont les sols légers, profonds, suffisamment perméables. Les terrains de bas-fonds, de forte pente, les sols cuirassés ou gravillonnaires sont à éviter car défavorables au développement racinaire ou à l'alimentation hydrique et minérale de la plante. Malgré l'absence d'étude pédologique approfondie en Côte d'Ivoire, les critères intuitifs guidant le choix du terrain par les paysans sont liés à la texture, la structure, la capacité de rétention de l'eau, la fertilité.

Que ce soit en récolte manuelle ou mécanique, la performance des récolteurs ou de la machine est largement influencée par les conditions de travail. Beaucoup de facteurs déterminant ces conditions peuvent être contrôlés ou modifiés par les méthodes culturales.

Si la fertilité du sol est fonction des caractéristiques physiques, ces dernières sont largement modifiées par les techniques de préparation du sol. KALMS(9) met en évidence ce fait par la comparaison de la porosité, de la résistance à la pénétration, de la dynamique de l'eau à l'aide de mesures de profils hydriques, de la croissance et du développement des parties aériennes et souterraines (système racinaire) après mise en oeuvre de différentes techniques culturales : travail traditionnel à la houe ("daba"), deux techniques de labour (charrue à socs, charrues à disques), travail minimum.

Les pratiques culturales du coton doivent s'analyser par rapport aux méthodes de récolte dans la perspective de l'augmentation d'efficacité du travailleur manuel ou de la machine, et de la préservation de la qualité. Dans une large mesure, les matériels de récolte du coton n'auront une précision et une utilité réelles que dans des exploitations correctement préparées. Si la préparation du sol permet d'assurer un bon développement des plants de cotonniers, elle est loin d'être optimale pour l'obtention de rendements élevés (bien que ce ne soit pas le seul facteur conditionnant le rendement) et pour un travail précis d'un engin de récolte (problème de régularité du niveau du sol, d'obstacles de toute sorte). La rapidité de l'opération de récolte est largement liée à l'uniformité du lit de semence. Ce dernier affectant la levée des plants et partant le regroupement des capsules de coton dans une zone de récolte, et affectant également la lutte et le contrôle des mauvaises herbes, influence indirectement la productivité des cueilleurs et l'efficacité de la machine de récolte.

(1) Numéro renvoyant à la référence bibliographique correspondante.

Il est essentiel pour des champs destinés à une récolte mécanique d'obéir à des règles précises de plantation. Pour cela, étant donné le découpage de la zone cotonnière selon le régime pluviométrique et surtout compte-tenu des périodes d'attaques des insectes parasites, le respect des dates, des écartements et des densités de semis, est primordial pour toute mécanisation. Le semis est manuel. Il est réalisé sur des lignes ou billons en culture manuelle ou attelée, ou à plat en culture motorisée. Les interlignes recommandés sont de 80 cm en culture manuelle ou attelée et 74 cm en culture motorisée, alors que l'écartement entre plants sur chaque ligne ou billon doit être de 20 cm (2, 3, 4, 17, 18). En semis à 5 graines par poquet (62.500 poquets/ha à 80 x 20 cm) et après démariage à 2 plants par poquet, la densité de plants/ha devrait être de l'ordre de 125.000. En Côte d'Ivoire, la densité moyenne est d'environ 75.000 plants/ha (variation 40.000 à 118 plants/ha). Diverses observations font remarquer un certain relâchement dans le respect des consignes de semis, une mortalité de plantules élevée, un démariage abusif. Etant données les corrélations significatives entre la population de plants à l'hectare et

- la conformation générale du plant
- l'importance de la végétation (largeur maximale, taille)
- le nombre de capsules par plant

il apparaît nécessaire d'améliorer la densité pour une question immédiate de rendement d'une part et d'autre part pour agir sur la durée de l'ouverture des capsules et le temps d'exposition de celles-ci, qui diminuent quand la densité augmente. Une densité élevée conduit à une précocité des plants et réduit la taille des plants (déplacement et récolte plus aisés). La réduction du nombre de capsules par plant n'entraîne pas une baisse de rendement.

Une première appréciation de ces contraintes culturales (état du lit de semence, semis, densité de plants) vis-à-vis de la récolte mécanique telle qu'elle se pratique aux Etats-Unis notamment, nous fait insister sur la nécessité d'une amélioration préalable pour toute forme de mécanisation quelle qu'elle soit. Même pour la récolte manuelle, de meilleures conditions de préparation du sol, un semis et une densité (plus élevée) conduisant à une plus grande homogénéité, une régularité plus nette, sont à préconiser.

Les techniques culturales qui affectent la morphologie des plants et le rendement de coton-graine sont la fertilisation, la lutte phytosanitaire et la lutte contre les mauvaises herbes. Le contrôle des parasites du cotonnier en Côte d'Ivoire a été l'un des facteurs de développement de la culture cotonnière. Cinq à six traitements antiparasitaires sont nécessaires selon que l'on se trouve au Nord ou au Centre et au Sud du territoire cotonnier pendant le cycle de la plante. Au niveau de

la lutte contre les mauvaises herbes, trois sarclages manuels suivis quelquefois d'un rebillonnage en culture attelée ou en motorisation intermédiaire, paraissent suffisants pour assurer un bon développement des plants. Mais le calendrier agricole chargé et peut-être la disproportion entre main-d'oeuvre disponible et taille des exploitations cotonnières, entraînent un mauvais entretien d'une partie des parcelles, en culture motorisée principalement. La conséquence sur les chantiers de récolte manuelle est un ralentissement du travail et une proportion de déchets anormalement élevée. Il est bien entendu qu'en cas de récolte mécanique cet état de fait serait inacceptable.

La dernière contrainte culturale qui a surtout des incidences économiques pour la récolte du coton est l'assolement qui est pratiqué. L'intensification de la culture du coton et la motorisation des exploitations ont entraîné la mise en place au Nord d'un assolement triennal basé sur le coton, le riz et le maïs ou le mil. Du fait de l'unicité de la saison des pluies dans cette région, chaque culture occupe un terrain différent. Dans la région Centre et Ouest, l'assolement souvent pratiqué est basé sur le coton, l'igname, le riz, le maïs. Le maïs vient en avant-culture sur le terrain qui portera le coton. Dans tous les cas, la sole de coton demeure la plus importante, le coton étant la plus grande source monétaire. De plus, une partie des récoltes vivrières sert à nourrir les travailleurs au moment de la récolte du coton. Ainsi, pour des raisons économiques, la tendance est à l'augmentation des superficies cultivées en coton, quel que soit le mode de culture, augmentant par conséquent les problèmes de main-d'oeuvre pour l'entretien et la récolte. Il se produit une saturation de la main-d'oeuvre disponible. Exemple : pour 30 ha conseillés pour toutes les soles, chez les propriétaires de tracteur Bouyer, 50 à 80 % sont souvent cultivés en coton.

3 - CONTRAINTES VARIETALES

Les caractéristiques agronomiques et technologiques ont jusqu'à guidé les recherches d'amélioration du cotonnier. Les améliorations successives du triple hybride H.A.R. (*Gossypium hirsutum* x *G. arboreum* x *G. raimondii*) ont donné naissance aux variétés cotonnières actuellement cultivées en Côte d'Ivoire, dont voici quelques unes L 299 10-75, T 120-76, T 120-77, T 120-78, T 120-79 et la dernière ISA 205 (7,8). Ces variétés ont permis d'augmenter pour ce qui concerne notre étude, le poids capsulaire, la productivité (rendement), de gagner en précocité et en résistance à la verse et de réduire la taille des plants. Ces caractères influencent le rendement et la productivité des récolteurs. La mécanisation de la récolte du coton, introduisant à n'en pas douter de nouvelles contraintes, nécessitera de nouvelles améliorations variétales ou une introduction de variétés nouvelles.

4 - CONTRAINTES MORPHOLOGIQUES ET PHYSIOLOGIQUES POUR LA RECOLTE DU COTON

4.1. Aspect de la plante avant récolte

Dans cette partie, il sera quelquefois nécessaire de distinguer les deux zones traditionnelles : la zone Nord et la zone Centre. Cette distinction est liée à la différence entre les conditions climatiques au moment de la récolte.

4.1.1. Feuilles et Bractées

* Région Nord

Lorsque les capsules arrivent à maturité, il ne pleut presque plus dans cette zone. Ainsi, au moment de l'ouverture des capsules, les conditions climatiques sont telles que la plante sèche rapidement. Pendant le premier passage de récolte, seules les premières feuilles, celles du bas, sont brunies et peuvent tomber; mais elles ne sont pas suffisamment sèches pour coller au coton-graine.

Au fur et à mesure que le temps devient de plus en plus sec, les feuilles s'assèchent également. Certaines tombent au sol, mais d'autres se détachent et restent accrochées à une branche, à une autre feuille ou collent sur le coton-graine. Au moindre contact de la main avec une feuille sèche, celle-ci se casse en petits morceaux qui, si la feuille était sur du coton, sont difficiles à trier. Il faut également prendre beaucoup de précautions lorsqu'on cueille le coton, pour ne pas qu'un geste malencontreux l'amène en contact d'une feuille sèche. Celle-ci adhèrera aussitôt au coton.

Généralement, les trois ou quatre dernières feuilles autour du bourgeon terminal sont encore vertes et le resteront jusqu'à la fin de la récolte.

Les capsules déhiscentes à maturité conservent les trois bractées qui sèchent en même temps que les feuilles. Les bractées collent moins au coton et sont plus faciles à séparer.

* Région Centre

Contrairement à la région Nord de la zone cotonnière, la région Centre connaît, à la fin de la phase de maturité du cotonnier, une humidité relative assez élevée. Les matinées sont caractérisées par des rosées qui généralement ne se dissipent pas avant 9 heures. Il y a encore quelques pluies en Novembre-Décembre, alors qu'une bonne proportion des capsules est ouverte.

La conséquence de cette atmosphère humide sur les plants de cotonnier est une verdoyance prolongée de la partie aérienne. Peu avant la phase de récolte, la moitié des feuilles sont encore vertes. La proportion de feuilles fanées et sèches est plus élevée vers la base du plant. Normalement le produit cueilli au premier passage de récolte devrait être plus propre du point de vue débris de feuilles, car les feuilles sèches ne cassent pas en menus morceaux. Faisons remarquer cependant que pendant l'ouverture des capsules, de nouvelles apparitions de feuilles jeunes sont constatées.

4.1.2. Branches et Pédoncules

* Région Nord

Comme les feuilles, les branches et les pédoncules des capsules deviennent de plus en plus secs au fur et à mesure de l'étalement de l'ouverture des capsules. Mais les pédoncules sèchent plus vite que les branches. Si la récolte est tardive, il ne sera pas rare que le pédoncule casse au point de jonction avec la branche fructifère ou que la branche casse avec la ou les capsules qu'elle porte. Ce dernier cas n'est pas très fréquent. Le dessèchement démarre aux extrémités pour aller vers la base.

* Région Centre

Toute la tige, les rameaux et les pédoncules demeurent verts pendant toute la durée de la récolte. Les pédoncules ne se détachent donc pas avec les capsules lorsqu'on désire enlever le coton-graine. Ceci peut avoir une influence positive sur le rendement du cueilleur, car ce dernier, s'il est habile, pourra utiliser les deux mains pour la cueillette.

4.1.3. Capsules

Après la fécondation, le fruit grossit rapidement et atteint sa taille définitive en 18 ou 21 jours. Les capsules sont plus ou moins lisses et de formes variables allant de la forme presque sphérique à la forme allongée. Leur coloration varie du vert au vert foncé et au rouge.

Déhiscentes à maturité, elles s'ouvrent en 3 à 5 lobes.

* Dispositions

Le nombre de capsules par branche varie en diminuant de la base vers le haut de la plante. Ainsi, si les branches les plus basses ont trois capsules, les suivantes en auront deux, puis une et zéro.

Les capsules les plus basses sont plus grosses.

Le tableau suivant permet de se faire une idée de la partie du plant portant les capsules :

	125	115	145	120	157	140	130	Moyenne
Longueur du plant (cm)								
Partie la plus basse sans capsules (cm)	30	40	20	25	32	27	32	
	24 %	34,8 %	13,8 %	20,8 %	20,4 %	19,3 %	24,6 %	22,5 %
Partie de la plus haute sans capsules (cm)	25	30	25	30	30	30	47	
	20 %	26 %	17,3 %	25 %	19 %	21,4 %	36 %	23,5 %
TOTAL								46,0 %

Certains entretiens avec des techniciens de la culture cotonnière du Centre IRCT Bouaké, nous permettent de tracer la courbe suivante : (*figure n° 1*).

Si les conditions climatiques et nutritives sont bonnes tout au long du cycle, on obtient la courbe en cloche n° 1. Au début de la fructification, les besoins pour la floraison se font de moins en moins importants et la fructification l'emporte progressivement sur la floraison. Le phénomène de fructification atteint ensuite un maximum, puis décroît. La chute et l'arrêt de fructification sont liés aux conditions climatiques.

Quand les conditions se font meilleures après la phase de fructification, il peut y avoir nouvelle floraison, puis nouvelle fructification (portion n° 4).

La phase de fructification peut connaître un arrêt brutal consécutif à une période de sécheresse (2). Mais, dès que les conditions pluviométriques deviennent meilleures, il y a un redémarrage de la fructification selon une courbe plus haute que la courbe normale (courbe en pointillés n° 3).

FRUCTIFICATION
(Nombre de Capsules)

- 12 -

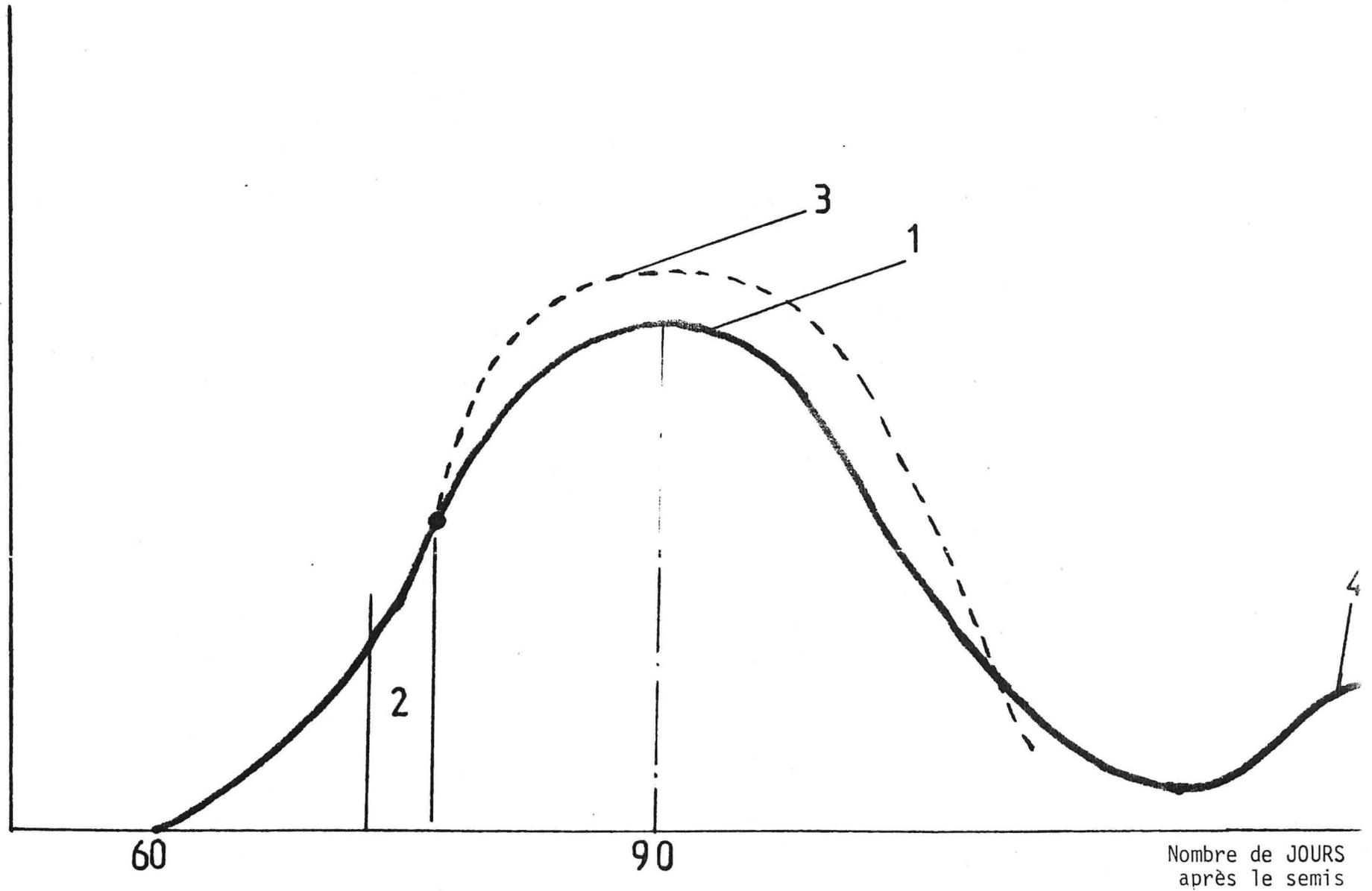


Figure n° 1 : FRUCTIFICATION EN FONCTION DU TEMPS ET DES CONDITIONS CLIMATIQUES

* Nombre de capsules par plant

Nous avons vu dans le paragraphe sur la floraison que 64 % des fleurs donnaient des capsules, selon une étude menée par l'I.R.C.T. Selon des renseignements recueillis auprès de divers techniciens, seuls 50 % des fleurs arrivent à maturité, suite à des expériences personnelles.

Généralement, le nombre de capsules par plant est fonction de la date de semis, des conditions climatiques, de la protection phytosanitaire, de l'entretien (lutte contre les mauvaises herbes), de la densité (donc de l'occupation des espaces aérien et souterrain), de la fertilité des sols et de la texture. Ce nombre dépend également du phénomène de shedding physiologique encore mal connu. Le nombre de capsules par plant varie largement dans nos observations dans la zone cotonnière de Côte d'Ivoire, d'une zone à une autre et à l'intérieur d'une même zone.

Par exemple, lorsque l'une ou/et l'autre des conditions suivantes sont observées, le nombre de capsules par plant varie entre trois et huit :

semis tardif - mauvais entretien contre les mauvaises herbes. - Sols pauvres (excès de gravillons, épuisés par l'exploitation).

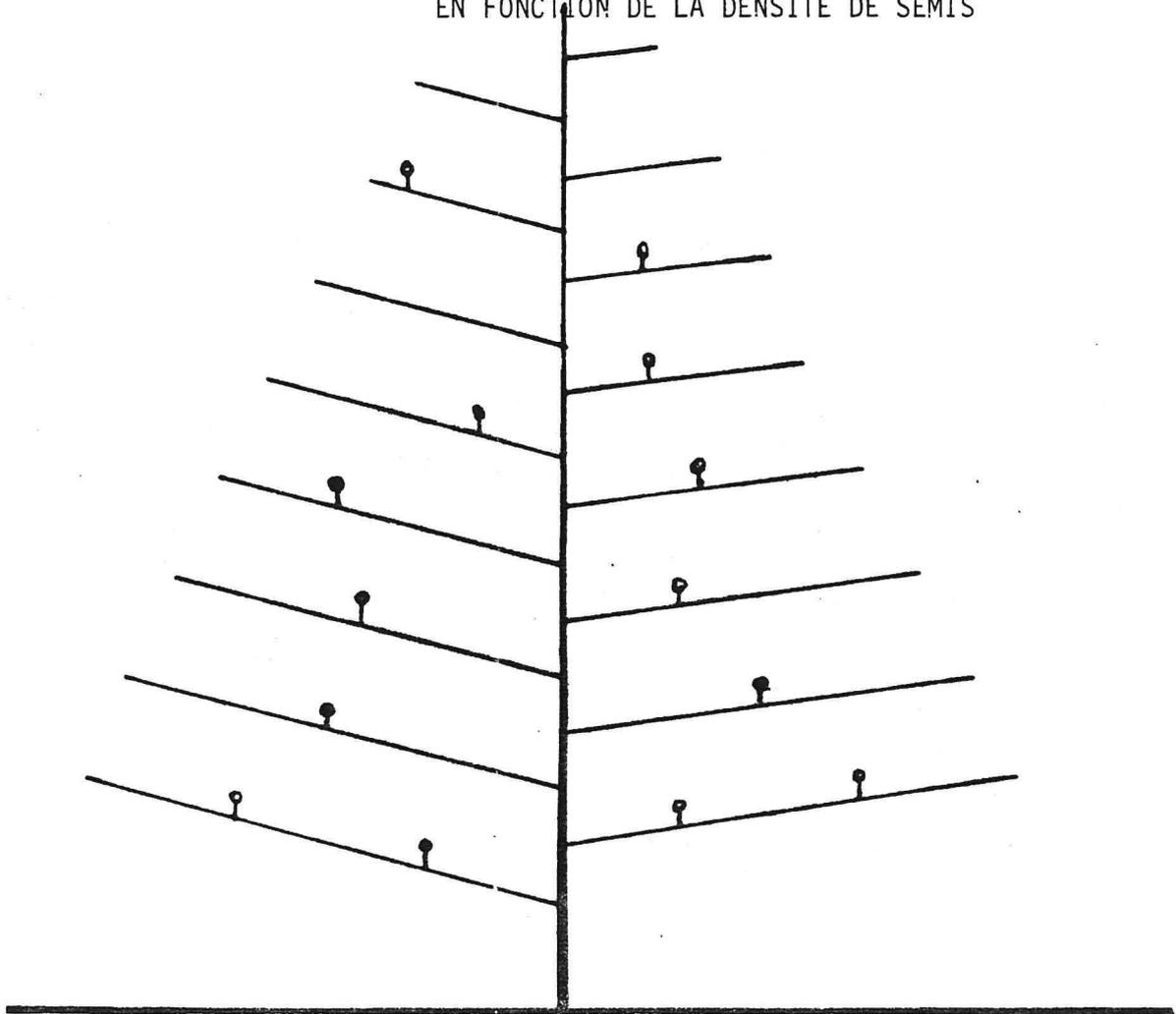
Dans les exploitations sur sols moyens ayant une bonne densité de plants, le nombre de capsules par plant oscille entre 8 et 15 avec une moyenne autour de 10.

Une fourchette de quinze à trente capsules par plant avec des pointes jusqu'à quarante, voire cinquante, peut être rencontrée sur des exploitations sur terres fertiles. Dans ce dernier cas, la taille des plants est importante. Mais attention, la relation entre le nombre élevé de capsules par plant et cette taille n'est pas toujours vérifiée. Quelquefois le développement végétatif l'emporte sur les phases de floraison et de fructification. La végétation est alors exubérante aux dépens de la fructification (phénomène fréquent en région Centre) et le plant bien que dépassant largement les 2 mètres ne porte environ qu'une dizaine de capsules.

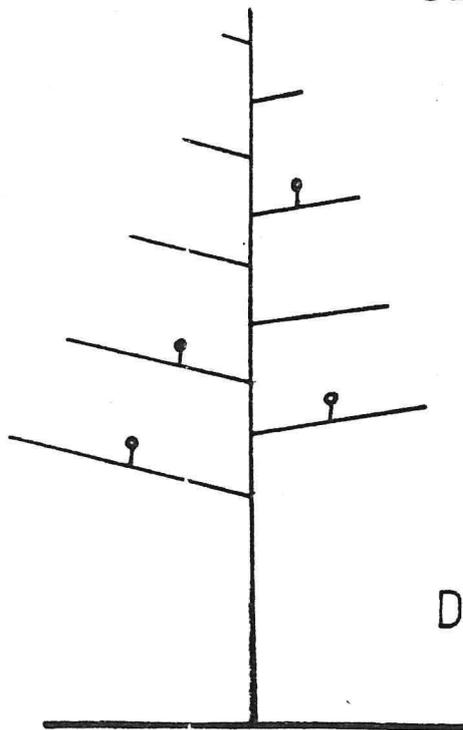
En résumé, un plant n'atteignant pas 80 cm en taille, aura rarement un nombre de capsules de plus de 8. Jusqu'à 1,20 m, le nombre de capsules peut monter jusqu'à 15. Pour une taille de 1,50 m à 1,70 m, le nombre moyen de capsules tourne autour de 20 à 30 et pour des tailles situées entre 1,90 m et 2,30 m, le nombre de capsules avoisine 25 à 45.

Un fait très important conditionnerait l'utilisation des machines classiques pour la récolte du coton-graine, c'est l'irrégularité dans la taille des plants, qui entraîne aussi une grande variation du nombre de capsules par plant sur une même parcelle, sur un même rang. Ces facteurs rendent malaisé l'emploi d'une mécanique simple.

Figure n° 2 : CONFORMATION DU PLANT ET NOMBRE DE CAPSULES/PLANT EN FONCTION DE LA DENSITE DE SEMIS



FAIBLE DENSITE DE SEMIS (espacement 30 à 40 cm)



DENSITE DE SEMIS ELEVEE
5 à 20 cm entre plants

* Pourcentage de capsules ouvertes

La capsule s'ouvre sous l'influence de l'insolation et de la siccité de l'air. L'ouverture se fait aux lignes de suture des carpelles. Elle est étalée dans le temps de la base au sommet du plant. Le pourcentage de capsules ouvertes avant que ne commence la récolte est très variable. Il dépend du choix du planteur, donc, de l'importance accordée aux différentes cultures et de la disponibilité de la main-d'oeuvre. Il varie de 40 % à 100 % d'ouverture.

Le pourcentage de coton-graine tombé des capsules est très faible si nous considérons qu'au moment des observations les récoltes étaient tardives. En effet, avant les passages pour la récolte, l'action des intempéries (vent, pluie notamment) se résume à la chute du coton de quelques lobes. Le pourcentage de chute augmente avec le temps. Les cas les plus fréquents et qui représentent des dégâts assez importants sont les traversées d'un bout du champ par des sangliers. D'après les résultats des essais de récolte mécanique en Côte d'Ivoire (57), pour les trois variétés considérées, le coton tombé naturellement représenterait 1,5 à 3,3 %.

Le pourcentage de capsules non ouvertes au moment où on entame la récolte varie au fur et à mesure de l'augmentation du pourcentage d'ouverture. En zone Nord, à 100 % d'ouverture, on n'observe plus de capsules vertes (ou alors très rarement). Mais au Centre, la floraison et la fructification ne sont presque pas stoppées. Ainsi, même lorsqu'on a fini la récolte, il reste encore des fleurs et 1, 2 ou 3 capsules immatures par plant.

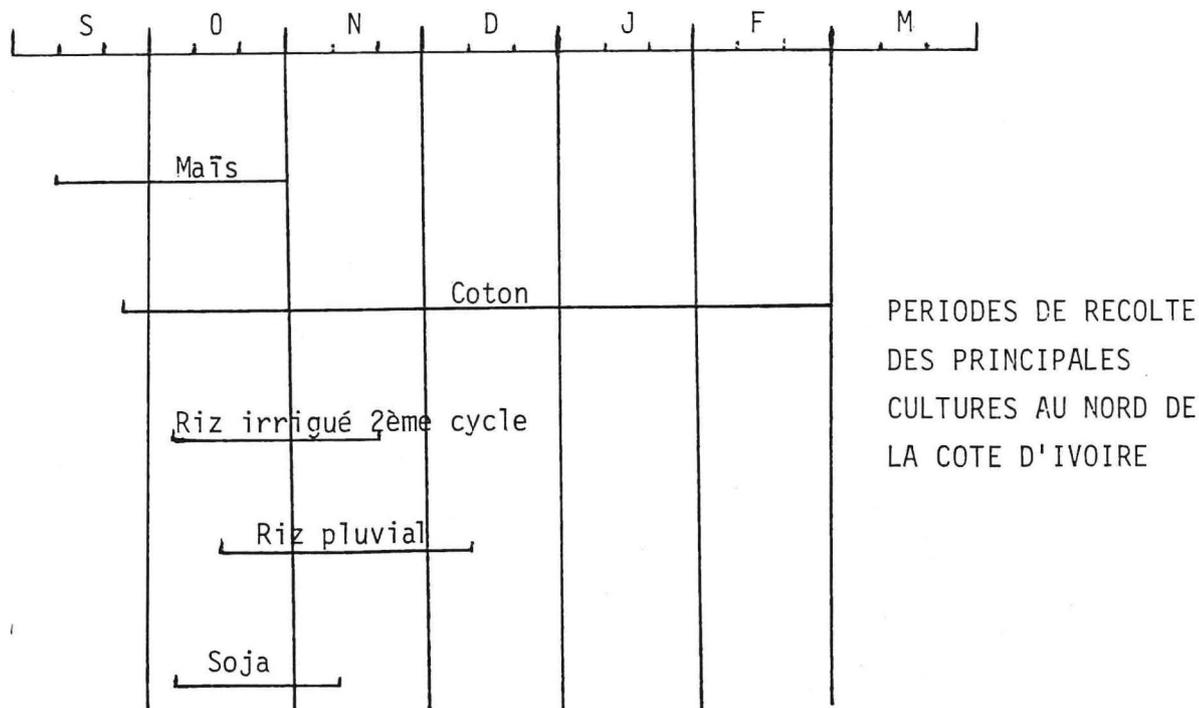
La cueillette du coton-graine doit être faite à complète maturité de la capsule, c'est-à-dire, lorsqu'en tirant l'extrémité de la touffe de coton, tout le contenu capsulaire sort avec facilité. Lorsque la capsule a eu un développement normal jusqu'à l'ouverture et le séchage de la fibre qu'elle contient, la séparation est effectivement facile. Il semble qu'il existe une période après l'ouverture où le contenu capsulaire se sépare en bloc avec une extrême facilité. Une capsule parasitée ou n'ayant pas connu de bonnes conditions au moment de l'ouverture verra son coton-graine fortement collé à la base des carpelles. Généralement le coton d'une telle capsule floconne moins bien à l'extérieur.

II - RECOLTE MANUELLE DU COTON

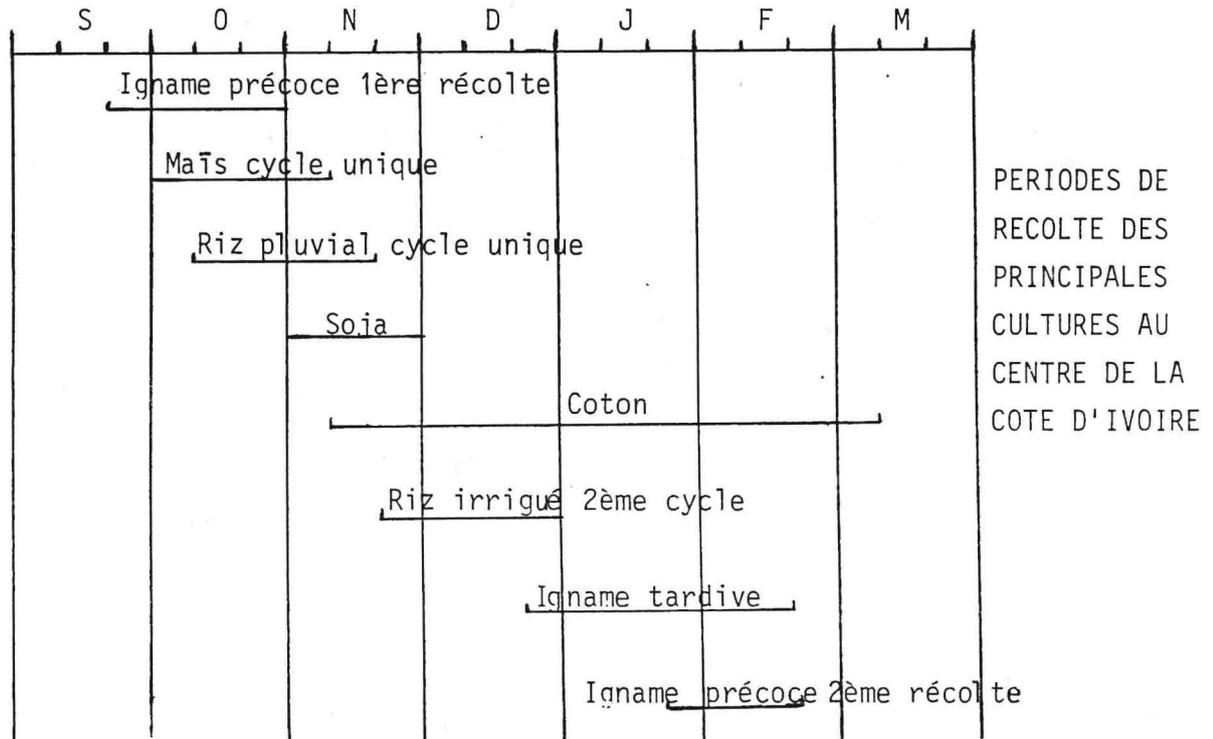
1 - CONTRAINTES DES SYSTEMES DE CULTURE ET DES SYSTEMES DE PRODUCTION

Si les semis ont été réalisés dans les délais prévus, c'est-à-dire de la dernière décade de Mai à fin Juin, au Nord, de la première décade de Juin à fin Juillet, au Centre, on observe les premières ouvertures de capsules, dernière décade de Septembre au Nord et dernière décade de Novembre au Centre. Mais l'ouverture ne se généralisera qu'en Octobre pour le Nord et en Décembre pour le Centre. La période de récolte couvre donc les mois d'Octobre à Février (voire une partie de Mars) dans la zone Nord et les mois de mi-Novembre à Février (quelquefois une partie de Mars) au Centre. On remarque que la période de récolte est plus longue au Nord. C'est d'abord, le fait que les exploitations sont plus grandes et ensuite, la conséquence du chevauchement de plusieurs opérations de récolte des diverses cultures, ce qui rend celle du coton plus tardive.

Au Nord en effet, la priorité est donnée à la récolte des vivriers : riz, maïs, mil, arachide, alors qu'au Centre, la seule récolte qui influence celle du coton est celle de l'igname.



L'importance de telle ou telle culture influence très nettement les autres cultures en ralentissant leurs activités, si elles ne sont pas stoppées, prolongeant ainsi les périodes de travaux qui les concernent. Ainsi, le coton est obligé d'attendre sur les plants, le temps de faire rentrer les vivriers pendant les mois d'Octobre-Novembre et une partie de Décembre.



D'après le calendrier ci-dessus, nous remarquons qu'une bonne partie des cultures vivrières est récoltée en Octobre-Novembre avant que la récolte du coton n'entre dans sa phase décisive et que seule l'igname crée la concurrence.

En définitive, nous constatons que les critères de fixation des dates de récolte du coton-graine ne sont pas seulement d'ordre techniques, mais dépendent essentiellement de l'avancement des travaux de récolte des cultures vivrières (le dicton : "le coton, ça ne se mange pas", est très populaire dans le milieu paysan). Dans la majorité des cas, la récolte s'effectue donc quand presque toutes les capsules sont ouvertes. Ce qui réduit le nombre de passages à un seul. Les deux passages n'ont lieu que sur une petite portion de l'exploitation. Cette tendance à un seul passage a une conséquence certaine sur la qualité du produit et sur le temps qui sera passé à la récolte car le contenu capsulaire, pendant lobe par lobe, ne pourra plus être cueilli d'un simple tour de main. De toutes façons, mis à part le chevauchement des travaux, bon nombre de planteurs préfèrent attendre une ouverture généralisée des capsules pour éviter une récolte échelonnée.

2 - CONSEQUENCES DU CLIMAT POUR LA RECOLTE

Des études réalisées au Zimbabwe (ex Rhodésie) par J. DE JONG (16) montrent que le coton-graine sèche trois jours après l'ouverture de la capsule et que récolter du coton trop humide conduirait à l'obtention d'un coton grisâtre et une détérioration de la fibre dans la balle de coton. Mais, d'autre part, il se produit une détérioration de la fibre si le coton est laissé longtemps sur la plante. En plus de la poussière, des cendres issues des feux de brousse et des taches (surtout dues aux feuilles vertes du cotonnier par contact avec le coton), la fibre peut subir une irradiation par la lumière solaire, après les sept jours qui suivent l'ouverture et ceci est favorisé par les conditions encore humides. Lorsque des pluies surviennent après l'ouverture, les capsules attaquées connaissent des pourritures complètes ou partielles. Selon J. DE JONG, il serait souhaitable que la récolte se déroule dans les deux semaines suivant l'ouverture des capsules. La machine récoltant plus vite, assure donc une qualité supérieure !

En Côte d'Ivoire, dans les zones cotonnières, les pluies se sont arrêtées généralement assez tôt (fin Octobre dans le Nord) pour obtenir un produit propre. Les récoltes ayant été tardives et les conditions climatiques de plus en plus sèches, le coton floconne tellement à l'extérieur des capsules que le contenu de certaines lobes devient pendant quand il ne tombe pas. Au moment de la récolte, il se produit également des rosées matinales qui humidifient le coton. Il faut attendre la levée de ces rosées pour commencer la récolte. Le travail ne commence donc qu'entre 8 heures et 9 heures.

3 - CONTRAINTES LIEES A LA MAIN D'OEUVRE DANS LES EXPLOITATIONS COTONNIERES

L'évolution des structures sociales consécutive au développement de la culture du coton et l'augmentation des superficies mises en culture grâce à la mécanisation des labours accentuent les difficultés de mobilisation d'une force de travail suffisante pendant les périodes de pointe comme celle de la récolte du coton.

Pour mieux suivre l'évolution de la main-d'oeuvre et bien comprendre la conséquence pour la récolte du coton d'une réduction de celle-ci et donc le besoin de rechercher une solution technique, installons-nous un moment dans les exploitations cotonnières.

L'exploitation désigne souvent l'ensemble des personnes travaillant sous la direction d'un même individu. Mais il peut arriver qu'un planteur dépende ou contrôle un autre (13,14). D'un autre côté, l'origine du chef d'exploitation est une indication importante donnant une idée du nombre de travailleurs permanents sur l'exploitation et la composition de cette main-d'oeuvre. Dans les secteurs d'Odienné, Boundiali, Ferké, la culture du coton est surtout le fait d'autochtones propriétaires fonciers, alors que ceux de Korhogo, Séguéla, Mankono, Bouaké, Bouaflé et Yamoussoukro, autochtones et allogènes ivoiriens (Sénoufo et Malinké) et non-Ivoiriens (Maliens, Guinéens) se partagent la culture. Dans le cas de migrations Sénoufo dans la zone

dense du département de Korhogo vers les terres fertiles d'autres régions plus au Sud, la principale motivation est la culture cotonnière.

3.1. Acquisition de la terre

Aucun problème ne se pose au niveau des chefs d'exploitation autochtones qui héritent des terres de leurs parents. Ils sont les donateurs de terre lorsqu'ils accueillent des migrants. L'utilisation de la terre, gratuite au début, tend à être monétarisée ou souvent nécessite un échange de vivres ou encore un travail de quelques journées par an sur le champ du maître de terre. L'accès aux meilleures terres ou le passage à de nouvelles terres en cas d'épuisement de celles qu'on occupe est quelquefois difficile.

3.2. Localisation des exploitations cotonnières

Les exploitations cotonnières ne sont souvent pas très éloignées du village, permettant aux travailleurs de rentrer tous les soirs. Elles sont situées dans un rayon d'environ 10 km. Ces exploitations sont regroupées en blocs pour faciliter le contrôle phytosanitaire et pour des raisons économiques quand les planteurs bénéficient des défrichements sociaux.

3.3. Dimension des exploitations cotonnières

Nous allons prendre comme base de comparaison un exemple tiré de l'étude de Xavier LE ROY (Migrations cotonnières Sénoufo) (14).

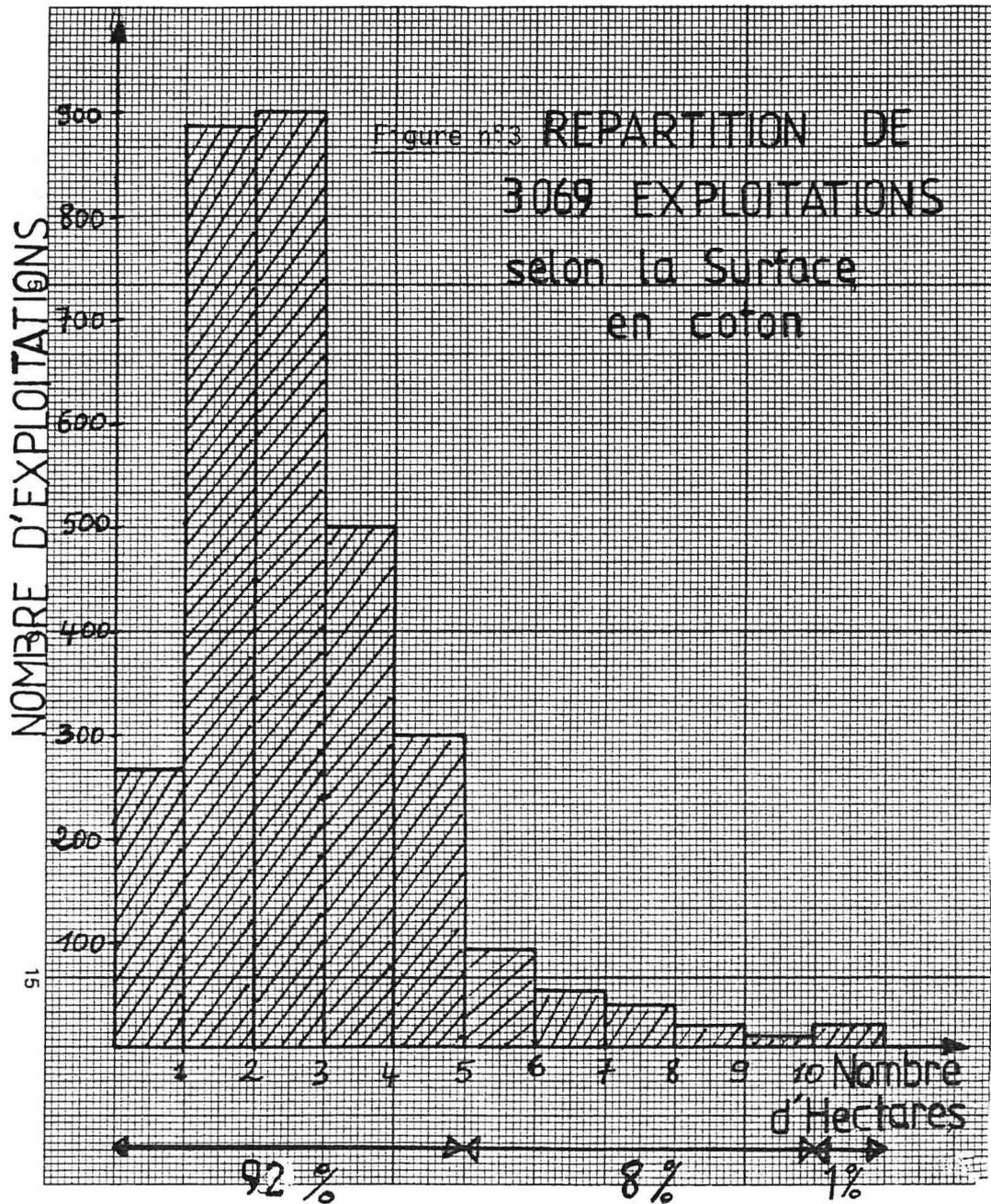
L'exemple se rapporte à la principale région d'accueil des migrants. Le principal intérêt de ce choix est qu'il s'agit en fait du secteur de Mankono, qui est l'un des plus gros producteurs de coton.

La plus petite superficie en coton acceptée par la C.I.D.T. est de 0,5 ha.

Selon la répartition des exploitations de la principale zone d'accueil des migrations Sénoufo en fonction de la surface en coton, (Cf. Figure n°3) nous remarquons que 1 % des exploitations ont plus de 10 ha, 20 % ont des surfaces entre 5 et 10 ha et que la grande majorité des exploitations (92 %) se situent entre 1 et 5 ha, l'exploitation la plus fréquente ayant 3 ha.

Ailleurs, par exemple à Odienné, 79 % des planteurs ont 0,5 ha ou 1 ha. A Kani, dans le secteur de Séguéla, 12 % des exploitations ont 0,5 ha, 37 % 1 ha, 16 % 1,5 ha et 14 % 2 ha, c'est-à-dire que 79 % des exploitations auraient des surfaces de 0,5 à 2 ha, alors que seulement 2 % ont 5 ha et plus.

Dans le secteur de Bouaké, et plus au Sud encore, la majorité des exploitations ont entre 0,5 et 1 ha.



Nous retiendrons donc qu'en Côte d'Ivoire, les grosses exploitations cotonnières sont rares et que la production ivoirienne de coton est assurée par de petits planteurs.

Ce facteur "taille des exploitations" peut être un handicap pour toute forme de mécanisation de la récolte du coton.

Bien-sûr, la grandeur des exploitations est fonction du mode de culture. En culture manuelle, selon le nombre d'actifs, on peut avoir une

fourchette 0,5 ha à 10 ha avec une moyenne autour de 2 ha. En culture attelée, on rencontre plus facilement une moyenne de 5 à 6 ha. En culture motorisée, la taille optimale est fixée à 15 ou 16 ha, la fourchette de variation sur le terrain étant de 10 à 23 ha. La taille de 15 à 16 ha conseillée par la C.I.D.T. tient compte d'un souci économique, d'un certain dosage avec les cultures vivrières pour garantir une quantité suffisante des ressources alimentaires, mais aussi tient compte des différents goulots d'étranglement liés à la culture du coton (lutte contre l'enherbement, récolte). Nous sommes en droit de penser que la mise au point d'une machine de récolte peut induire l'extension des dimensions de parcelles.

Si l'on s'intéresse à la répartition selon le mode de culture, on constate une prépondérance normale de la culture manuelle.

MODE DE CULTURE

	CULTURE MANUELLE	CULTURE ATTELEE	CULTURE MOTORISEE
Korhogo	88,0 %	8,7 %	3,3 %
Odienné	80,8 %	17,3 %	1,9 %
Mankono	95,0 %	3,0 %	2,0 %
Kani (Séguéla)	95,8 %	1,5 %	2,7 %

On constate donc une très faible mécanisation de la production cotonnière. La culture attelée s'est beaucoup plus développée dans l'extrême-Nord de la zone cotonnière. Et c'est là également que l'introduction de la mécanisation des exploitations a commencé, le passage par la culture attelée ayant été une condition nécessaire.

En 1980, les cultures menées mécaniquement représentaient 27,6 % de la surface cultivée (20,5 % en culture attelée à traction bovine, 7,1 % en culture motorisée).

3.4. La main-d'oeuvre

En culture cotonnière, le planteur peut être ou non chef d'exploitation. Selon les zones, les familles, le planteur, titulaire d'une parcelle de coton, n'est pas le chef d'exploitation. Il est souvent celui qui voyage le plus et connaît beaucoup de choses du fait de ses contacts lors de ses voyages. Il n'a donc qu'une décision économique.

Le mode d'exploitation des parcelles coton est souvent familial, mais dans certaines zones, il existe une proportion importante de parcelles individuelles, notamment les zones du Secteur de Korhogo où le départ d'une partie des actifs des exploitations du village d'origine, conduit à une réduction de la taille de celles-ci et une augmentation de la segmentation et de la culture personnelle.

L'introduction du coton, comme culture de rapport a également suscité un phénomène de scission de la cellule familiale de base. Il s'en est suivi une extension des parcelles individuelles, l'ouverture d'un champ individuel se faisant d'abord au profit de la culture de rapport, puis les productions vivrières y font leur apparition. Au fur et à mesure que le scissionniste prend son indépendance progressive, c'est là qu'il envisage la transformation vers les techniques les plus avancées faisant appel à la mécanisation. Le nombre et la composition de la main-d'oeuvre sur les exploitations varient selon que l'on se trouve dans une zone dense subissant une émigration, dans une zone d'accueil de migrants ou dans une zone assez stable. Dans tous les cas, le phénomène de scission, donc de réduction du nombre d'actifs par exploitation, subsiste.

Dans la zone dense de forte émigration autour de Korhogo et dans les secteurs de la région forestière, la main-d'oeuvre est composée du planteur, de la (ou des) femme(s) et des enfants (frères, fils, neveux) n'ayant pas été scolarisés. Le nombre d'actifs permanents varie entre 2 et 6.

Dans les secteurs de Boundiali, Odienné, Ferké, Nord du secteur de Korhogo (M'Bingué, Niofouin) sur les parcelles des autochtones à Séguéla, Mankono, Bouaké, la composition de la main-d'oeuvre garde le cachet traditionnel de la cellule familiale réduite plus les neveux, les cousins, les oncles et tantes... Il n'est pas rare d'avoir des exploitations où travaillent en permanence 8 à 15 personnes.

Les secteurs de Mankono et Séguéla, bénéficiant des migrations cotonnières Sénoufo, connaissent sur les exploitations de ces migrants un effectif moyen de 4 travailleurs par exploitation (13). Là aussi l'exploitation correspond en grande partie à la cellule familiale.

Dans tous les cas, la cellule familiale restreinte : le chef de famille + épouse(s) + fils et fille(s) célibataires + un ou deux frères (soeurs) célibataires, constitue l'élément de base de la main-d'oeuvre.

Du point de vue de la composition par sexe de la main-d'oeuvre permanente, notons une prépondérance des hommes dans les populations de migrations installées à Mankono, Séguéla (Sénoufo, non-Ivoiriens), et chez les Baoulé où l'exploitation est plus individualisée. La proportion des femmes dans les autres cas, somme toute les plus nombreux, est plus importante. (Cf. *Tableau en Annexe I*)

Même si traditionnellement, le partage des tâches selon le sexe, réservait la récolte du coton aux femmes, les choses ont du reste évoluées et le déséquilibre en faveur des femmes sur les chantiers de récolte est dû désormais à l'important exode des hommes vers les centres urbains.

D'un autre côté, la proportion d'enfants (8-14 ans) est très faible sur les exploitations. Ce serait la conséquence d'une scolarisation de plus en plus importante.

Vu sous cet angle de la main-d'oeuvre permanente sur l'exploitation, l'on ne peut comprendre l'ampleur de la contrainte de la force de travail pour la récolte du coton. La récolte du coton est une opération pénible et particulièrement lente, qui nécessite beaucoup de bras (*Photo n° 1*). Du fait de la multiplicité des exploitations consécutive à la segmentation de la cellule familiale, du fait de la réduction du nombre de travailleurs par suite de l'exode rural, il devient difficile de rassembler des effectifs importants plusieurs fois de suite sur une même exploitation. Il faut voir là aussi, l'une des raisons de l'allongement de la période de récolte du coton par rapport au calendrier agricole traditionnel. La disponibilité d'une main-d'oeuvre temporaire est donc essentielle à cette époque de l'année. Cette main-d'oeuvre temporaire est presque exclusivement féminine. Elle peut être issue des organisations dans le cadre de l'entraide ou de prestations sociales obligatoires. La force de travail extérieure peut être aussi l'oeuvre d'associations de femmes formées à cet effet et qu'il faut rémunérer. Ces groupes de travail font la navette d'exploitation en exploitation. Dans les zones d'immigration, le terroir d'origine peut représenter un réservoir de main-d'oeuvre d'où l'on fait venir des parentes qui resteront le temps de la récolte.

L'emploi de manoeuvres agricoles permanents est très limité en culture cotonnière, celle-ci étant très peu rémunératrice et surtout pénible.

Que devons-nous retenir de cette étude de la main-d'oeuvre en liaison avec notre projet de recherche de solution technique pour la récolte du coton ? Il s'avère que l'on se dirige vers une raréfaction de la force de travail manuelle. Ceci a été le fruit de nombreuses scissions survenues au niveau de la grande unité familiale, de nombreux départs de forces vives vers de nouveaux centres d'intérêts. L'instabilité du tissu social agricole ne peut se traduire à terme que par une diminution du nombre de travailleurs. La surcharge et la saturation de la main-d'oeuvre au moment de la récolte du coton nées de la mécanisation de certains travaux (labour notamment) ne laisseront plus d'autre solution que la récolte mécanique, si toutefois l'extension des superficies cotonnières se maintient. En tout état de cause, l'évolution de la mécanisation de la récolte du coton devrait tenter de précéder toute évolution démographique.

4 - PREPARATION DE LA RECOLTE

La construction de claies de séchage et d'abris de stockage au champ n'est pas généralisée. Le manque de routes pour acheter et transporter le coton stocké de cette façon directement au lieu d'égrenage, conduit à prévoir au village des hangars et cases de stockage. Les claies ou abris champêtres doivent être bien aérés, ensoleillés et protégés pour éviter la réhumidification, les rosées matinales, les dépôts d'impuretés et les incendies.

Dans la plupart des cas, le coton est transporté au village quotidiennement ou au fur et à mesure des récoltes.

5 - LA CUEILLETTE DU COTON

Selon que le contenu capsulaire est regroupé ou pendant par lobe, le récolteur sait qu'il peut tout retirer de la capsule d'un seul tour de main. Du bout des doigts, le cueilleur saisit la bourre de coton de tous les lobes à la fois et d'un mouvement rapide vers lui, il sépare le coton de sa capsule. Quand le coton pend lobe par lobe, le récolteur exécute la cueillette séparément ou groupe un maximum de lobes.

Etant donné, quelquefois la sécheresse du pédoncule qui peut provoquer une cassure, ou la mobilité de la capsule empêchant une bonne exposition de la bourre, le cueilleur est obligé de s'aider de sa deuxième main pour immobiliser la capsule.

Mais ceci ne suffit pas à expliquer l'utilisation d'une main pendant la cueillette, alors que les deux mains permettraient d'augmenter de manière appréciable le rendement du cueilleur.

Généralement, l'une des mains effectue le geste de cueillette et l'autre sert à stocker momentanément le produit de plusieurs capsules avant introduction dans le matériel utilisé sur soi pour le stockage. Il semble qu'il faille un certain temps d'entraînement à l'utilisation des deux mains (*Photo n° 2*).

D'autre part, deux autres causes à l'utilisation d'une main à la cueillette sont le rôle de nettoyage des débris (feuilles sèches, bractées, pédoncules, mauvaises herbes...) et l'ouverture de la bouche du sac généralement utilisé. En effet, deux bouts de tissu, corde ou caoutchouc attachés en deux points diamétralement opposés sur la largeur du sac et permettant de porter ce sac à la taille l'ouverture par l'avant, maintiennent la bouche fermée. Même quand ce sac est porté en bandoulière, l'ouverture ne s'obtient pas facilement (*Photos n° 3 et 5*).

6 - METHODES UTILISEES

Pendant la durée de la tournée à travers les zones cotonnières ivoiriennes, nous n'avons pu observer que la généralisation d'une seule méthode : la récolte sur un seul rang. A chacun son rang. Cette méthode est favorisée par la pratique dans la rémunération du travail.

Pour la main-d'oeuvre individuelle salariée, il existe un prix pour chaque centaine de mètres de rang récolté. Et même pour une main-d'oeuvre salariée, mais communautaire, il faut que chacun ait les mêmes droits et pour cela il faut que tout le monde récolte le même nombre de rangs.

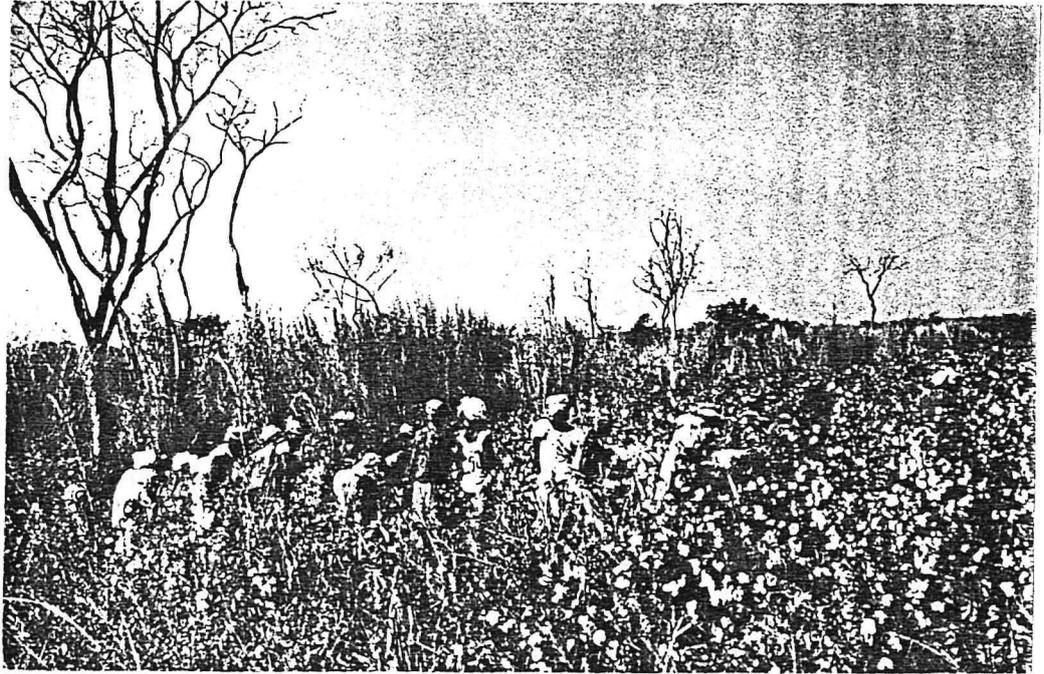


Photo n° 1



Photo n° 2

BESOIN EN MAIN D'OEUVRE ET CUEILLETTE DU COTON



Photo n° 3

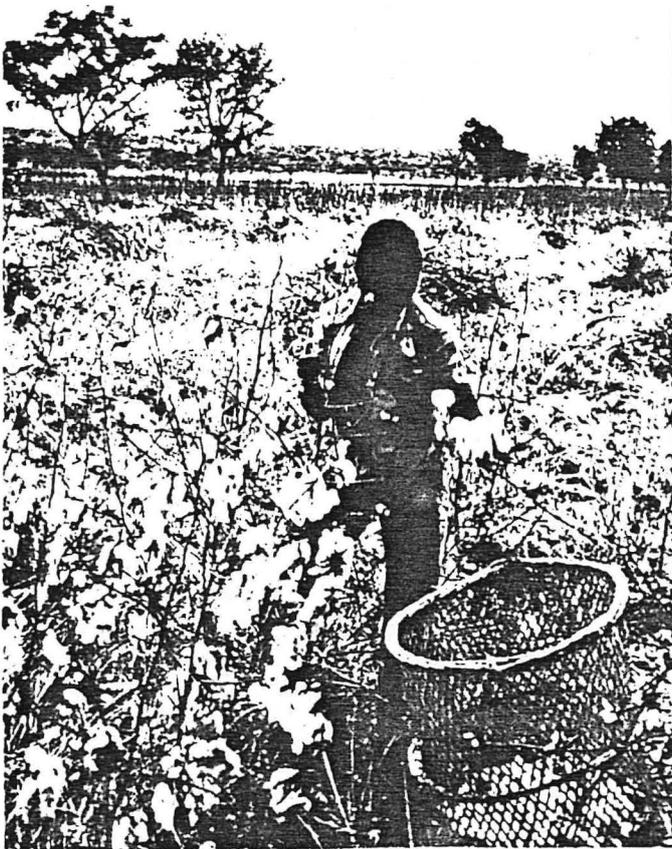


Photo n° 4



Photo n° 5

MATERIELS UTILISES

Il existe aussi certaines exploitations où il est très difficile de distinguer les méthodes de travail utilisées (fréquent chez les femmes en groupe en nombre important). Ces femmes se mettent deux ou trois par rangée et travaillent indifféremment sur l'un ou l'autre rang qui les entourent. Celles qui sont en avant laissent au fur et à mesure de leur avancement des portions non récoltées pour celles qui sont derrière.

Il y aurait lieu dans ces conditions de procéder à une formation de cueilleurs aux méthodes de récolte pour augmenter le rendement de travail. En effet, il est manifeste que les gens ne savent pas récolter et il est nécessaire de les éduquer, de leur apprendre l'utilisation des deux mains à la cueillette, le travail sur deux demi-rangées. Ainsi, nous pourrions arriver à augmenter le rendement par cueilleur.

7 - ORGANISATION DU CHANTIER

Dans l'organisation du chantier, tout devrait s'articuler de manière à augmenter la productivité des travailleurs ou réduire au minimum les pertes de temps à la cueillette et au transport du produit vers les zones de stockage. Nous avons observé trois schémas d'organisation en ce qui concerne l'articulation entre la récolte et le stockage :

a) transport jusqu'au lieu de stockage réservé à des enfants qui toute la journée ne font que ça. Ils sont deux ou trois, munis de gros sacs pour collecter les petits sacs que remplissent les récolteurs (*Photo n° 8*)

b) les travailleurs une fois leurs sacs pleins, les portent eux-mêmes au lieu de stockage (*Photo n° 6*)

c) le troisième schéma dépend des travailleurs. Un récolteur rejoignant le lieu de stockage, prend en plus du sien, un ou deux autres sacs. Il peut arriver aussi qu'il y ait des enfants sur l'exploitation qui, à un moment donné, ne s'occupent que de transporter une partie de sacs au lieu de vidange (ceux de leurs parents généralement) (*Photo n° 7*).

Au lieu de stockage, la vidange peut être assurée par le récolteur lui-même, ou bien par les enfants qui ont collecté le coton ou encore par une ou deux personnes qui en ont la charge. Dans ce dernier cas, ces dernières sont également chargées de bien placer le produit, de le tasser, celui-ci devant séjourner longtemps sur place ou rentrer le soir après la récolte (cas de la remorque tractée ou tirée par des boeufs).

Pour ne pas ralentir le rythme de travail, le ramassage du coton à terre est quelquefois affecté à de vieilles personnes ou au chef d'exploitation. Un des facteurs, surtout quand il y a beaucoup de femmes avec des enfants, qui influencent le rythme de travail, est la garde de ces enfants. Elle est souvent confiée aux vieilles personnes également.



Photo n° 6



Photo n° 7



Photo n° 8

ORGANISATION DU TRANSPORT DU COTON RECOLTE
JUSQU'A L'AIRE DE STOCKAGE

Le chef d'exploitation désigne aussi trois, quatre ou cinq femmes de sa famille (nombre variable selon le nombre de travailleurs présents) pour s'occuper de la cuisine, de chercher l'eau à boire, et de passer de rang en rang pour servir à boire.

Bien que les mesures effectuées n'aient pas montré les meilleurs rendements par cueilleur sur les exploitations organisées selon le schéma n° 1 (trop de commérages, arrêts de travail abusifs), il semble que ce schéma soit le plus adéquat pour l'obtention d'une meilleure productivité des travailleurs. En effet, il se rapproche des organisations industrielles basées sur la standardisation et le partage du travail.

Sur certaines exploitations (culture manuelle, culture attelée, où l'on n'utilise pas les boeufs et la remorque au moment de la récolte), on doit faire rentrer le produit de la journée après le travail. Pour cela, le chef d'exploitation désigne deux ou trois jeunes gens à une heure ou heure et demie du départ pour remplir de gros sacs de coton, lesquels sacs sont portés au village. Il arrive aussi qu'on attende après le travail que chaque travailleur remplisse son sac de récolte et le porte au village.

8 - MATERIELS UTILISES

Les récolteurs utilisent les sacs ayant initialement contenus des engrais. Ces sacs sont portés soit autour de la taille, ouverture au bas ventre, soit en bandoulière. Mais sur certaines exploitations, le sac est seulement posé à près d'un mètre en avant du récolteur. L'utilisation du sac d'engrais est généralisée dans la zone Nord et une grande partie de la zone Centre. Mais il subsiste des exploitations, dans le Centre, qui utilisent des seaux et des paniers. Le seau peut être directement porté à la main par le récolteur qui le videra une fois plein dans le gros panier qu'on portera à l'aire de stockage. Quelquefois, il n'y a pas de seau, mais seulement un gros panier. On y jette le coton-graine cueilli et il est déplacé tous les 2 ou 3 m.

On peut utiliser aussi un pagne de tissu noué autour du cou et de la taille. On obtient ainsi deux trous sur les côtés pour l'introduction du coton d'une main ou de l'autre.

9 - QUALITE DU PRODUIT CUEILLI

On apprécie la qualité du coton au moment de la cueillette ou du ramassage à terre. Les exigences concernant la propreté du coton, obligent les récolteurs à ne cueillir que le coton blanc, à le débarrasser de tout débris végétal avant de le mettre dans le sac de récolte. Ils laissent sur place tout coton très coloré (jauni ou noirci) ou toute capsule malformée, conséquence d'attaques d'insectes. Quant au coton tombé, on ne

recupère que celui où n'adhèrent que peu de débris pour ne pas souiller l'ensemble de la récolte avec du coton imparfaitement nettoyé. Aucun autre triage manuel n'est effectué avant la vente du coton à la C.I.D.T.

10 - ETUDE QUANTITATIVE DES RESULTATS DE NOTRE ENQUETE SUR LA RECOLTE MANUELLE DU COTON EN MILIEU PAYSAN DE COTE D'IVOIRE

A notre connaissance, aucun système d'évaluation des rendements de chaque travailleur et des temps de travaux à la récolte n'existe sur les exploitations paysannes ivoiriennes. Les mesures faites l'ont été pour les besoins de notre étude.

10.1. Temps de récolte journalier, temps de cueillette, temps de transport - pesée - vidange

La journée de travail se décompose en trois parties :

+ T1 : le temps effectif de récolte avant la pause générale de tous les travailleurs. C'est le temps entre l'heure de début de travail et la pause

+ P : la pause pour prendre le repas et se reposer. Selon l'heure de début de travail, P peut se décomposer pour une partie des travailleurs en :

. P1 = 1ère pause, pour le petit déjeuner. Cette pause n'est pas générale et n'entraîne pas un arrêt du chantier. Seuls les récolteurs qui sont allés très tôt au champ et n'ont pas pris le temps de manger quelque chose y ont droit. Ceux-ci sont souvent les parents du chef d'exploitation et en majorité ce sont des hommes

. P2 = la pause générale entraînant un arrêt du chantier

. P3 = autres arrêts prolongés (seulement pour quelques travailleurs) intervenant à des moments quelconques avant ou après P2 (pause pour la prière, déplacements quelconques avec ou sans motifs valables...)

$$P = P1 + P2 + P3$$

+ T2 : la deuxième tranche de récolte comprise entre la pause générale et la fin de la journée de travail.

La quantité qu'un récolteur manuel peut récolter en une journée dépend, bien sûr, aussi de l'heure de début et de fin de travail. L'examen des quantités journalières par cueilleur montre que les meilleurs résultats sont obtenus par ceux qui ont commencé à travailler tôt et qui ont arrêté relativement tard. Donc, même si de nombreux autres facteurs influencent la quantité journalière de coton-graine par cueilleur, on gagnerait à démarrer suffisamment tôt la journée de cueillette. Du côté des hommes, il

n'y aurait pas de raison à ce que ceux-ci ne puissent pas être au champ entre 7 et 8 heures, et partir le soir après 18 heures.

Pour les femmes, le problème est plus délicat, étant donné qu'elles doivent faire les travaux de la maison le matin et rentrer le soir pour faire à manger. Dans des limites raisonnables, elles pourraient être déjà sur l'exploitation à 9 heures le matin et en partir à 17 heures.

Les résultats des observations dans les zones cotonnières ivoiriennes indiquent que dans la majorité des cas, le début du travail se situe entre 10 et 11 heures. A l'exception de la zone d'Odienné, l'heure de fin de travail est normale. Elle se situe entre 17 h 30 et 18 heures. La région d'Odienné s'est surtout distinguée par un début tardif et un départ tôt en fin d'après-midi, vers 16 heures. La journée de travail est très réduite dans cette région (4 h 30 à 6 h 30). Ailleurs, elle se situe entre 6 heures et 11 heures avec une moyenne autour de 7 h 30 minutes.

Les facteurs P1 et P3 peuvent influencer directement ou indirectement le rythme de travail d'une partie des travailleurs, si l'organisation du chantier s'en trouvait perturbée. Une diminution de P1 + P3 doit se traduire par une augmentation du temps de récolte de la journée, représenté par T1 + T2.

Mais dans cette étude, la notion la plus importante est le temps effectif de cueillette. Il représente le temps de récolte diminué des temps de déplacement lié à l'acte de cueillette (transport du produit cueilli jusqu'au lieu de stockage et retour au lieu de cueillette), de pesée⁽¹⁾ du produit à chaque remplissage de l'instrument de collecte, et de vidange de cet instrument.

Toutes les tentatives d'amélioration ou de mécanisation de la récolte du coton-graine ont cherché la réduction, sinon la suppression des temps de transport et de vidange fréquents en récolte manuelle traditionnelle. Pour plus de commodité dans les comparaisons avec d'autres études menées ailleurs ou des études de récolte à venir, nous avons regroupé temps de transport, pesées et vidanges. Ceci a également permis d'avoir une idée suffisamment nette sur le gain de temps en cas d'apport de nouvelles techniques dans la récolte du coton. Dans le contexte actuel de la récolte en Côte d'Ivoire, les temps de transport, de pesée et de vidange, comparés au temps effectif de cueillette, sont globalement très faibles. En effet, nous avons enregistré, en pourcentage du temps de cueillette, des chiffres voisins de zéro et variant jusqu'à 11 %.

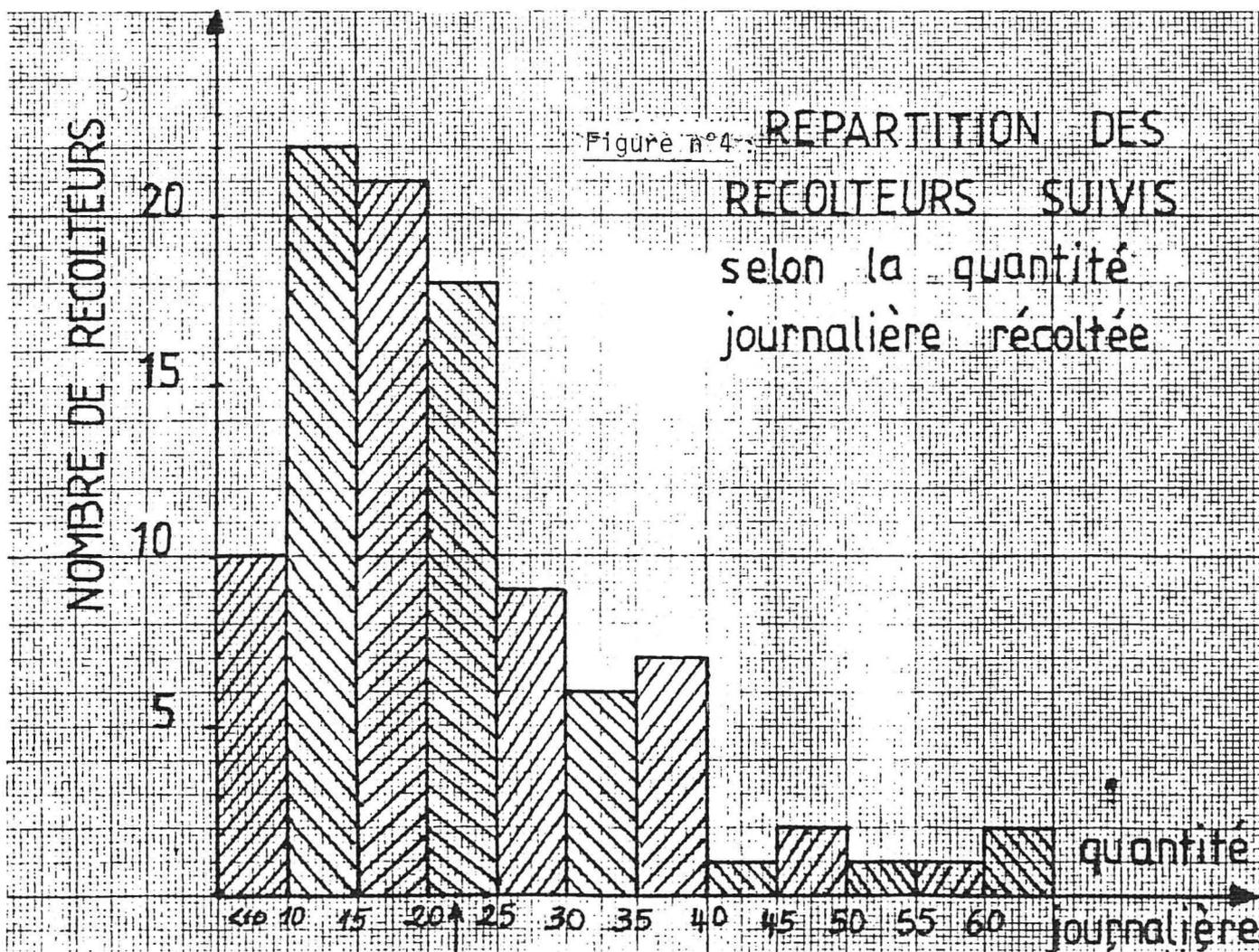
(1) Le temps de pesée du coton-graine récolté a été introduit par les nécessités de l'enquête. Sinon, aucune opération de pesée n'est effectuée sur le chantier. Notons qu'il est négligeable par récolteur puisqu'il n'excède pas 1 mn et que le fait de peser la récolte a été plus un facteur stimulant que limitant pour la quantité journalière récoltée.

Le temps mis pour le transport, la pesée et la vidange est négligeable quand la tâche du transport et de vidange est assignée à des personnes fixes pendant toute la journée de travail, de sorte que la cueillette est continue avant et après la pause. Il demeure très faible quand le récolteur utilise un récipient suffisamment grand qui évite les remplissages fréquents.

Seules, l'utilisation des sacs (ayant contenu l'engrais) et une organisation où chaque récolteur ou récolteuse transporte et/ou vide son sac plein de coton, nous ont permis d'enregistrer des temps de transport - vidange variant entre 5 et 8 % du temps de cueillette (rarement jusqu'à 11 % et plus).

10.2. Quantité journalière récoltée par récolteur

Quantité journalière récoltée (kg)	10	10 à 15	15 à 20	20 à 25	25 à 30	30 à 35	35 à 40	40 à 45	45 à 50	50 à 55	55 à 60	60	
Nombre de récolteurs âge et sexe confondus	10	22	21	18	9	6	7	1	2	1	1	2	= 100



Selon cette répartition ci-dessus, il ressort que près de 50 % des récolteurs suivis sur vingt exploitations réparties dans toute la zone cotonnière ont récolté une quantité inférieure ou égale à 20 kg de coton-graine. Nous constatons également qu'environ 50 % des travailleurs ont cueilli plus de 20 kg de coton-graine dans la journée de travail. Dans cette deuxième catégorie, il est heureux de signaler des pointes jusqu'à 60 kg de coton-graine.

La quantité moyenne de coton-graine, m, récoltée par cueilleur tourne autour de 22 kg.

Ces quantités journalières de coton-graine cueillies par cueilleur, semblent faibles dans leur majorité. Mais elles sont étroitement liées à la longueur de la journée de travail. Les meilleurs résultats sont enregistrés par des récolteurs dont le temps effectif de cueillette atteint et même dépasse 7 heures.

La quantité journalière récoltée est aussi fonction de l'âge et du sexe du récolteur.

Il se dégage des observations que les tranches d'âges à considérer sont : 10-14 ans; 15 à 50 ans et supérieur à 50 ans.

L'acceptation générale de la limitation des capacités physiques des 10-14 ans et des \geq 50 ans face à certaines épreuves difficiles de la récolte, fait que ceux-ci peuvent travailler de manière décontractée sans grandes contraintes. Ajouté au fait qu'ils ont plus de difficultés à avancer dans la végétation que constituent les cotonniers, à écarter les branches pour cueillir le coton, à les plier éventuellement (quand les plants sont très hauts), ces deux tranches d'âges sont prédisposées à avoir des quantités journalières de coton-graine plus faibles.

Au niveau du sexe, la différence semble plus nette en faveur des hommes. En effet, la quantité journalière de coton-graine est plus élevée en général chez les hommes que chez les femmes. Ceci résulte du fait d'une plus grande rapidité dans le geste de cueillette, mais aussi que la journée de travail-homme est plus longue.

Notons encore que parmi le groupe des femmes, le sous-groupe de celles qui allaitent des bébés ou ont des enfants à bas âge, connaissent des arrêts fréquents, des vitesses d'avancement lentes. En conséquence, leur capacité de travail est largement entravée.

10.3. Le rendement horaire de coton-graine par récolteur

La quantité de coton-graine récoltée par récolteur est fonction du temps effectif de cueillette du récolteur. Bien qu'il n'y ait pas une relation de proportionalité stricte entre ces deux notions, on a quand même plus de possibilité de récolter plus de coton, en travaillant plus.

Seulement, la comparaison n'est possible d'un cueilleur à l'autre qu'en ramenant la quantité cueillie dans une journée de travail à la quantité que chaque récolteur est capable de récolter en une heure.

Classes de rendements horaires (kg/h)	1,5	1,5 à 2	2 à 2,5	2,5 à 3	3 à 3,5	3,5 à 4	4 à 4,5	4,5 à 5	5 à 5,5	5,5 à 6	6 à 6,5	6,5 à 7	+ 7
Nombre de récolteurs	2	8	13	15	15	11	16	4	3	7	2	1	3

Grâce au tableau ci-dessus, nous visualisons mieux la variation du rendement horaire des récolteurs : environ 1,5 kg/h à près de 7 kg/h.

La majorité des récolteurs (70 %) se situent entre 2 kg/h et 4,5 kg/h.

De très bonnes performances ont été enregistrées aussi. Ainsi, 36 % des récolteurs sont capables de cueillir au-dessus de 4 kg/h de coton-graine.

Régions de production	1	2	3	4	5	6
P_M	10,6	14	10,9	11,4	15,9	23,5
T_M	5 h 48	6 h 31	4 h 12	4 h 05	6 h 37	7 h
R_M	1,8	2,15	2,6	2,8	2,4	3,36

Régions de production	7	8	9	10	11	12
P_M	23,7	14,5	19,9	30,9	18,5	46,2
T_M	6 h 34	4 h	5 h 42	6 h 52	4 h 36	7 h 31
R_M	3,61	3,62	3,5	4,5	4	6,15

$$P_M = \frac{\sum P_{Mi}}{12} = 22 \text{ kg} \quad \text{Quantité moyenne sur la zone cotonnière.}$$

$$T_M = 5 \text{ h } 47 \quad 6 \text{ h} \quad \text{Journée moyenne de travail}$$

$R_M = 3,8 \text{ kg/h/cueilleur}$ - rendement horaire moyen sur toute la zone cotonnière.

Dans une journée de 8 heures, la quantité moyenne par cueilleur serait donc de 30 kg.

10.4. Vitesse d'avancement

La vitesse d'avancement entre deux rangs de cotonniers dépend du développement végétatif des plants. Un développement végétatif important entraîne un encombrement important des 80 cm qui séparent les deux lignes. Le passage entre les plants et la cueillette des capsules sont alors rendus difficiles quand le développement végétatif est important. On éprouve également des difficultés à déplacer ou à trainer le sac ou le panier contenant le coton récolté.

Une densité élevée diminue le développement végétatif et le nombre de capsules. Quand il y a, en plus, une régularité de semis, on observe une grande homogénéité de la partie aérienne de la plante, un nombre régulier de capsules par plant.

L'accessibilité des capsules dépend aussi de la lutte contre les mauvaises herbes.

La vitesse d'avancement varie d'autre part avec les pertes de temps au nettoyage du coton.

Dans la zone cotonnière ivoirienne, les vitesses d'avancement enregistrées varient de 33 m à 130 m à l'heure. Mais les rendements obtenus par le cueilleur, mis en relation avec sa vitesse d'avancement, montrent que ceux-ci ne dépendent pas du temps à mettre pour aller d'un plant à l'autre, mais de la vitesse avec laquelle le récolteur cueille le coton-graine. En effet, les meilleurs rendements ne sont pas en correspondance avec les plus grandes vitesses d'avancement. Bien sûr, quand on doit cueillir un nombre plus faible de capsules, la distance parcourue augmente et le temps mis à marcher d'un plant à un autre par un récolteur, est mis à profit par un autre pour cueillir un nombre plus élevé de capsules.

Mais dans une certaine mesure, la vitesse d'avancement dépend de la volonté de travail qui anime le récolteur. Et comme ceux qui vont vite ont tendance à attendre les plus lents, la récolte étant avant tout une opération joyeuse de groupe pour oublier la pénibilité du travail, on comprend l'impact que cela peut avoir sur le rendement de chaque cueilleur.

La vitesse moyenne enregistrée au cours de l'enquête oscille autour de 75 m/h pour un rendement moyen horaire de 3,8 kg/h par récolteur. Le temps moyen pour récolter 1 ha de coton (soit 50 x 200 m ou 66 rangées) serait d'environ 176 heures pour un travailleur, sans compter le temps pour le transport et la vidange à l'aire de stockage. Notons que 38 femmes ont récolté 1 ha en 6 h 50 mn; ce qui correspond à 260 heures/ha pour une seule femme, temps de cueillette, transport et vidange compris.

11 - CONCLUSIONS SUR LA RECOLTE MANUELLE

Si le mode de culture du coton demeure en majorité manuel, la diminution graduelle de la force de travail paysanne entraînera une dégradation progressive de la situation agricole et à terme un abandon d'une partie des surfaces aménagées. La surcharge du calendrier agricole et le chevauchement des différentes périodes de récolte amènent les planteurs à assurer leurs récoltes de vivres avant d'entamer celle du coton. C'est donc des travailleurs partiellement épuisés qui se présentent devant les pieds de cotonniers et qui ressentent la récolte, pour certains, comme un calvaire.

Heureusement, la vente du coton, qui se fait simultanément, vient faire oublier la fatigue accumulée. Mais l'agrandissement des exploitations grâce à l'introduction de la motorisation intermédiaire laisse pointer à l'horizon un frein évident si la récolte continue d'être manuelle. La faiblesse des rendements horaires par récolteur (3,8 kg/h par récolteur) et une journée moyenne de travail à 6 h/jour ne peuvent nous empêcher de penser à une solution technique. Mais des améliorations portées directement sur la récolte manuelle existent. Elles peuvent concerner la méthode de travail, tant au niveau de la cueillette que de l'organisation du chantier de récolte, ainsi que le récipient de collecte du produit et le système de rémunération. Nous reviendrons sur ces améliorations sans motorisation après l'étude des matériels de récolte proposés ailleurs, notamment aux Etats-Unis, et des contraintes qu'ils impliquent pour la Côte d'Ivoire.

III - ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA RECOLTE MECANIQUE
DU COTON AUX ETATS-UNIS

Les Etats-Unis sont le principal producteur du coton dans le monde et l'histoire de la célèbre "Cotton-Belt", la ceinture de coton, demeure encore bien vivante. Toujours à l'avant-garde de la production cotonnière, les Etats-Unis ont été les premiers à mécaniser la récolte du coton.

Les travaux préliminaires sur la récolte manuelle en Côte d'Ivoire ont révélé un rendement horaire moyen par récolteur d'environ 22 kg de coton. Une personne bien entraînée peut cueillir 50 à 70 kg de coton dans une journée de 10 heures. L'opération de récolte est donc une opération lente et pénible, consommatrice de main-d'oeuvre. Une extension des surfaces cotonnières impose par conséquent une recherche de mécanisation de la récolte manuelle. La diminution inquiétante de la main-d'oeuvre, tout particulièrement aux Etats-Unis, n'a quasiment pas laissé d'autres solutions.

Ainsi de nos jours, la totalité de la production cotonnière des Etats-Unis a subi l'indispensable mécanisation, alors que la récolte mécanique ne touchait que 22 % des exploitations en 1953, 72 % en 1963 (soit 10 ans après), pour atteindre 95 % en 1970 (37).

La première machine de récolte du coton a vu le jour en 1852. Celle qui allait être l'ancêtre des récolteuses à aiguilles actuelles, est la machine de AUGUST CAMPBELL en 1895 (38). Après des années de longue recherche, deux types de matériels tiennent aujourd'hui la place dans les exploitations américaines : les Pickers ou Cueilleuses et les Strippers ou Ecapsuleuses. Ces récolteuses sont basées sur des principes différents.

L'utilisation et la performance de ces récolteuses sont largement influencées par les variétés, les pratiques culturales, les caractéristiques des plants et les conditions du milieu avant et pendant récolte. C'est pourquoi nous traiterons d'abord de ces facteurs avant de procéder à une présentation descriptive des matériels et des résultats.

A/ VARIETES, PRATIQUES CULTURALES, CARACTERISTIQUES DES PLANTS ET RECOLTE MECANIQUE

1 - LES VARIETES ET CARACTERISTIQUES DES PLANTS

Avec l'apparition des nouvelles machines de récolte, la préoccupation des sélectionneurs a été le rapport existant entre les caractéristiques variétales, les caractéristiques des plants et la récolte mécanique (38, 39, 40, 41, 43).

Les variétés de cotonniers cultivés aux Etats-Unis entrent dans deux catégories principales : les variétés du groupe Upland et les variétés du groupe Egyptian. Les variétés appartenant au groupe Sea Island sont peu nombreuses. Environ 98 % des variétés de coton cultivées sont du type Upland.

Le caractère le plus important dans le choix d'une variété pour la récolte mécanique est la résistance des capsules aux conditions de tempête : vent, pluie. Et généralement les variétés de cotonniers sont classées selon cette résistance, c'est la manière dont les carpelles maintiennent serré le coton-graine et selon la nature de la force d'attache du coton aux carpelles, empêchant celui-ci de tomber hors des capsules.

On distingue alors trois classes de variétés déterminant le type de machines de récolte à utiliser (44) :

+ les variétés "storm-proof" : le coton floconne peu à l'extérieur des capsules, permettant une meilleure protection contre l'eau et le vent. La longueur de fibre est d'environ 2,5 cm. Les plants sont généralement de petite taille et peu buissonneux, et comportent une disposition uniforme des capsules et un arrêt de fructification au même moment. D'où une maturité homogène et une récolte groupée à l'aide de strippers,

+ les variétés "storm-résistant" : le coton a moins de protection vis-à-vis de l'eau, puisqu'il floconne plus à l'extérieur : mais il reste solidement attaché aux carpelles. De telles variétés sont généralement plus buissonneuses que les précédentes et là encore des strippers sont utilisés à la récolte,

+ les variétés à ouverture franche des capsules : nette ouverture des carpelles laissant sortir largement le coton. Coton à grande longueur de fibre. Ces variétés comportent des plants de grande taille connaissant une croissance et une fructification continue liée aux conditions environnantes. Les matériels de récolte de prédilection sont les "pickers", mais, quelquefois, en situation de bas rendements, les "strippers" peuvent les remplacer, quoique les chances d'éjection du coton hors des capsules due à l'agressivité de la méthode soient grandes.

Une variété adaptée à la récolte mécanique doit subir le moins de pertes de coton avant et pendant la récolte et conduire donc à un bon rendement de la machine de récolte. C'est pourquoi la notion de résistance des capsules aux intempéries a été quantifiée en mesurant la force nécessaire pour séparer le coton des carpelles afin d'en tenir compte dans la construction des machines de récolte (38, 39). Cette force d'arrachage du coton est fonction de la variété, du temps d'exposition des capsules ouvertes et des années. Elle conditionne les pertes d'avant récolte pour chaque date de récolte. Plus cette force sera grande, moins importantes seront les pertes totales (pertes avant récolte + pertes dues au matériel de récolte).

Pour mieux décrire l'impact de la force d'arrachage sur les pertes de coton, des relations ont été établies par TOM E. CORLEY (39) entre l'énergie d'arrachage et les pertes avant-récolte. Il pratique trois méthodes de récolte différentes sur trois rangées A, B et C, à des dates différentes.

- Rangée A : récolte en deux passages, le premier quand 90 % des capsules sont ouvertes et le deuxième quatre semaines après l'ouverture du reste des capsules.

L'équation de régression que l'on établit est du type linéaire

$$Y = 5,604 - 0,036 X \quad (\text{avec } R^2 = 0,06)$$

X = Energie d'arrachage en 10^{-3} Joules

Y = Pertes avant-récolte en %

R = Coefficient de corrélation (degré de dépendance)

- Rangée B : récolte en un passage unique, juste après le deuxième passage de la rangée A.

- Rangée C : récolte en un passage, quatre semaines après la récolte de B.

Pour les rangées B, C et ABC combinées, l'analyse de la régression aboutit à une relation quadratique du type :

$$Y = a - bX + cX^2$$

Les pertes avant-récolte sont fortement dépendantes de l'énergie d'arrachage du coton. Elles diminuent quand l'énergie d'arrachage augmente, avec néanmoins une limite pour les plus fortes valeurs.

D'autres équations s'établissent entre l'énergie d'arrachage et l'efficacité de la machine de récolte (Picker)

$$\text{Rangée A} : Y = a_a - b_a X \quad (R^2 = 0,07)$$

$$\text{Rangée B} : Y = a_b - b_b X - c_b X^2 \quad (R^2 = 0,19)$$

$$\text{A B C} : Y = a_{abc} + b_{abc} X - c_{abc} X^2 \quad (R^2 = 0,04)$$

X = Energie d'arrachage en ergs $\times 10^4$

Y = Efficacité de la récolteuse

R = Coefficient de corrélation

a,b,c, = Constantes

Pour les rangées A et B, l'efficacité de la récolteuse décroît avec l'augmentation de l'énergie d'arrachage. Pour la rangée C, la date tardive de la récolte a provoqué une différence d'effort d'arrachage

(action de l'intempérie) entraînant une action non significative sur l'efficacité de la récolte.

Il semble que la notion d'énergie d'arrachage (résistance aux intempéries) ne soit pas un facteur variétal à prendre en considération quand la récolte se fait en deux passages, car il n'existe pas de relation significative entre l'énergie d'arrachage et l'efficacité totale de la machine (100 - pertes totales). Récolter en deux passages, minimise les pertes avant-récolte et réduit les pertes dues à la machine de récolte. Mais il existe une corrélation positive entre énergie d'arrachage et efficacité totale de la récolteuse pour les rangées B et C, indiquant une augmentation de l'efficacité totale quand l'énergie d'arrachage augmente. Les données font apparaître un palier (une certaine valeur) pour l'énergie d'arrachage à partir duquel l'efficacité de la récolteuse diminue. Il est donc possible de définir une énergie d'arrachage optimum, conduisant à des pertes faibles ou à une efficacité de la récolteuse la plus grande possible.

L'intérêt réside donc dans la possibilité de pouvoir fixer une date optimum de récolte en fonction d'une valeur optimum de l'énergie d'arrachage, nécessaire pour la machine. L'expérience de trois années d'essais montre que les pertes les plus faibles pour la rangée B sont enregistrées pour une énergie d'arrachage variant entre 78 et 84 10^{-3} J.

Les variétés à effort d'arrachage important conduisent à un produit de récolte contenant moins de déchets. Le diamètre, la forme des capsules, sont étroitement et positivement liés au bon fonctionnement de la récolteuse. Plus la longueur de la capsule, celle du pédoncule, augmentent, plus mauvais est le rendement du "picker".

Le degré de maturité conditionnant l'ordre de grandeur de la force d'arrachage, influence aussi le rendement de la récolteuse.

2 - INFLUENCE DES PRATIQUES CULTURALES

La mécanisation de la production cotonnière aux Etats-Unis, réside avant tout dans le développement rapide des pratiques culturales dont les plus importants changements ont été l'utilisation des herbicides et la méthode de semis des plants de manière à éliminer le désherbage manuel et autoriser l'emploi de machines à la récolte. Parce que support de la plante et influençant les caractéristiques des plants, le sol et sa préparation sont les premiers facteurs jouant sur la récolte (38).

L'influence principale du mode de semis sur la récolte mécanique reste la régularité, régularité dans les écartements entre pieds sur les rangs, et dans les intervalles entre rangs. C'est en effet une condition pour obtenir une végétation homogène (conformation, taille des plants). Une aisance de déplacement dans les champs, un bon fonctionnement des machines de récolte, une utilisation sur plusieurs rangs à la fois exigent des rangs disposés à des intervalles réguliers dont les distances les plus courantes entre rangées sont 96 ou 100 cm. L'effet de la densité de semis est également très important en récolte mécanique.

De nombreux travaux sont consacrés à l'étude du rendement des récolteuses de coton en liaison avec les espacements et les populations de plants. Nous ferons état de quelques résultats à titre d'exemple.

En Caroline du Sud (38), la tendance en cas de récolte par picker est en faveur des écartements relativement serrés : 20 à 30 cm. Ceci conduit à des densités de 87.500 à 162.500 plants/ha, soit 3 à 5 plants par pied. Aucune différence dans le rendement de coton à l'hectare et dans l'efficacité de la récolteuse. La fructification est importante avec des plants plus uniformes et feuilles plus petites.

Dans l'Alabama, l'influence des densités varie selon les variétés. Toutefois, des densités de 50.000 à 150.000 plants/ha sont recommandées pour une récolte à l'aide de pickers. Pour la variété Deltapine, lorsqu'on passe de 20.000 à 300.000 plants/ha, le rendement de la récolteuse augmente de 88,0 % à 94,7 %. La tendance pencherait donc en faveur des plus fortes densités.

En Californie, la gamme de variation la plus favorable pour le rendement/ha et le rendement de la machine s'échelonne entre 75.000 et 150.000 plants/ha avec une préférence pour des densités autour de 100.000 plants/ha. Le rendement/ha baisse pour les populations de plants supérieures à 150.000 plants/ha.

Dans l'Etat d'Oklahoma, la taille des plants, leur conformation et leur fructification deviennent plus favorables à la récolte par strippers pour des densités de 150 à 200.000 plants/ha.

Comme nous l'avons constaté dans les différentes expérimentations, il existe une liaison étroite entre l'écartement des rangées et la machine de récolte, bien que celle-ci puisse s'adapter à plusieurs interlignes. Ainsi, le "cotton-picker" 9940 - 4 rangs de John Deere (46) peut travailler sur 96 ou 102 cm, tandis que le modèle 9920 s'adapte aux intervalles de 81, 91, 96 ou 102 cm.

D'autres constructeurs, comme Ben Pearson, livrent du matériel équipant des parcelles ayant des rangs s'écartant jusqu'à 107 cm (92, 97, 102, 107 cm).

Les "strippers" observent des écartements plus réduits : en plantation serrée 76 cm et en plantation plus espacée 92, 96 et 102 cm.

Les autres opérations culturales que sont la fertilisation, l'irrigation (ou l'humidité relative) et les traitements antiparasitaires affectent aussi la récolte mécanique. En effet, les conditions de l'environnement, les dommages causés par les insectes, les maladies peuvent entraîner une réduction de la performance de la récolteuse, un abaissement de la qualité.

B/ LA DEFOLIATION DES PLANTS

La qualité et la valorisation du coton récolté dépendent essentiellement de la défoliation des cotonniers, de la période de récolte et de la méthode choisie, et du traitement d'égrenage. Il est donc important d'étudier de près les effets de la défoliation des plants, du degré de maturité des capsules au moment de l'application du défoliant et au moment de la récolte, sur la qualité du coton récolté.

1 - LES MODES DE DEFOLIATION

Les effets de la défoliation sur la qualité et la quantité de coton récolté par voie mécanique ont été largement étudiés aux Etats-Unis, lors de l'apparition et de l'utilisation des machines de récolte. En effet, la préparation des champs à la récolte mécanique par la chute ou le dessèchement des feuilles est une condition première de l'emploi de récolteuses (18, 19).

Différentes techniques sont utilisées pour obtenir de bonnes conditions de récolte : la défoliation chimique et la défoliation thermique. La défoliation chimique utilise des défoliants et des dessiccants. Elle est presque exclusivement la seule voie utilisée aujourd'hui, aussi ne citerons-nous la défoliation par voie thermique que pour mémoire. Les défoliants provoquent la chute des feuilles semblable à celle due à la sénescence des feuilles. Leurs actions n'entraînent pas la mort des plants.

Les dessiccants dessèchent autant les rameaux que les feuilles. La plante toute entière subit un dessèchement progressif et la proportion de feuilles tombées est plus faible que sous l'action des défoliants.

La nature chimique du produit, l'état de la culture, l'atmosphère ambiante et les moyens d'épandage sont autant de paramètres qui influent sur l'effet d'un défoliant ou d'un dessiccant.

Consécutivement à des problèmes écologiques induits par la voie chimique, une autre solution de défoliation a été conçue. Elle utilise une source de chaleur causant le dessèchement, puis la chute des feuilles. Pour cela, des brûleurs infra-rouges et des réflecteurs pour la source chaude ont été mis au point.

2 - PERIODE DE DEFOLIATION

La première question que l'on doit poser concerne le moment où il faut défolier.

Des études sur les périodes de défoliation en Caroline du Sud et au Mississippi ont montré que la période optimale et le degré d'application des défoliants ne peuvent être statués par des règles simples et immuables. En effet, l'action des défoliants dépend de plusieurs facteurs variant de champ en champ et de semaine en semaine (19, 24, 38).

L'âge de la majorité des capsules sur les plants est certainement le seul facteur important guidant le choix de la période d'application. Quand les plants sont traités aux défoliants, toutes les feuilles, jeunes ou vieilles, sèchent et tombent, les jeunes capsules n'arrivent plus normalement à maturité et leur coton et leur fibre sont de qualité inférieure. Les capsules de moins de 36 jours au moment de la défoliation connaissent donc une diminution de poids capsulaire et les problèmes cités antérieurement. La règle classique au demeurant, est d'épandre le défoliant quand environ 60 % ou plus des capsules sont ouvertes, et quand les pertes de coton des capsules les plus basses, menacent de dépasser les grains en nouvelles capsules mûres à la partie supérieure des plants. Ainsi donc la période de défoliation, bien plus qu'autre chose, détermine le niveau de bénéfice réalisable grâce à celle-ci, par son influence sur le rendement de coton-graine à récolter et sur l'efficacité de la récolte mécanique.

Dans leur étude, Mc MEANS, WALHOOD et CARTER (32) retiennent un pourcentage d'ouverture de capsules de 70 % pour l'épandage du défoliant et 85 % de capsules ouvertes pour le dessicant.

Les chercheurs GARNER, THOMAS et DICKSON (32) montrent que les dates de défoliation comprises entre 40 et 90 % de capsules ouvertes ne comportent pas des différences significatives sur le rendement, la qualité du coton, l'efficacité de la récolte.

E.B. WILLIAMSON et J.A. RILEY trouvent qu'en dessous de 50 % d'ouverture, le traitement des plants au défoliant entraîne une réduction de maturité et donc de rendement (25, 32).

Dans leur bulletin n° 100 de Southern Cooperatives Series de Mars 1965, le Comité de Chercheurs de l'Arizona rapporte qu'un pourcentage d'ouverture de 60 % de capsules, même en condition d'abondance de végétation, reste le meilleur choix.

BARKER G.L., SHAW C.S., KIRK E.L. et COOKE F.T. optent pour 75 % de capsules ouvertes à la défoliation, dans leurs études menées dans les Etats du Mississippi et de Caroline (41).

Comme ils ont déjà prouvé qu'à 60 - 80 % de capsules ouvertes, l'application de défoliant n'a pas d'incidence sur le rendement, GURBAKSH SINGH et SANJIV KUMAR (22) montrent que des applications à des dates de 6, 15, 22 et 38 % d'ouverture peuvent amener 90 % des capsules des plants à déhiscence en deux semaines.

Le choix de la période d'application du défoliant doit donc s'opérer quand au moins 60 % des capsules sont ouvertes et pour une dessication il faut attendre que 80 % des capsules le soient. L'application a lieu généralement 5 à 15 jours avant la récolte.

En conditions humides, des repousses peuvent apparaître après une défoliation vraie, d'où nécessité d'utiliser des inhibiteurs de repousses.

L'homogénéité de la répartition du produit, notamment en situation de végétation abondante est difficile à obtenir. L'addition d'un agent mouillant au défoliant permet de pallier cette difficulté. Les méthodes d'application les plus fréquentes demeurent le traitement aérien et les épandeurs (pulvérisateurs) montés sur tracteur qui peuvent permettre une meilleure localisation du produit sur la plante.

3 - ROLES DE LA DEFOLIATION

Les rôles positifs de la défoliation et de la dessiccation ne se limitent pas uniquement à la préparation des champs de cotonniers à la récolte mécanique. L'élimination des feuilles permet d'atteindre plus facilement les capsules, il est vrai, mais le changement écologique introduit (plus d'aération, moins d'humidité, exposition des capsules) et l'influence directe des produits utilisés sur le processus d'hydrolyse accélèrent la maturation et l'ouverture des capsules non encore ouvertes (20). La défoliation augmente donc l'efficacité de la machine (25) et la productivité de chaque hectare récolté. Ceci tend à compenser les dépenses pour cette opération par une plus-value du coton récolté.

La récapitulation des différentes études aboutit aux conclusions suivantes (19, 21, 22, 23, 24, 26, 41) :

+ la défoliation n'a pas d'influence négative sur les capsules ouvertes ou celles non encore ouvertes. Seules les capsules âgées de moins de 36 jours à la date d'application connaissent des pertes de poids et une qualité de fibre inférieure. Une date d'application judicieuse doit permettre de limiter cet inconvénient, et la réduction des rendements,

+ nombreux sont les auteurs qui se rejoignent sur l'obtention d'un coton de meilleure qualité due, d'une part, à la proportion plus faible d'impuretés végétales (feuilles, rameaux, carpelles, etc...) et d'autre part, à la réduction de la population d'insectes (agents de dégradation de la fibre), à la diminution du taux d'humidité ambiante et présente dans le coton (augmentation de la journée de travail et facilité de stockage), et au maintien des caractéristiques de la fibre. Il en résulte une augmentation de la qualité du coton et du grade de la fibre.

4 - PRODUITS UTILISES EN DEFOLIATION CHIMIQUE

Les produits sont utilisés, soit sous forme de poudrage, soit sous forme liquide en pulvérisation. Ils sont accompagnés d'accélérateurs ou régulateurs de croissance visant à accélérer la maturité et la déhiscence des capsules immatures au moment de l'application, et à grouper ainsi la première récolte (en cas de récolte en deux passages) ou toute la récolte sans affecter le rendement. Les produits les plus connus sont à base de soude (ex. chlorates de soude), de magnésie (chlorates de magnésie) ou des organophosphorés (19, 22, 23, 25).

Ex. : S-S-S- tributyl phosphorotrithioate
acide 2-chloroéthyl phosphonique
Folex + Gramoxone (noms commerciaux) utilisés en Côte
d'Ivoire.

D'autres produits comme l'acide arsénique, le paraquat
(ion 1-1'-diméthyl-4-4'-bipyridinium) sont très couramment utilisés.

Les doses sont fonction de l'importance de la végétation foliaire.

C/ LES "COTTON-PICKERS" OU CUEILLEUSES DE COTON

Comme en récolte manuelle, l'action des cotton-pickers est sélective et ne vise que les capsules ouvertes des plants de cotonniers. Des aiguilles ou broches tournant sur elles-mêmes et disposées sur des barres porte-broches autour d'un tambour lui aussi en rotation (*Cf. Figure 5*) retirent le coton des capsules ouvertes et laissent sur place les capsules vertes encore fermées. Ce principe met en jeu différentes formes d'aiguilles, différents mécanismes de mise en rotation des aiguilles et des tambours, différentes vitesses de rotation, des systèmes de récupération, de convoyage du coton ainsi récolté et de stockage. Naturellement, la performance d'une telle machine demande la maîtrise de plusieurs facteurs tant du point de vue technique que de l'adaptation aux conditions sous lesquelles elle opère. Seules une bonne coordination entre toutes les composantes de la machine et une bonne adaptation aux conditions de récolte peuvent permettre l'obtention d'un coton récolté d'excellente qualité.

L'on rencontre des cueilleuses portées sur tracteur, lequel est utilisé pour l'entraînement, et des cueilleuses automotrices. Elles peuvent être à un, deux, trois ou quatre rangs.

Une récolteuse à plusieurs rangs est une juxtaposition du système de récolte à un rang. Donc, pour la description nous retiendrons la récolteuse qui se décompose en :

+ une tête de récolte comprenant deux tambours dont un de chaque côté du rang à récolter. Chaque tambour est muni de barres porteuses des broches rotatives. Un dispositif d'extraction du coton des broches et un dispositif d'humidification assurent la continuité de la récolte

+ un système de convoyage - élévation pour le transport du coton dans la trémie. Des étapes de nettoyage du coton sont aménagées sur ce dispositif

+ une trémie

+ un ensemble moteur pour l'entraînement de la récolteuse et pour la traction.

1 - DESCRIPTION D'UN "COTTON-PICKER"

1.1. La tête de récolte

Un bâti solide permet de loger, de supporter et de maintenir dans un alignement déterminé le mécanisme de récolte des "cotton-pickers". La précision du positionnement de chaque élément et l'efficacité de la récolte en dépendent.

Les broches ou aiguilles sont les éléments fondamentaux du principe de récolte. Les autres éléments, bien qu'étant aussi nécessaires, ne sont, en fait, que des appoints pour un bon fonctionnement des broches (Cf. *Figure 5*).

1.1.1. Les broches

Les cueilleuses de coton, selon le type de broches, peuvent se distinguer en deux groupes principaux (35, 37, 38, 44, 46)

- les cueilleuses à broches coniques (Cf. *Figure 6*)
- et celles à broches droites (Cf. *Figure 10*).

Les broches coniques sont munies de trois ou quatre rangées de dents (quatorze à dix sept dents par rangée). Ces dents sont taillées à la machine, toutes inclinées à 45° (John Deere), les trois premières à 30° et les autres à 45° (International Harvester). L'inclinaison à 30° des trois premières dents est liée à la facilité de l'extraction du coton tenu enroulé autour des broches. Généralement les broches coniques ont un diamètre standard de 14,3 mm (John Deere, International Harvester) et, dans certains cas, un diamètre plus grand (15,8 mm) et des dents plus longues pour augmenter l'agressivité (38, 44).

Les broches droites sont carrées ou rondes, lisses ou à cannelures, ou à une ou deux rangées de dents (Allis-Chalmers, Ben Pearson, Rust) (35). Les aiguilles à section carrée utilisées par Rust avaient 4,8 mm de côté. Rust, Allis-Chalmers et Ben Pearson ont également monté des broches droites rondes à dents ou à cannelures de 6,4 mm de diamètre. Elles sont généralement plus longues que les broches coniques et de diamètre plus petit (Cf. *Photographies n° 10*).

Des tests de comparaison ont été réalisés entre les différentes aiguilles (38). Il ressort des études que les broches coniques et les broches droites à dents sont très proches du point de vue efficacité et sont toutes deux supérieures aux broches droites lisses. Entre broches droites, le type denté surclasse le type lisse. Du point de vue agressivité, la broche conique et la broche droite dentée seraient comparables avec un même niveau de matières étrangères que la broche droite lisse.

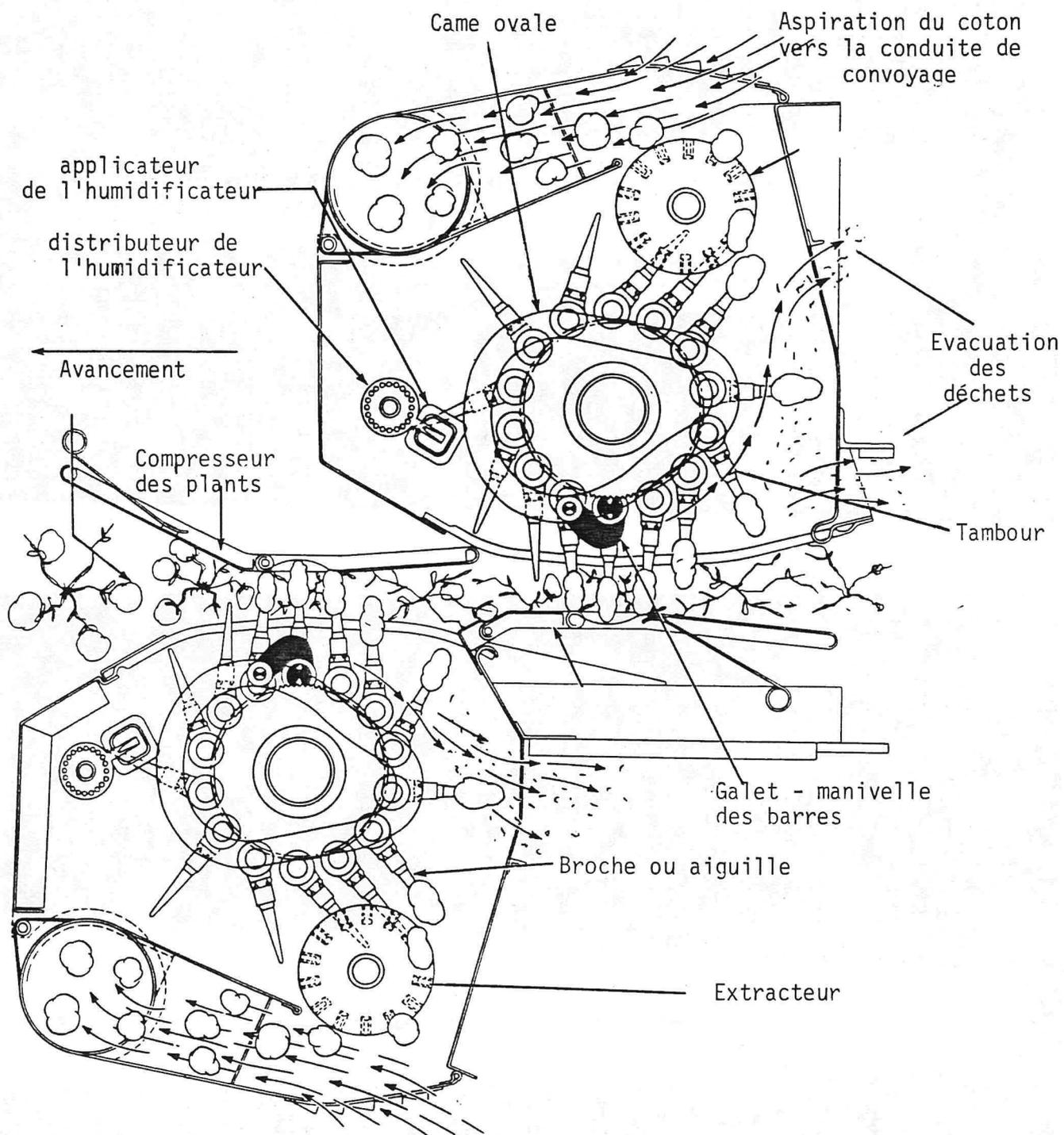
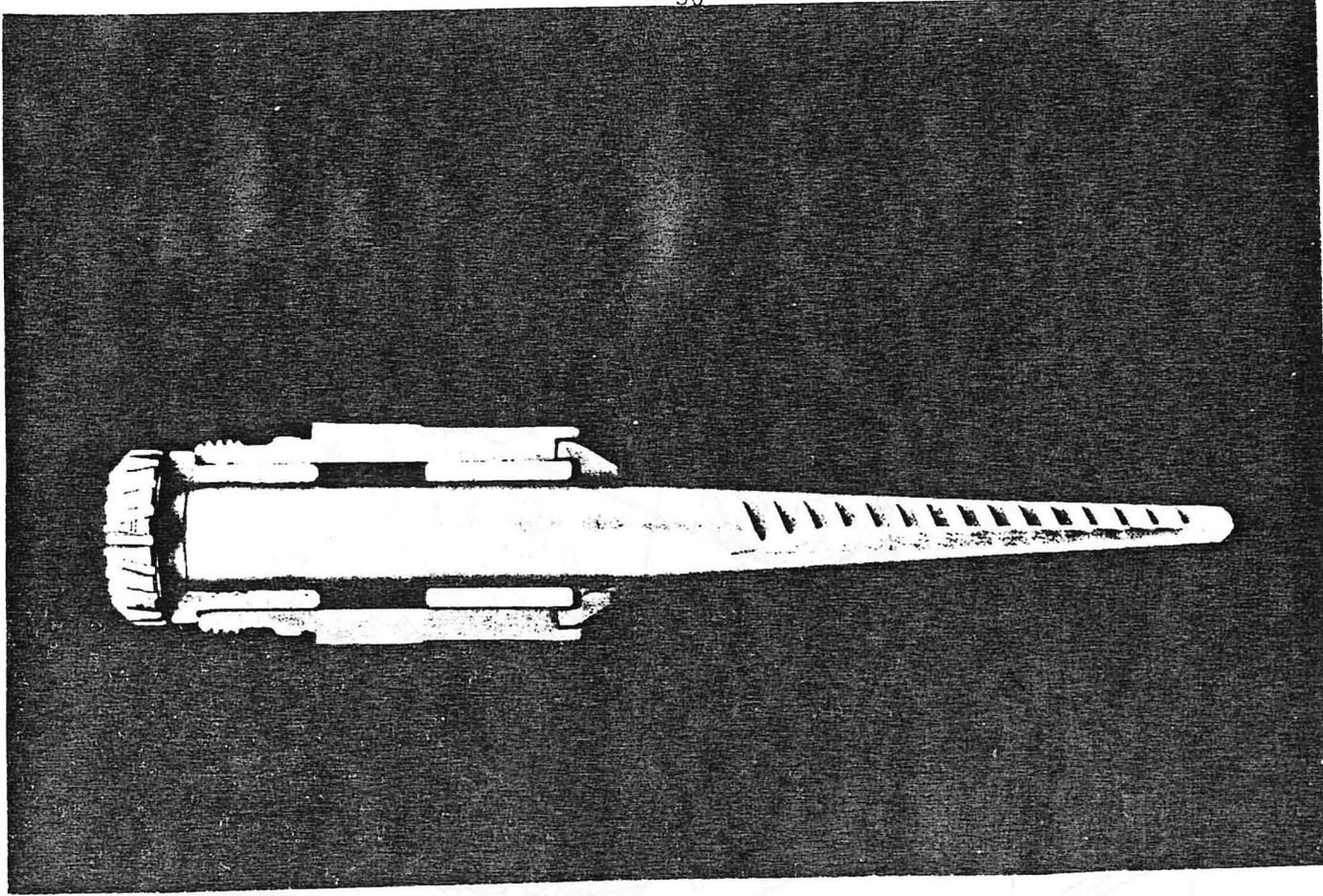
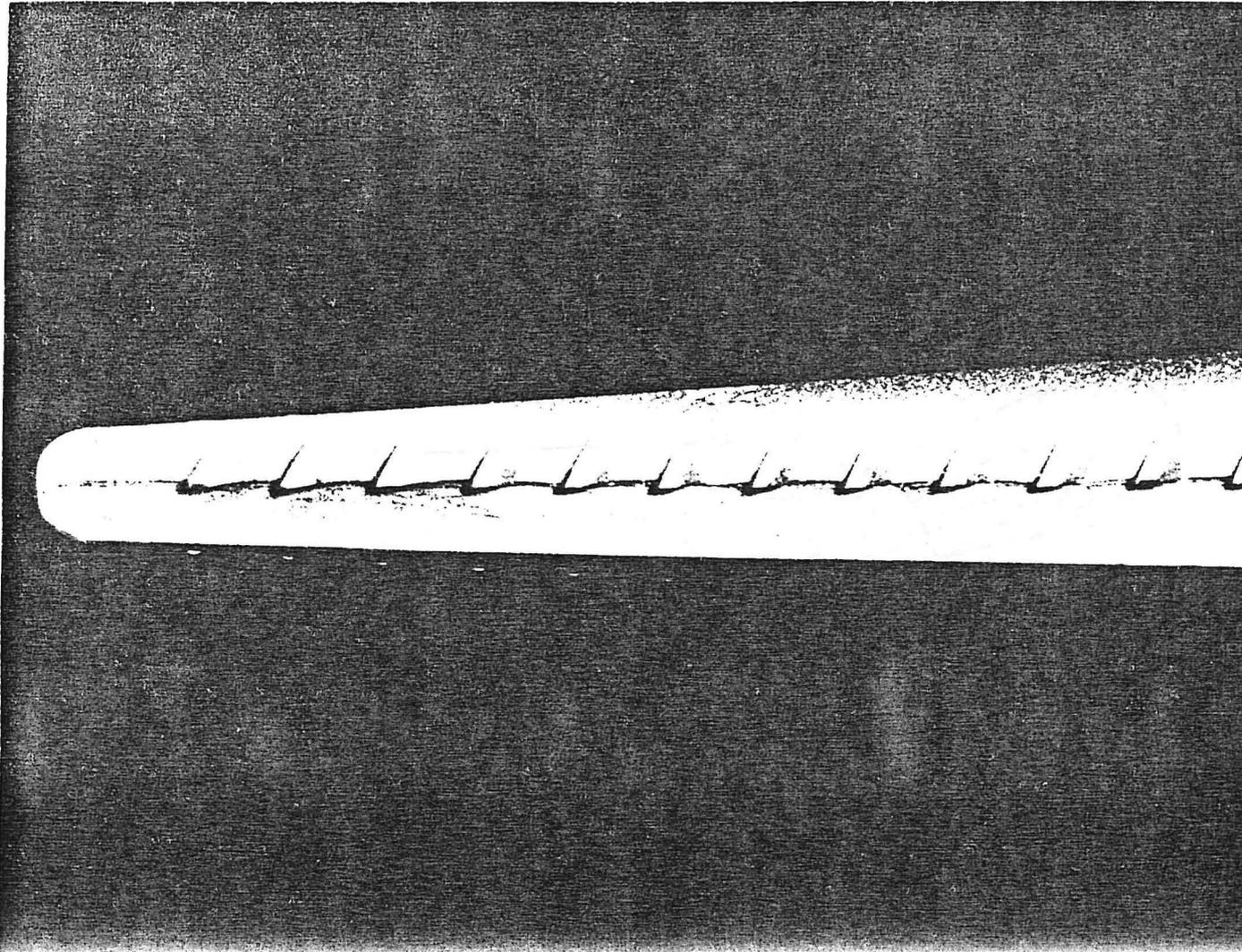


Figure n° 5 : SCHEMA GENERAL DE FONCTIONNEMENT D'UN COTTON PICKER A BROCHES CONIQUES.



Figures n° 6



Sur le plan du grade de coton, celui récolté mécaniquement toutes broches confondues, est d'un demi grade inférieur à celui de la récolte manuelle.

L'action des différents types de "doigts" sur la qualité du coton est faible et il n'y aurait pas de différence significative d'un type à l'autre.

Des différences apparaissent sur le plan du filage des différents échantillons de coton issus des tests. La rupture du fil issu du coton récolté avec la broche conique (\varnothing 14,3 mm) ou avec la broche droite dentée (\varnothing 6,4 mm) est plus élevée que pour le coton issu de récolte manuelle ou de récolte avec la broche droite lisse (\varnothing 8 mm). Cela serait la conséquence d'une plus forte formation de coton entremêlé due aux aspérités que constituent les dents.

La conclusion des études met en relief que le choix d'un type de broche doit prendre en considération l'aptitude au filage du coton récolté, l'efficacité pour la récolte, la durée de vie de la broche et la commodité de son utilisation. Les broches sont montées sur les barres porte-broches assemblées autour de tambours ou sur une chaîne (Cf. Figure 7).

1.1.2. Les tambours

Le montage des broches sur la barre porte-broches doit permettre de présenter la broche à l'extracteur de coton selon un angle précis aboutissant à une surface la plus horizontale possible pour une extraction d'autant plus facile et un meilleur nettoyage (37, 38, 44, 46).

Le nombre de broches par barre est variable selon que le tambour est du type haut ou bas :

- + une barre d'un tambour haut comporte 20 broches
- + une barre d'un tambour bas en porte 12 ou 14.

Les broches sont amovibles, pour assurer une plus grande commodité d'utilisation sur les champs de récolte.

L'espace entre deux broches consécutives doit permettre de laisser passer les capsules vertes et autres matières végétales, mais par contre d'atteindre toutes les capsules ouvertes.

Le montage en tambour est utilisé par John Deere et International Harvester.

Les barres porte-broches sont disposées verticalement sur deux collerettes soudées à chaque bout d'un tube, de manière à former un cylindre. Le tambour ainsi constitué comporte 10, 12, 14 ou 16 barres indépendantes les unes des autres (Cf. Figure 8). Chaque barre est munie à son extrémité inférieure d'une manivelle comportant un galet se déplaçant dans

une came ovale fixe, quand la barre décrit un cercle. Il s'ensuit que les extrémités des broches décrivent un mouvement d'arc oscillatoire (variation de la distance entre les pointes de deux broches montées sur deux barres voisines). La distance entre deux pointes est minimum quand les broches pénètrent dans la végétation (zone de récolte). Le retrait des broches de la végétation se fait de façon radiale rapide. Une tête de récolte d'un "cotton-picker" comporte deux tambours décalés l'un par rapport à l'autre. Le nombre de broches est donc très élevé (ex. une tête de récolte à 16 barres par tambour et 20 broches par barre, compte 640 broches).

Justifiant la tendance actuelle à la diminution du nombre de barres par tambour (46) (modèles John Deere 9940 - 4 rangs et 9920 2 rangs : 12 barres/tambour) des tests antérieurs en Caroline du Sud (38) ont montré que l'on pouvait réduire le nombre de broches sans affecter l'efficacité de la récolteuse. Ainsi un "cotton-picker" de 10 barres par tambour et 12 broches par barre (soit 240 broches) a enregistré des résultats très proches de ceux d'un modèle classique à 420 broches. La réduction du nombre de barres et partant du nombre de broches conduit à un abaissement des coûts de récolte mécanique, mais surtout du point de vue technique, à une diminution de poids et de l'inertie de l'unité de récolte.

La performance d'un tambour haut ou bas est liée à la hauteur des plants et au rendement des parcelles. Des évaluations réalisées au Mississippi montrent que l'effet du rendement influence plus l'efficacité de la récolte que la hauteur du tambour, dans des cotonniers de taille inférieure à 150 cm. En effet, sur des variétés de cotonniers de taille variant entre 90 et 140 cm, des machines équipées de tambours haut à broches coniques opèrent mieux lorsque le rendement/ha est plus élevé.

Pour obtenir la rotation de chaque broche sur elle-même, un entraînement par engrenage est réalisé. Les broches tournent en sens inverse du tambour. La rotation du tambour dans le sens des aiguilles d'une montre est généralement synchronisée avec le déplacement du tracteur. De plus, le fonctionnement de l'extracteur de coton des broches, de l'humidificateur des broches est également synchronisé avec la vitesse de rotation du tambour. L'entraînement du tambour et de ses accessoires se fait par transmission à chaînes chez International Harvester. John Deere utilise une transmission multiple par engrenages et par chaînes (Cf. Figure 9). Dans tous les cas, un bon fonctionnement de la tête de récolte est assujéti à une transmission sans vibration et un alignement des éléments.

La vitesse de rotation des tambours et les vitesses de travail de la récolteuse sont intimement liées aux conditions de terrain. Généralement le tambour avant tourne à 60 tr/mn et le tambour arrière à 80 tr/mn, soit à des vitesses périphériques respectives de l'ordre de 1,9 m/s et 2,5 m/s. La vitesse de rotation des broches est très élevée : 2.000 tr/mn en 1ère et 2.700 tr/mn en 2ème.

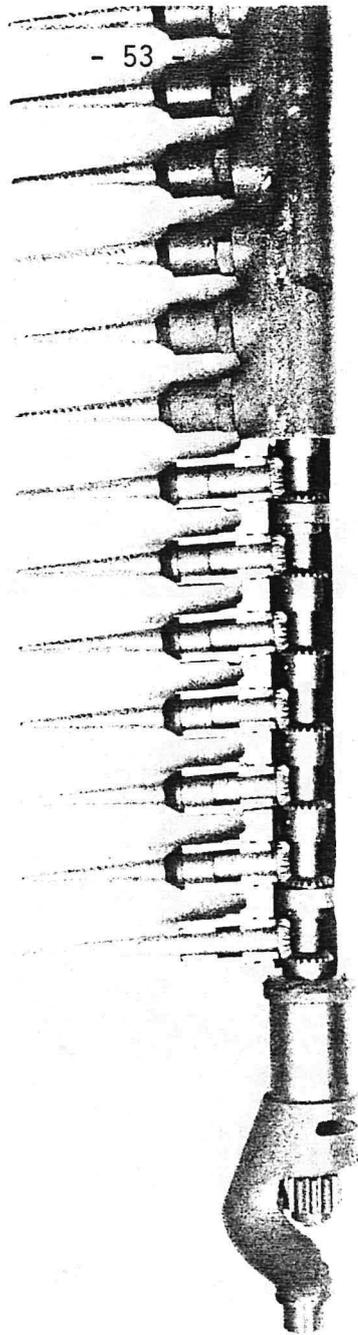


Figure n° 7 :

BARRE PORTE-BROCHES

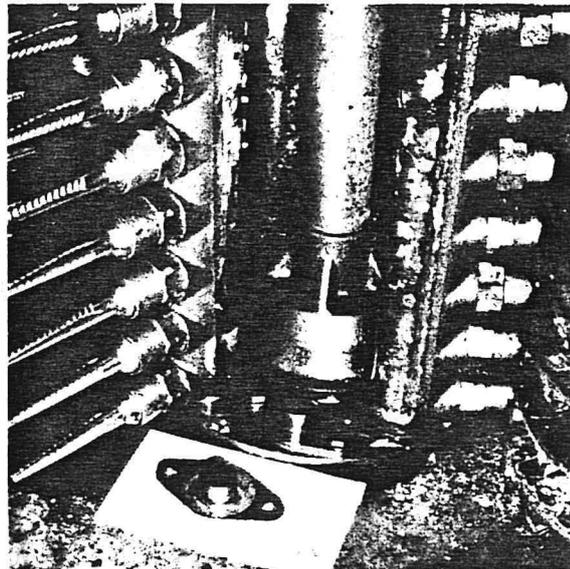


Figure n° 8 :

TAMBÔUR MONTRANT
L'ASSEMBLAGE DES BARRES

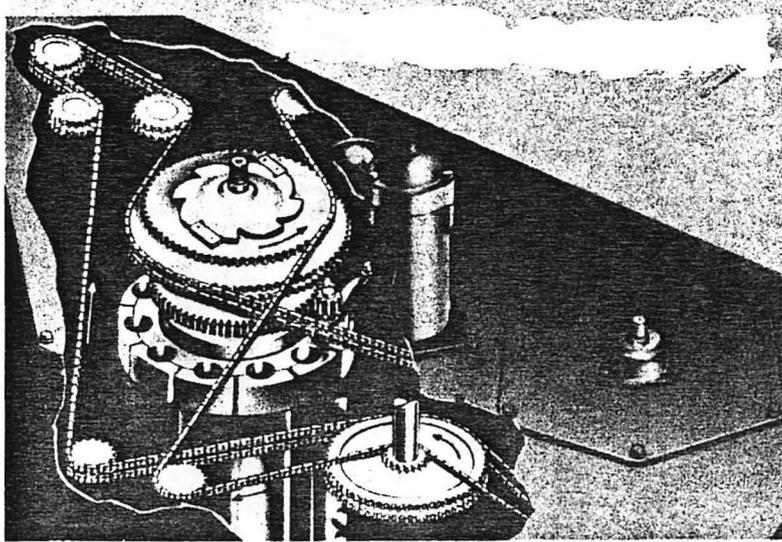
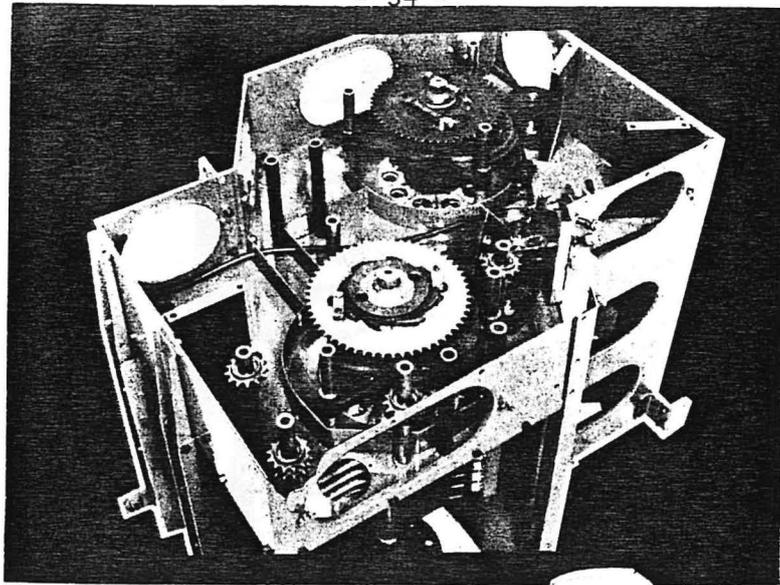
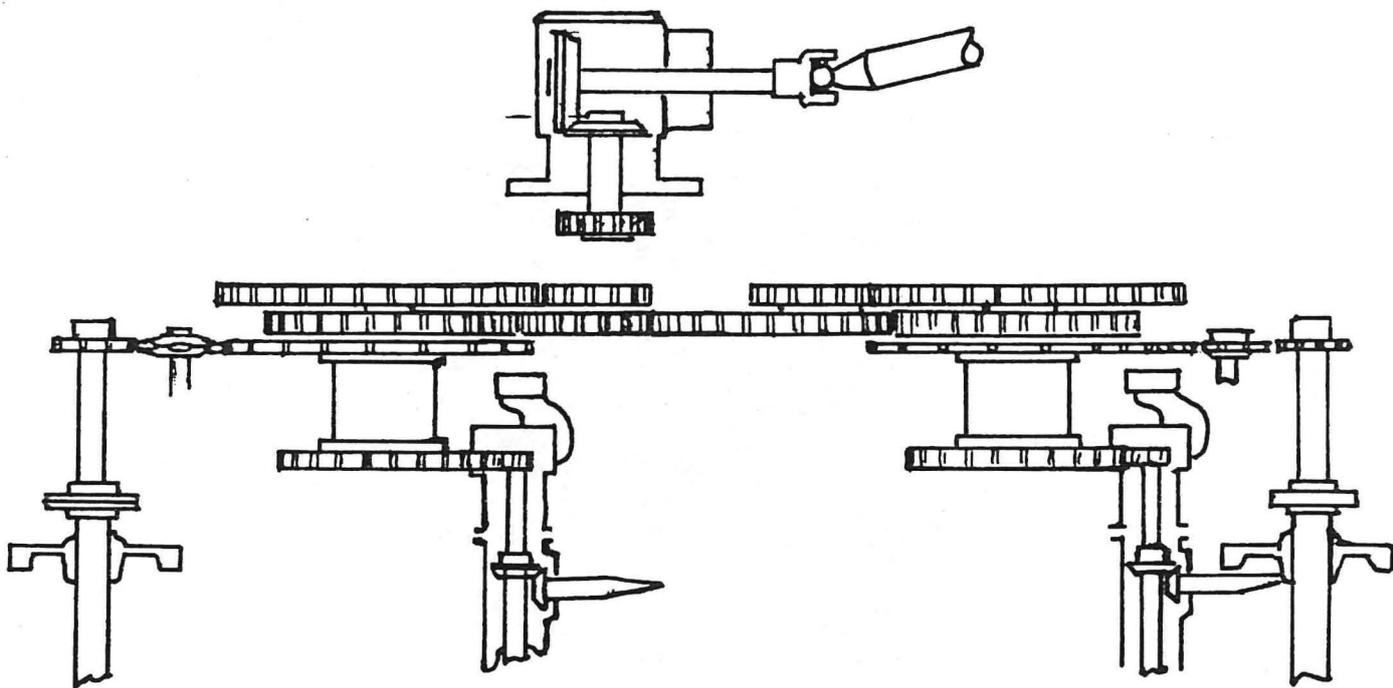


Figure n° 9 : MECANISMES D'ENTRAINEMENT DU TAMBOUR ET DE SES ACCESSOIRES



En général, les recommandations d'utilisation des "cotton-pickers" sont en faveur de vitesses de rotation basses pour les tambours. Mais des travaux effectués en Caroline ont montré une meilleure efficacité de récolte en augmentant la rotation des tambours, après désynchronisation de la rotation des tambours de la vitesse d'avancement. Deux solutions ont été utilisées :

+ réduire la vitesse d'avancement de 3,4 km/h à 2,4 km/h et maintenir la vitesse de rotation normale du tambour à 80 tr/mn,

+ maintenir la vitesse d'avancement à 3,4 km/h et augmenter la rotation du tambour de 80 tr/mn à 113 tr/mn.

Le rendement de la machine qui était de 92 % environ s'en est trouvé amélioré de 1 à 3 % sans effet sur la teneur des déchets et sans dommages outre mesure sur la plante (38).

1.1.3. Le montage des broches sur chaîne

Les "cotton-pickers" Allis-Chalmers, Ben Pearson (35) et Rust utilisent des broches droites. Ces broches, au nombre de 16 ou 22 par barre, sont plus nombreuses que dans les modèles à broches coniques. On compte en effet, 68 ou 80 barres montées sur une chaîne double sans fin, donnant 1.280 à 1.760 broches par tambour. On rencontre un ou deux tambours par rangée selon le constructeur. Les montages qui font intervenir deux tambours en tandem par rang ont l'avantage d'éviter le risque d'une récolte incomplète, celle-ci s'effectuant sur un seul côté de la rangée de cotonniers.

La chaîne se déplace à la vitesse du tracteur, en sens inverse de la marche (Ben Pearson, vitesses de récolte 4,8 km/h ou 6,4 km/h). Une forme bombée est imprimée à la chaîne dans la zone de récolte pour mieux pénétrer progressivement dans la végétation et atteindre les capsules les plus éloignées (Cf. *Figure 12*).

La rotation des broches est assurée par friction des galets qu'elles comportent sur un rail de caoutchouc (35, 37, 66). Les broches ne sont mises en mouvement de rotation que lorsqu'elles entrent dans la végétation. Leur vitesse de rotation atteint 1.250 tr/mn, vitesse plus faible que celle des broches coniques. La faible rotation également de la chaîne leur permet de rester assez longtemps dans la végétation.

Les deux chaînes (une en haut et l'autre en bas du tambour) qui portent et entraînent les barres porteuses des broches, doivent être maintenues en parfait alignement pour que les barres le soient aussi. L'efficacité du travail de récolte des broches en dépend. Le montage sur chaînes autorise un démontage beaucoup plus facile.

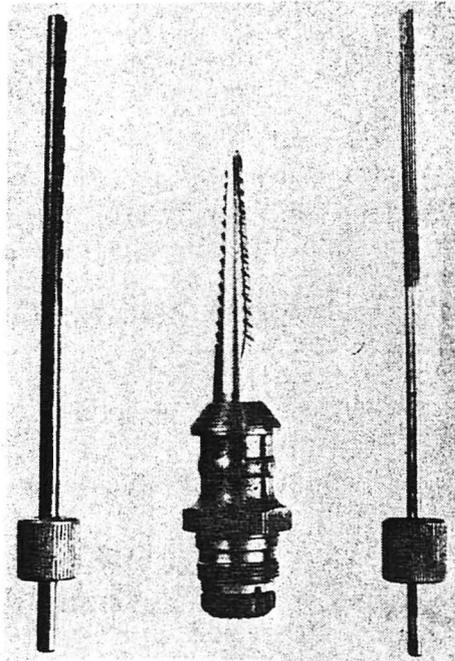


Figure n° 10

COMPARAISON DES BROCHES
CONIQUES ET DROITES

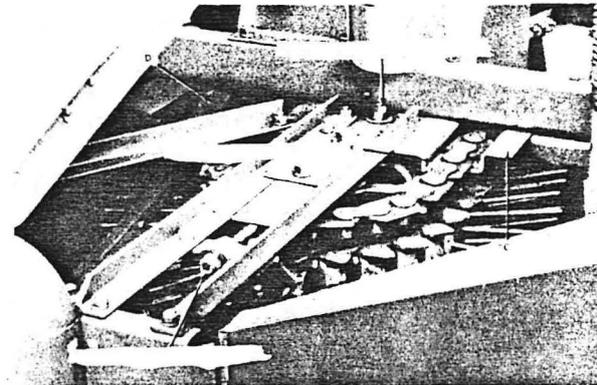
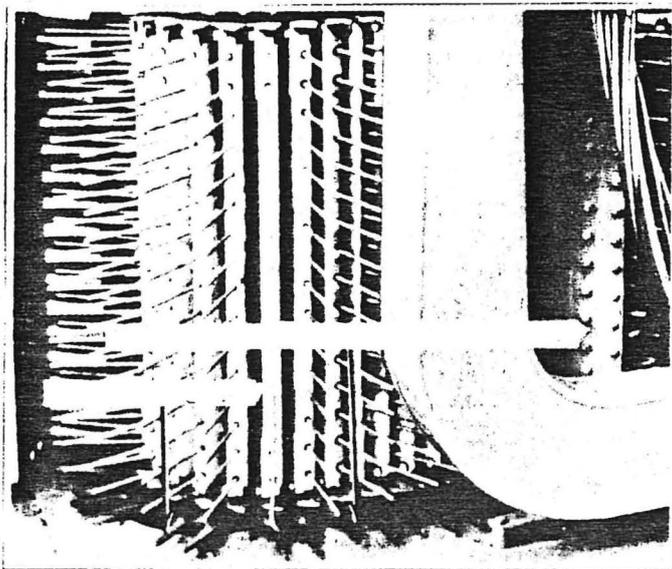
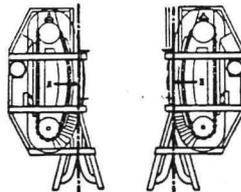
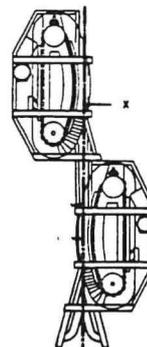


Figure n° 11

ALLIS-CHALMERS



Deux rangs



"Un rang"

Figure n° 12

1.1.4. La compression des plants

Des plaques de tôles sont montées dans la zone de récolte des broches afin d'amener les plants de cotonniers à emprunter un étroit passage et à s'exposer à l'action des aiguilles. Dans leur partie utile, les tôles épousent la trajectoire du mouvement des broches, de sorte qu'elles atteignent toutes les parties des plants. Les plaques de pression sont maintenues en place par la tension d'un ressort (38) (Cf. *Schéma général n° 5*).

On peut faire varier l'effet de ces plaques en agissant sur la tension des ressorts ou en faisant varier l'espace entre elles et la pointe des broches. Des tests (38) ont été réalisés en Caroline avec une récolteuse à broches coniques pour observer l'influence du réglage des plaques de compression (par modification de la tension du ressort ou de l'écartement des plaques) sur l'efficacité de la récolte, la teneur de matières étrangères dans le coton, le grade du coton, le pourcentage de capsules vertes arrachées par le passage de la machine. Ces tests ont révélé une nette influence de la tension des ressorts de pression et de l'espace libre sur l'efficacité de la récolte pour les plus fortes valeurs de tension et les écartements les plus réduits. Les pertes de capsules vertes augmentent aussi avec l'élévation de la pression des ressorts et la diminution de l'espace (de 6 à 12 % lorsque la tension augmente des plus faibles aux plus fortes valeurs et quand l'espace reste constant à 6,4 mm de large).

En définitive, le réglage optimum des plaques de pression doit être guidé par le pourcentage de capsules vertes dans les plants, la teneur en matières étrangères et le grade n'étant pas touchés. Quand le taux de capsules vertes est faible, régler la tension des ressorts sur les plus fortes valeurs et réduire l'espace libre de manière à obtenir l'efficacité de récolte la plus grande possible. Au contraire, revenir à une tension moyenne et un écartement compris entre 6,4 mm et 12,7 mm, si les plants portent encore beaucoup de capsules vertes.

1.1.5. Les releveurs de plants

Relever les parties basses et les branches couchées amène dans de bonnes conditions les plants dans la zone de compression et les soumet mieux à l'action des broches. Les releveurs de plants sont montés entre les becs d'un ameneur ou d'un diviseur. Les tous premiers essais ont porté sur les tringles inclinées, les roues releveuses et seule une bonne configuration améliore l'efficacité de la machine. Aujourd'hui, la possibilité de descendre le plus bas possible la tête de récolte (17 à 50 mm du sol), permet d'avoir des diviseurs en tôles suffisamment en extension pour regrouper et diriger les plants dans la tête de récolte (38, 44, 46).

1.1.6. L'extracteur de coton des broches

Condition sine qua non d'une récolte continue, la libération des broches du coton enroulé autour d'elles, s'effectue après leur sortie de la végétation, à l'opposé des plants, par rapport à l'axe du tambour. A chaque broche d'une barre correspond un élément d'extracteur ou de débourreur. Les éléments d'extracteur sont empilés suivant un axe parallèle à celui du tambour avec lequel il doit avoir un alignement correct. Les éléments de l'extracteur diffèrent selon qu'il s'agit de broches coniques ou de broches droites (37, 44, 35, 66). L'extracteur pour broches coniques est un cylindre constitué de disques rotatifs en caoutchouc souple, crénelés sur leur surface intérieure (Cf. *Figure 13*). Les disques sont fixés dans une coquille métallique échancrée et ils forment contre cette plaque une bande souple de caoutchouc qui assure l'alignement lors de la récolte. Lors de l'extraction (Cf. *Figure 14a*), les broches viennent se caler dans les cannelures au niveau de l'enroulement du coton, et poursuivant leur rotation autour du tambour, le coton est enlevé par glissement vers la pointe sans dommage de la fibre. Les dommages (fibres vrillées) n'interviennent que lorsque l'extraction s'effectue mal en cas de fibres trop humides.

Dans le cas de broches droites, l'extraction se fait par le passage des broches dans les rainures d'une plaque métallique (Cf. *Figure 14b*).

1.1.7. L'humidificateur des broches

Localisé à l'avant du tambour, le système d'humidification permet de nettoyer les broches avant leur entrée dans les plants de cotonniers. La propreté des broches est fondamentale pour la qualité de leur travail, les dents des broches devant être libres pour mieux enrouler et retenir le coton. L'humidification se fait souvent par frottement sur des tampons imbibés (Cf. *Figure 15*). Le liquide utilisé est soit de l'eau pure ou mélangée à un détergent ou à un mouillant pour diminuer la tension superficielle, soit une huile légère, soit un alcool (37, 38, 44).

Si l'importance du nettoyage est indéniable, il importe, par contre, d'avoir un système de contrôle du débit pour ne fournir juste que la quantité de liquide nécessaire et éviter les excès qui augmenteraient l'humidité des fibres et réduiraient l'efficacité de la machine. Différents principes de distribution sont proposés par les constructeurs. Le système de distribution est relié à chaque tampon par un tuyau souple. Certains utilisent la gravité de l'eau à partir d'un réservoir et d'autres utilisent des pompes, 12 à 28 litres d'eau sont fournis en moyenne pour 750 kg de coton récolté.

L'augmentation de l'humidité du coton est moindre avec l'huile qu'avec l'eau (1 à 2 % de plus pour l'eau). L'utilisation de l'eau comme agent humidificateur peut avoir le désavantage de provoquer en cas de stockage du coton, une détérioration de la fibre.

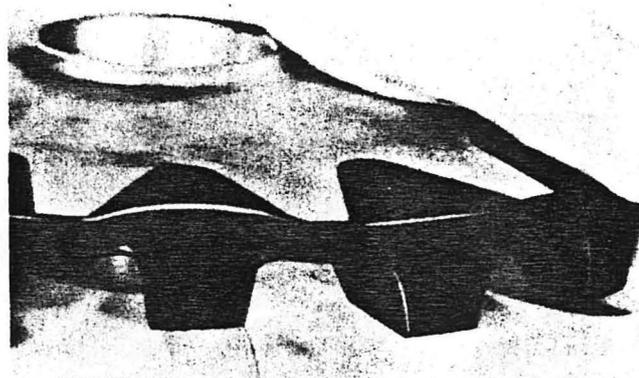


Figure n° 13

EXTRACTEUR POUR BROCHE CONIQUE

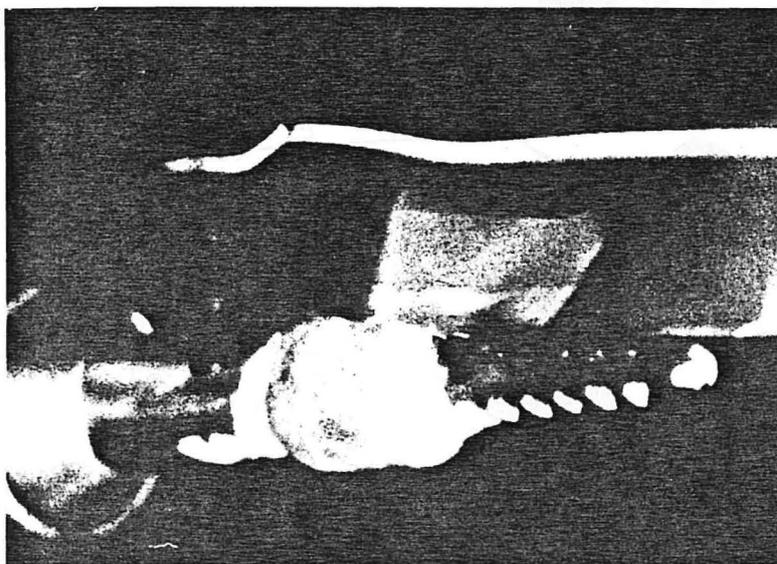


Figure n° 14a

EXTRACTION DU COTON DE BROCHE CONIQUE

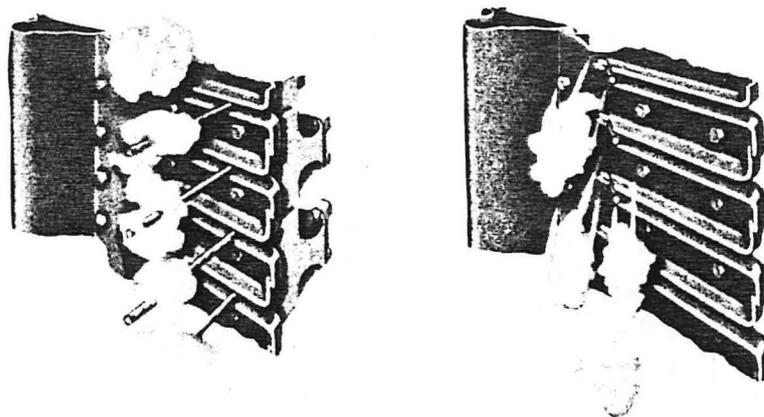


Figure n° 14b

EXTRACTION DU COTON DE BROCHES DROITES

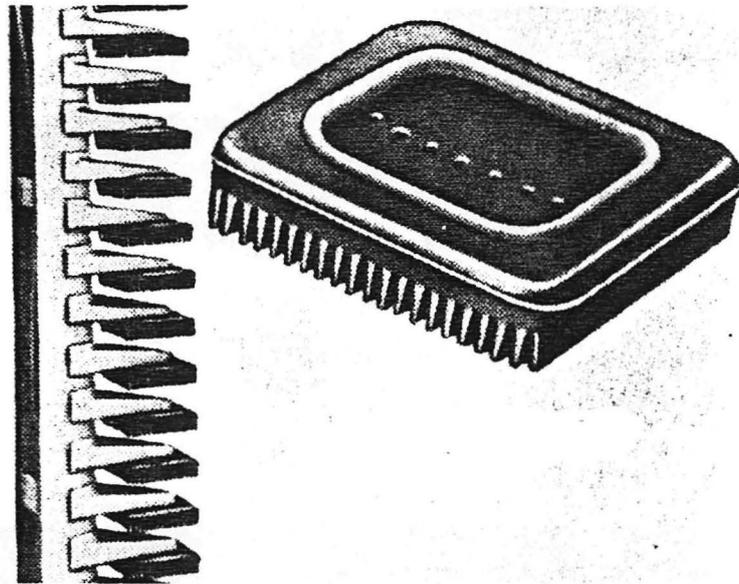


Figure n° 15 :

SYSTEME
HUMIDIFICATEUR

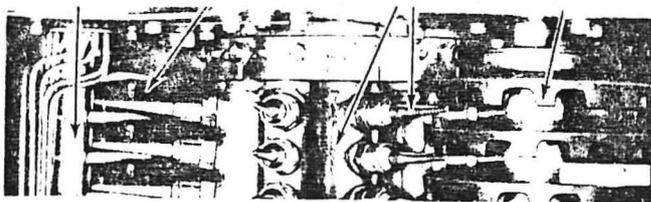
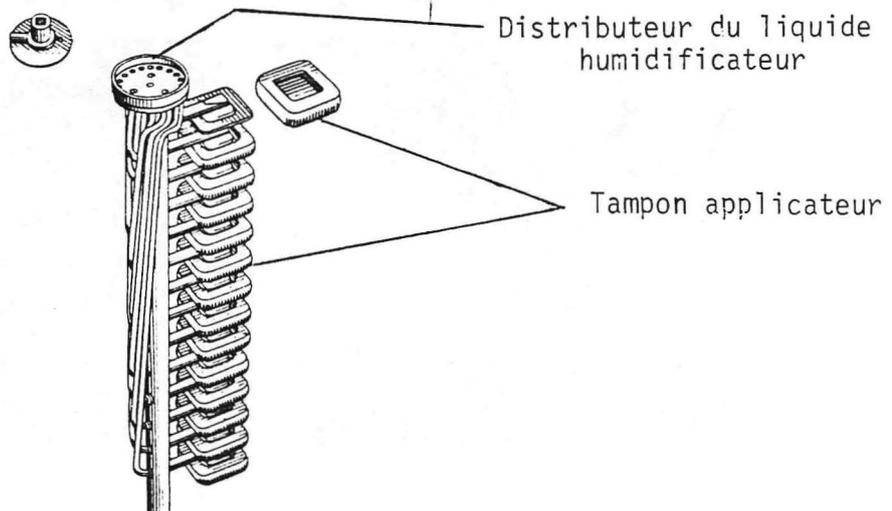


Figure n° 16 :

Position relative de
l'extracteur de coton
et de l'humidificateur
par rapport au tambour

1.1.8. Le contrôle automatique de la hauteur de la tête de récolte

Afin de récolter les capsules les plus basses et de protéger la tête des divers obstacles présents sur le sol, un dispositif de commande automatique de position équipe généralement les récolteuses. Dans le cas de récolteuses à plusieurs rangs, la commande de chaque tête se fait indépendamment des autres. Les variations du niveau du sol de chaque côté de la rangée sont détectées par des patins palpeurs (John Deere, International Harvester) qui, soit actionnent une valve qui déclenche ensuite le relevage ou l'abaissement hydraulique, soit établissent le contact avec un émetteur de signaux électriques à une valve solénoïde qui déclenche à son tour le système hydraulique.

Le contrôle de position semble être très délicat pour les montages flottants de la tête de récolte.

1.2. Le convoyage du coton-graine

La deuxième fonction principale d'une récolteuse de coton est le convoyage du dit coton depuis l'organe de récolte jusqu'à un panier de stockage.

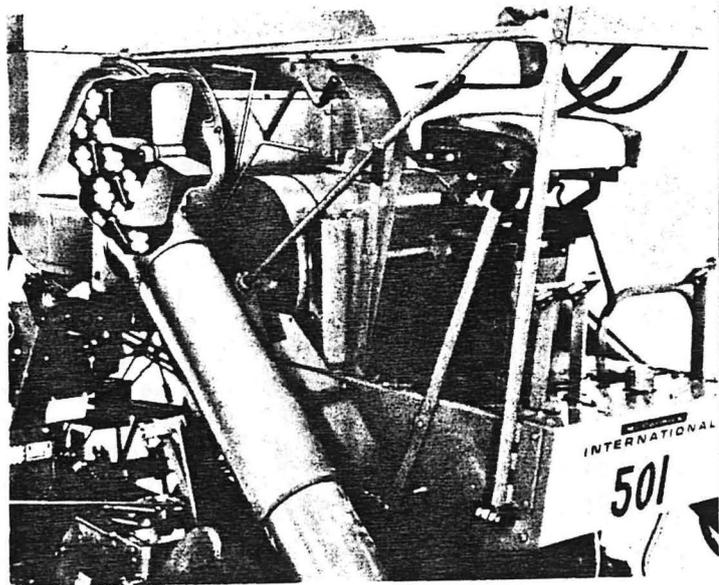
La totalité des "cotton-pickers" aujourd'hui sur le marché sont munis de convoyeurs pneumatiques. Le circuit de convoyage comporte des dispositifs annexes assurant le nettoyage du coton avant l'arrivée dans le panier.

1.2.1. Le dispositif de convoyage pneumatique

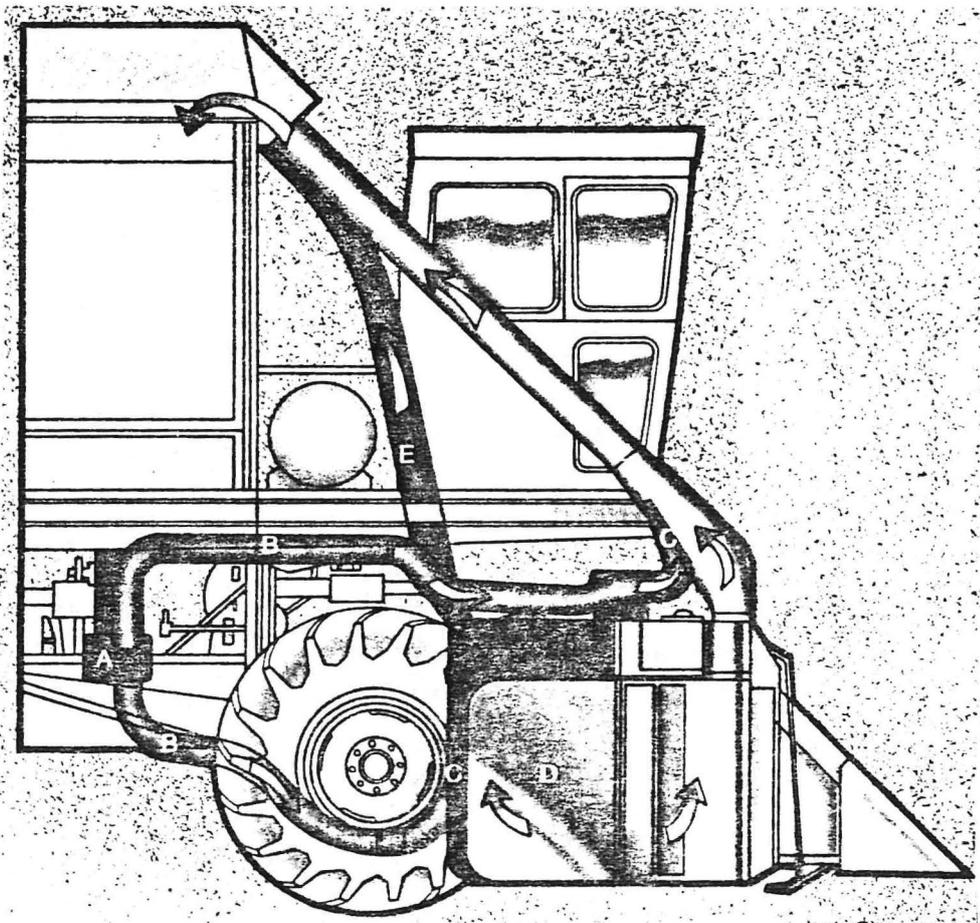
Un courant d'air, créé par un ventilateur, transporte le coton-graine de la chambre de la tête de récolte à la trémie ou la remorque. Différents principes sont proposés (44, 46).

Dans le cas de l'utilisation d'un "by-pass", c'est-à-dire un aménagement permettant d'éviter le passage du coton dans le ventilateur, le premier tronçon entre le "by-pass" et la chambre de succion est la partie où se produit une succion puis une élévation par aspiration. Depuis le "by-pass" au niveau du ventilateur jusqu'à la trémie, le courant d'air du ventilateur transporte directement le coton et le souffle dans la trémie.

Dans d'autres cas (chez John Deere notamment) le ventilateur est placé très loin du circuit emprunté par le coton. De larges conduites relient directement tête de récolte et trémie. On injecte dans ces conduites, au-dessus de la tête de récolte, un jet d'air puissant venant du ventilateur. Ce jet d'air provoque la création d'une aspiration dans la partie inférieure au point d'injection. Ce phénomène d'aspiration sort le coton de la tête de récolte à travers les conduites, puis il est transporté dans la trémie par le jet. Pour augmenter l'action de la succion, un autre jet d'air venant du même ventilateur est envoyé sous la chambre d'aspiration de la tête de récolte, qui aide à pousser le coton aspiré.



a.



b.

Figure n° 17 : CONVOYAGE PNEUMATIQUE DU COTON

Ceci a permis sur les nouveaux modèles d'utiliser une double chambre dans la tête de récolte pour recevoir plus de produit venant des tambours.

Généralement, la prise d'air est située au contact du radiateur, ceci ayant pour effet de chauffer l'air avant de le souffler dans les conduites de transport du coton. Le but recherché est de sécher le produit tout au long du convoyage et de souffler dans la trémie un coton plus sec et plus apte au stockage prolongé sans détérioration des fibres.

1.2.2. Le nettoyage simultané du coton dans le convoyeur

Outre l'abaissement de grade du coton par les nombreux déchets végétaux ramassés avec lui, ces déchets transmettent leur humidité au coton-graine et aux fibres lors de stockage. Les travaux récents de CORLEY (31) ont révélé la composition suivante des matières étrangères dans le coton récolté mécaniquement par "cotton-pickers" : 50 % de carpelles, 20 % de feuilles, 12 % de bractées, 3 % de branches, 1 % de terre et 14 % de matières indéterminées. Il conclut que les feuilles sont la majeure source de contamination du coton, même en défoliation préalable des cotonniers, et que les bractées constituent la plus grande partie des fines impuretés qui sont les plus difficiles à séparer. Ces conclusions sont tirées à partir d'analyses d'échantillon de coton ayant subi le processus de nettoyage équipant la majorité des récolteuses. Nous comprenons donc l'insuffisance et la limite de ce nettoyage au champ dans la conduite de convoyage.

La tendance actuelle est l'addition d'une cellule propre de nettoyage dans le circuit du convoyeur juste avant l'arrivée dans la trémie, en supplément bien sûr des étapes classiques de nettoyage.

Il existe trois étapes de nettoyage entre la tête de récolte et la trémie. Un premier nettoyage a lieu naturellement à travers la grille d'aération de la tête de récolte. Une ouverture de décharge des feuilles et branches avant l'extracteur permet d'éliminer une partie des matières de salissure. Sous l'action des cames des barres porte-broches, les broches éjectent vivement feuilles et branches à travers cette ouverture réglable en fonction des conditions de récolte. C'est également une source de perte de coton. Quand la teneur des déchets végétaux est faible, cette sortie doit être réduite au minimum (Cf. *Schéma général Figure 5*).

Le troisième niveau de nettoyage est la grille de la trémie. Le courant d'air transporteur du coton souffle violemment ce dernier contre la grille de la trémie, chassant à travers les rainures, déchets végétaux et poussières. L'angle des grilles est réglable.

L'insuffisance de ce nettoyage amène de plus en plus de chercheurs et constructeurs à introduire dans les machines de récolte de mini-cellules de nettoyage conformes au principe utilisée en usine d'égre-nage. Une description plus détaillée de ce principe sera faite dans la partie "cotton-strippers".

1.3. La trémie

La réduction des tournières en bout de champ et la facilité des manoeuvres ont entraîné la disparition progressive des remorques tractées au profit des trémies portées.

La forme très spéciale des trémies facilite la vidange. Tous les angles et l'inclinaison des côtés sont étudiés pour la rapidité de la manoeuvre. Un relevage hydraulique caractérisé par une hauteur de relevage (environ 3 à 4,5 m) soulève la trémie et permet de déverser son contenu dans des remorques stationnées en bout de champ. L'ouverture de la trémie s'effectue par le toit.

Nous avons déjà vu la fonction de nettoyage qui est assignée à la partie supérieure grillagée de la trémie. Notons que les parois latérales sont aussi grillagées.

La construction de trémies de grandes capacités et l'installation de dispositifs de compactage du coton à l'intérieur réduisent les pertes de temps (en évitant des vidanges fréquentes) et augmentent, par conséquent, le temps de récolte et la quantité récoltée. La capacité de la trémie est fonction du rendement des parcelles, de la longueur des rangs, de la variété de coton, de la vitesse de récolte, de la teneur en humidité du coton-graine et bien sûr de l'opérateur. En effet, des trémies standard sont proposées avec des extensions permettant de choisir la capacité qui convient mieux au moment de la récolte. Aussi les capacités des trémies varient-elles dans de larges proportions allant d'environ 10 à plus de 30 m³, soit des quantités de coton-graine entre 700 et près de 2.500 kg.

Les dispositifs de compactage du coton sont soit des systèmes à vanne, soit des vis sans fin et commandés par des moteurs hydrauliques situés à l'extérieur de la trémie.

1.4. L'ensemble moteur

La grande majorité des "cotton-pickers" sont des ensembles automoteurs à trois ou quatre roues : deux roues motrices et une ou deux roues directrices. La position des roues motrices peut être à l'avant ou à l'arrière (selon le constructeur).

Quelques modèles montés sur tracteurs existent encore et sont réservés aux petites surfaces.

Les "cotton-pickers" ont une voie réglable et adaptée au mode de culture. Ce sont des machines qui possèdent un court rayon de braquage de l'ordre de 3 m.

La vitesse de travail, comme nous l'avons vu, varie de 3 à 6,5 km/h, alors que la vitesse de transport peut atteindre 24 km/h.

Le moteur bénéficie d'une protection toute particulière contre les poussières et autres débris de récolte. Sa puissance peut aller de 59 à 88 kW (80 à 120 ch).

2 - PERFORMANCES DES "COTTON-PICKERS"

Dans les sous-chapitres A et B, nous avons fait état des paramètres qui ont une incidence notable sur les performances d'une récolteuse de coton. Ajoutons que l'efficacité de si gros matériels est largement liée aux dimensions des exploitations cotonnières. Les grandes surfaces sans obstacles sont les mieux adaptées. Elles évitent les manoeuvres répétées et permettent de réduire les temps morts.

Les "cotton-pickers" opèrent en deux passages (le premier quand 70 - 80 % des capsules sont récoltables et le second quand le reste des capsules sont ouvertes) ou en passage unique quand la variété cotonnière le permet.

Un problème de première importance pour les producteurs concerne les pertes occasionnées par la machine. On estime qu'elles peuvent être comprises entre 5 et 15 % du produit total récolté avec des variations allant jusqu'à 20 %. Ces valeurs entraînent donc un rendement de 80 à environ 95 % pour la récolteuse (quantité de coton récolté par rapport au coton présent sur les plants avant l'entrée de la machine sur le champ). Ces valeurs s'entendent toutes variétés confondues.

En Côte d'Ivoire, les essais de récolte mécanique (56) ont abouti à 89 %, 93,3 % et 94,1 % respectivement pour les trois variétés suivantes concernées par les essais : 229-29, DP-16 et 444-2 (variété vulgarisée en Côte d'Ivoire au moment des essais).

Des études menées dans le Mississippi estiment qu'une récolteuse 1 rang met environ 3 h pour récolter 1 ha, alors que 1 h 45 mn sont nécessaires à une récolteuse 2 rangs.

Le constructeur John Deere pour ses derniers modèles (46) affirme 1,5 ha par heure pour la récolteuse 9940 - 4 rangs et environ 1 ha par heure pour la 9920 - 2 rangs.

On estime généralement, compte tenu des expériences, que :

- un "cotton-picker" - un rang récolte 0,3 ha en 1 heure
- un "cotton-picker" - deux rangs récolte 0,5 à 0,7 ha/h

ce qui signifierait que pour récolter 100 ha avec une récolteuse - 2 rangs, il faudrait disposer d'environ 200 heures. Le temps effectif de récolte représente 64 % du temps total de travail, le reste étant occupé par l'entretien et les divers temps morts liés à la récolte (déchargements, changements de direction...).

3 - REGLAGES ET ENTRETIEN DES "COTTON-PICKERS"

Une bonne partie des pertes de coton dues à la machine et une large part des matières étrangères dans le produit sont imputables aux réglages et à l'entretien de la machine. En effet, la sauvegarde de la précision de la machine dépend de son état de fonctionnement et de la précision des réglages des différentes parties de la tête de cueillette (38, 44).

Il ne fait aucun doute qu'un "cotton-picker" est une machine très complexe et requiert un opérateur qualifié, possédant de bonnes connaissances sur le matériel (récolteuses à tambours, à chaînes). Une parfaite connaissance du manuel d'utilisation permettrait une détection immédiate et une réparation conséquente de troubles éventuels. Nous ne ferons état ici que des principaux réglages et soins à observer avant et pendant la saison de récolte.

Avant le début de la saison de récolte, une vérification des mécanismes de la machine s'impose (alignement des différents axes de la tête de récolte, état des broches, des chaînes,...).

Au moment de la récolte, il faut :

- + veiller à ce que la tête de récolte soit centrée sur le rang et soit la plus basse possible
- + mettre les têtes de récolte à la même distance de part et d'autre des rangées dans le cas de l'utilisation d'une récolteuse à plusieurs rangs
- + positionner les releveurs de plants, une fois les têtes en position de récolte. Les capsules les plus basses doivent être relevées à la hauteur du deuxième ou troisième rang de broches
- + faire varier en fonction des conditions de récolte qui règnent, l'écartement entre les broches et les plaques de compression et la tension des ressorts
- + s'assurer que les tampons d'humidification des broches portent sur toute la longueur de manière à obtenir un bon nettoyage. Régler le débit d'eau en l'adaptant à l'humidité relative du coton
- + positionner l'extracteur de coton en observant les écartements avec les broches recommandés dans le manuel d'utilisation
- + maintenir en état de lubrification toutes les pièces qui doivent l'être
- + adapter la vitesse d'avancement aux conditions de récolte.

D'autres soins, liés à l'utilisation, sont à répéter plusieurs fois dans la journée. Ils concernent la circulation de l'air et la propreté des différentes grilles de nettoyage du coton, mais l'état des broches tout au long du travail (humidification, extraction). Il faut donc enlever régulièrement tous les déchets qui s'accumulent dans la tête de récolte et obstruent les grilles de sortie des déchets ou d'entrée d'air.

Les accumulations de déchets sur la grille de nettoyage de la trémie sont aussi à éviter.

Une efficacité élevée d'une récolteuse s'appuierait sur l'observation rigoureuse de ces différents réglages et soins, ce qui ne serait pas sans poser des problèmes difficiles en Côte d'Ivoire.

D/ LES "COTTON-STRIPPERS" OU ECAPSULEUSES

L'apparition, puis l'évolution des écapsuleuses, ont créé tout comme pour les cueilleuses, des contraintes d'ordre cultural, préalables à toute utilisation. Nous en avons exposé l'essentiel dans les sous-chapitres A et B. Nous nous contenterons ici d'une brève description.

La récolte par "stripper" nécessite :

- + un lit de semences suffisamment plat ou à pente douce
- + une densité de plants assez élevée, voisine de 100.000 plants/ha, en semis continu en lignes. L'augmentation de densité jusqu'à 200.000 plants favorise les conditions de récolte, mais les densités élevées donnent une teneur en matières étrangères plus importante, des pertes de coton plus élevées et quelquefois une baisse de rendement
- + des plants plus petits qu'en récolte au "picker" (moins de 96 cm). La végétation doit être homogène et la maturité des capsules plus groupée. Les variétés cultivées doivent résister aux intempéries (pluie, vent, soleil)
- + un traitement préalable de défoliation, lorsque au moins 70 % des capsules sont ouvertes. En cas de dessiccation, le pourcentage d'ouverture de capsules doit environner 90 % avant application du produit.

Les "cotton-strippers" sont des matériels de récolte non-sélectifs, mais leur principal mérite est une récolte en un passage unique, à une vitesse plus élevée. D'où un abaissement des coûts de récolte. La non-sélectivité des "strippers" réside dans l'arrachage tant des capsules ouvertes que des capsules vertes.

Le dispositif d'écapsulage constitue le principal critère distinctif des "strippers". Il permet de distinguer les "strippers" à doigts et les "strippers" à rouleaux. Aujourd'hui, les plus utilisés sont les "strippers" à rouleaux.

1 - DESCRIPTION DES "COTTON-STRIPPERS"

Les premières machines étaient analogues à des traîneaux, qui en avançant, arrachaient les capsules, grâce à la force ascendante de doigts équipant le dispositif de récolte. Un peu plus tard, la recherche et notamment les travaux de SMITH (38) (Texas, 1935) ont abouti à l'utilisation de rouleaux rotatifs à la place des doigts fixes. Les études ont

donc porté sur l'écartement entre les deux rouleaux (passage des plants), la vitesse de rotation de ces rouleaux, leur angle par rapport à l'horizontale pour pouvoir atteindre toutes les parties du plant et sur les matériaux les constituant.

Les "strippers" sont particulièrement nombreux dans les exploitations des zones arides du Texas, d'Arkansas et d'Oklahoma. Un "stripper" comporte le même découpage schématique qu'un "picker", à savoir, un dispositif de récolte (tête de récolte), un système convoyeur-nettoyeur, une trémie de stockage et bien sûr un ensemble assurant le déplacement et l'entraînement des parties mobiles.

1.1. Le dispositif d'écapsulage

L'originalité des écapsuleuses est, nous l'avons dit, l'utilisation de doigts ou de rouleaux. Nous décrirons respectivement les dispositifs à rouleaux, puis les têtes de récolte munies de doigts (33, 37, 38, 44, 46).

1.1.1. La tête de récolte à rouleaux

Un "cotton-stripper" peut être à un ou plusieurs rangs dont à chaque rang correspond une tête de récolte. Un dispositif d'ameneur-releveur engage les plants dans un espace aménagé où a lieu le décrochage des capsules. Cet ameneur-releveur permet d'atteindre les capsules les plus basses et de regrouper dans un même axe, les branches étalées.

Le système d'écapsulage peut être à un ou deux rouleaux.

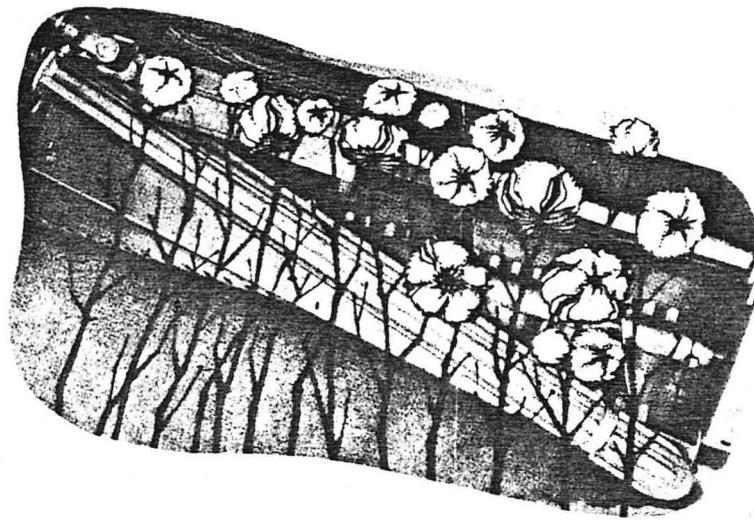
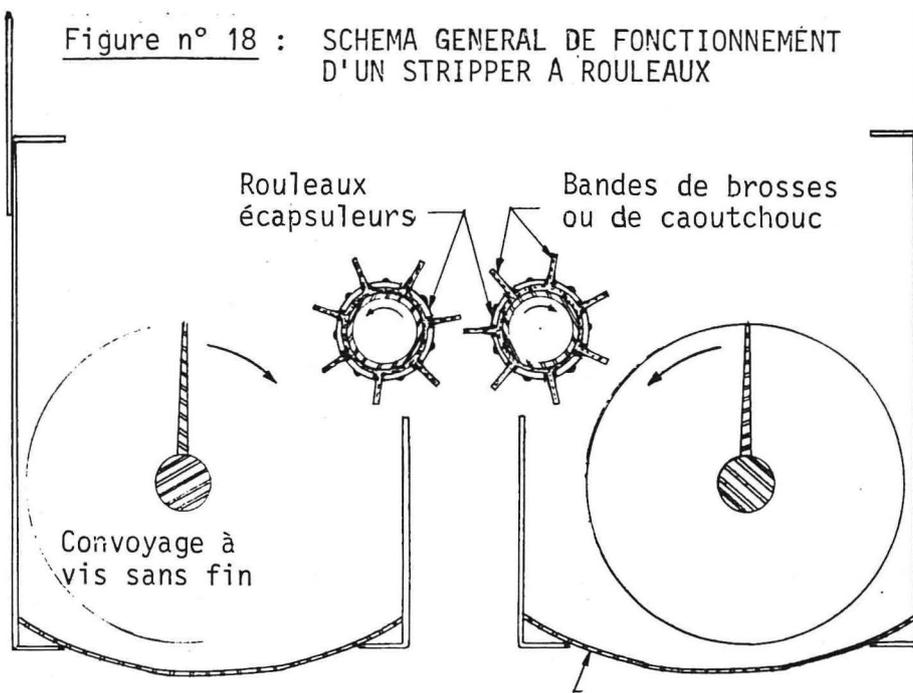
Dans la disposition à double rouleau, une paire de rouleaux interchangeable, montés chacun de chaque côté du rang, tournent en sens inverse. Les rouleaux comportent à chaque extrémité un roulement et sont inclinés d'avant en arrière, d'un angle de 30° par rapport au sol (*Cf. Figure 19*). Leur rotation est assurée par le haut, par des engrenages coniques. Lorsque les plants passent dans l'espace aménagé entre les deux rouleaux, une force ascendante née de la rotation des rouleaux éjecte les capsules hors des plants et elles sont récupérées par un système d'évacuation vers la trémie (*Cf. Figure 18*).

Dans le dispositif à un seul rouleau, l'écapsulage se produit entre le rouleau et une barre fixe de même longueur et de même inclinaison que le rouleau. Le réglage de la position de cette barre règle l'écartement du passage des plants. Seuls les modèles anciens ont utilisés ce principe et il est plutôt rare de nos jours.

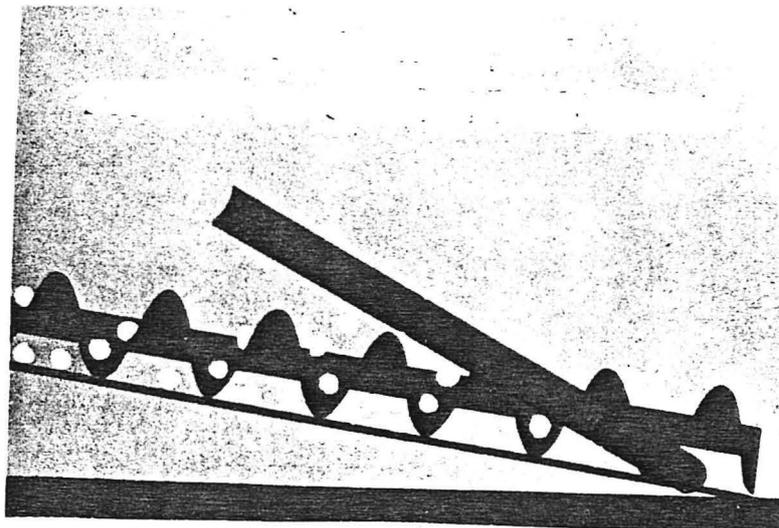
L'efficacité de la récolte par "stripper" est liée au type de matériau constituant le rouleau, à la vitesse de rotation, à la disposition et à l'écartement des rouleaux.

Des études menées dans l'Oklahoma et au Texas ont permis l'appréciation de certains types de matériaux, la forme et la présentation de l'état de surface. Les travaux ont également porté sur les vitesses de rotation, sur l'écartement à observer entre ces rouleaux (38).

Figure n° 18 : SCHEMA GENERAL DE FONCTIONNEMENT D'UN STRIPPER A ROULEAUX



a)



b)

Figure n° 19 :

- POSITION RELATIVE DU ROULEAU ECAPSULEUR ET DE LA VIS SANS FIN
- POSITION PAR RAPPORT A L'HORIZONTALE

* Types de rouleaux (Cf. *Figure 20*)

Quatre matériaux ont souvent été utilisés dans la construction des rouleaux : l'acier, le caoutchouc, le nylon (fibres synthétiques) et les fibres végétales.

Les rouleaux à base de fibres végétales ont un montage sous forme de brosses. Les fibres ont approximativement 57 mm de long et sont montées sur un noyau métallique de 50,8 mm de diamètre en bandes (au nombre de 10 ou 6) soit parallèles à l'axe du rouleau, soit en spirales autour du noyau métallique. Le diamètre extérieur du rouleau atteint environ 165 mm et sa longueur varie entre 1 et 1,40 m. Au montage, l'espace entre les deux rouleaux est de 6,3 mm et on estime qu'il peut atteindre 63,5 mm lorsque les deux rouleaux pénètrent dans la végétation à la suite de la flexion des fibres. Une flexion excessive peut provoquer la cassure des fibres et donc une diminution d'efficacité. L'utilisation entraîne à la longue une orientation permanente des fibres.

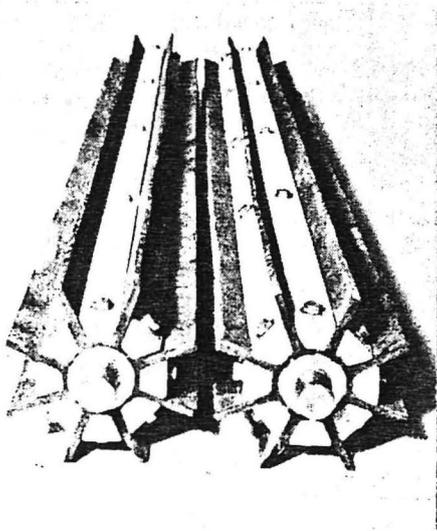
Les rouleaux en fibres de nylon sont construits de la même manière que ceux en fibres végétales. A la différence des fibres végétales, le nylon ne prend pas une orientation permanente suite à l'utilisation prolongée. La quantité de fibres peut diminuer, certaines souffrant de cassure. En général les rouleaux à fibres retiennent des fragments de branches et l'échauffement par friction que cela entraîne cause finalement les dommages.

Le caoutchouc est utilisé en bandes parallèles ou spiralées autour d'un noyau métallique de la même manière que dans les rouleaux à fibres. L'écartement normal entre les rouleaux sur la tête de récolte est le même que dans le cas de rouleaux à brosses. Les bandes subissent une usure rapide par suite des frottements abrasifs.

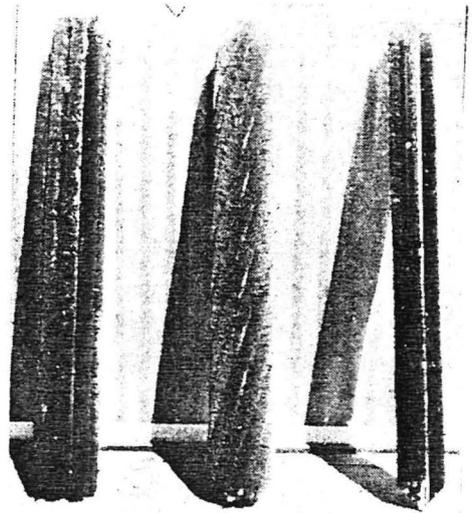
Certains rouleaux en caoutchouc sont faits de doigts de 16 mm de diamètre et de longueur variant entre 60,3 et 73 mm. Les doigts en caoutchouc sont montés radialement en rangées longitudinales à l'axe du rouleau et espacés les uns des autres de 38 mm. Quand les deux rouleaux ne sont pas en rotation, l'espace entre eux est d'environ 6,3 mm, mais lorsqu'ils tournent il est difficile d'apprécier la variation maximale de cet espace à cause de l'interférence entre les doigts et leur élévation due à la force centrifuge.

Aujourd'hui, les derniers nés de la majorité des "strippers" (John Deere, International Harvester, Allis Chalmers, Heaston) alternent bandes de caoutchouc et bandes de fibres de nylon (brosses) montées parallèlement à l'axe du rouleau. Le rouleau ainsi conçu comporte six ou huit bandes parallèles dont trois ou quatre de chaque constituant. L'utilisation de ces rouleaux a permis d'améliorer l'efficacité de la récolte tout en abaissant le pourcentage de débris végétaux.

Figure n° 20 : TYPES DE ROULEAUX

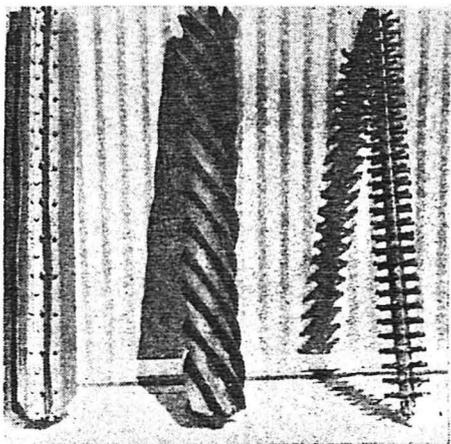


a)

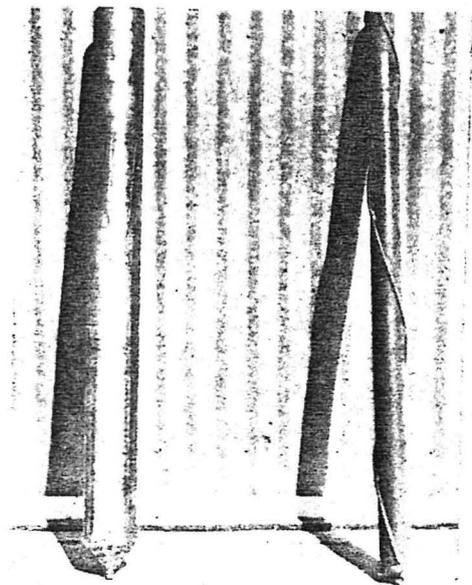


b)

Fibres végétales ou fibres de nylon



c) Caoutchouc



d) Acier

Les rouleaux en acier équipent également les têtes de récolte de "cotton-strippers". Leur diamètre varie de 5 à près de 10 cm et leur longueur entre 100 et 160 cm. Leur surface peut être lisse, rainurée ou comporter une ou plusieurs nervures en relief, soit droites, soit spirales. L'état de surface est fonction de l'agressivité recherchée. L'espace entre les deux rouleaux, réglable à partir du poste de conduite, varie de 9 à 18 mm. L'utilisation des rouleaux en acier est de moins en moins courante.

* Vitesse de rotation des rouleaux

Elle conditionne dans une large mesure l'efficacité de l'écapsulation, le taux de matières étrangères et la qualité du coton et les pertes au sol. Nous traiterons plus en détail les résultats des écapsuleuses en liaison avec la vitesse de rotation des rouleaux et les matériaux.

Les essais dans l'Oklahoma et au Texas de D.G. BATCHELDER et autres (33) ont pris en compte les vitesses de rotations suivantes : 300, 500, 700, 900 et 1.200 tr/mn.

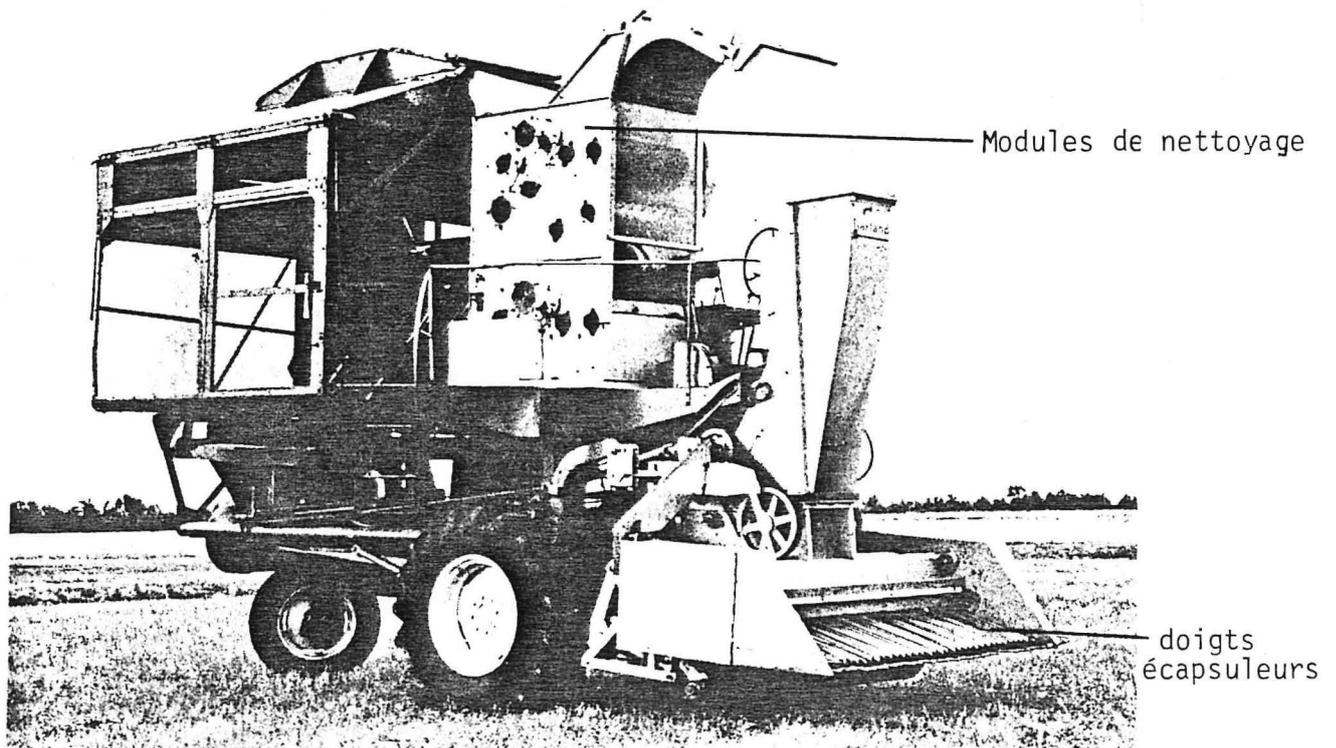
1.1.2. La tête de récolte à doigts (Cf. *Figure 21*)

Les premiers modèles de "cotton-strippers" à doigts s'efforçaient d'écapsuler les cotonniers, comme les "pickers", par rangs. Ainsi, on distinguait les "strippers" à doigts à un, deux rangs, avec dix ou onze doigts par rangée. Les doigts ont entre 60 et 90 de long et sont fixés inclinés par rapport au plan horizontal de 10° à 15°.

L'inefficacité des doigts dans les plantations à faible densité ou dans les plants de grande taille et à large port a amené à préférer les "cotton-strippers" à doigts pour la récolte du coton à haute densité (200.000 à près de 500.000 plants/ha) où nous avons simultanément des petits plants. Mais la structure de la tête de récolte change et nous disposons, non plus de modèles à rangs, mais de modèles munis d'un unique plateau-porteur des doigts qui couvre plusieurs rangs à la fois (27). Ce dispositif élimine les contraintes des réglages pour se placer strictement sur les rangs. L'espacement des doigts sur le plateau (2 cm environ) et leur angle d'inclinaison sont réglables en fonction de la masse végétale, la hauteur des plants et de la dimension des débris de rameaux ramassés avec les capsules. Allis-Chalmers monte des doigts en forme de cornières avec le creux vers le haut, pour retenir une partie des matières étrangères.

C'est sous l'action de l'avancement de la machine et de l'inclinaison des doigts que se produit l'arrachage des capsules des plants. Une fois arrachées, les capsules sont soumises au mouvement de rotation d'un tambour à dents ou de vis sans fin qui débarrassent les rouleaux pour permettre une récolte continue. Les capsules ainsi rassemblées sont prises en charge par le système de convoyage-nettoyage, alors qu'une bonne partie des rameaux et des capsules vides sont entraînés dans un mouvement descendant par un système de séparation situé à l'arrière des rouleaux. Ce

Figure n° 23



a) Stripper à doigts équipé de modules de nettoyage



b) Vue de la récolte

système d'extraction des rameaux est réglable de haut en bas et d'avant en arrière suivant la taille des plants. La vitesse de rotation du tambour à dents qui rassemble le coton dans le convoyeur est également adaptable aux conditions de récolte.

1.1.3. L'ensemble de la tête de récolte

En plus du système d'écapsulage et du dispositif ameneur-releveur, la tête comporte une partie du dispositif de convoyage-nettoyage qui réceptionne les capsules et les évacue dans le reste du circuit du convoyeur. Cet ensemble peut être monté flottant ou à position réglable par patins, permettant une adaptation à la hauteur des plants de façon indépendante d'un rang à l'autre. De plus, chez certains constructeurs, un montage par boulons de la tête de récolte à rouleaux sur une poutre transversale, facilite le réglage en fonction de l'espacement des rangs, par simple déblocage des boulons et glissement de l'ensemble de la tête. Des chaînes ou des lamelles plastiques fixées à une extrémité ferment l'ouverture de la tête de récolte face aux rouleaux, évitant les projections de capsules déjà arrachées sous l'action des rouleaux.

Parfois, un système de maintien des pieds de cotonniers au sol, évite leur arrachage (utilisation de rouleaux à cet effet).

1.2. Le convoyage-nettoyage

Le convoyeur-nettoyeur comporte trois parties.

La première étape se réalise au niveau de deux convoyeurs latéraux longeant les deux rouleaux. Dans le cas d'un seul rouleau, il n'existe alors qu'un seul convoyeur.

Ces premiers convoyeurs aboutissent dans un transporteur transversal de plus grand diamètre qui constitue la deuxième étape.

La dernière étape est un élévateur qui peut être soit mécanique, soit pneumatique.

Généralement, les deux premiers convoyeurs latéraux sont, soit une grille perforée concave (Cf. *Figure 23*) dans laquelle tourne une vis sans fin, soit une série de cylindres dentés qui déplacent le coton sur des grilles successives concaves. Le convoyeur transversal est également un transporteur par vis sans fin à l'intérieur d'une grille concave. L'élévateur mécanique est composé d'une chaîne ou d'une courroie comportant des lattes transversales en acier ou en caoutchouc ou une alternance des deux. Quelquefois, l'élévateur mécanique est couplé avec un élévateur pneumatique.

Comme le coton issu de la récolte par "stripper" est très sale, le rôle de nettoyage des convoyeurs est très important. C'est pourquoi l'utilisation sur les écapsuleuses de vis sans fin, de cylindres dentés ou de courroies munies de lattes (45) s'accompagne toujours de conduites à surfaces perforées ou grillagées. Les perforations de la plaque métallique concave sont continues ou discontinues, parallèles ou perpendiculaires au sens du convoyage, ou sous forme de maille (Cf. *Figure 22*).

Une étude effectuée dans l'Oklaoma (34) a permis de comparer des types de convoyeurs, de préciser les vitesses de transport pour un nettoyage efficace et de choisir une perforation des surfaces en liaison avec cette efficacité. Les travaux ont porté sur quatre types de convoyeurs : vis sans fin, cylindres dentés, courroies munies de lattes et transport pneumatique par ventilateur (Cf. *Figure 25*). Quatre types de surfaces perforées ont servi dans le cas de convoyage par vis sans fin et par cylindres dentés. Dans ce dernier cas également, les vitesses de rotation de la vis et des cylindres ont été les suivantes : 200, 350 et 500 tr/mn.

Plusieurs facteurs influencent l'efficacité du nettoyage parmi lesquels la vitesse de rotation, la longueur de la portion servant de nettoyeur, l'agitation du coton, la partie utile de la surface perforée disponible, l'orientation des perforations par rapport au flux du coton, le pourcentage de vides (trous) sur la surface totale.

Certains types de convoyeurs sont bons séparateurs pour certains composants de matières étrangères et ne le sont pas pour d'autres de sorte qu'il faut rechercher une combinaison de plusieurs types dans le circuit pour créer une complémentarité.

Par rapport à l'extraction de chaque composant de déchets (feuilles, rameaux, carpelles,...) le cylindre denté est plus opérationnel aux vitesses élevées (500 tr/mn) et la grille à perforations parallèles donne les meilleurs résultats que les autres grilles. Quant à la vis sans fin, elle permet une meilleure séparation des déchets aux plus faibles vitesses de rotation avec une grille à perforations perpendiculaires. Elle donne d'assez bons résultats avec les autres grilles, à condition de tourner à 350 ou 500 tr/mn. De manière générale, l'extraction des déchets est meilleure avec le cylindre denté qu'avec la vis sans fin.

Le convoyage pneumatique donne un produit dans lequel la position fine des déchets demeure importante, du fait qu'il s'agit aussi de produits légers au même titre que le coton. Il y a la possibilité d'utiliser une séparation telle celle des "pickers" par projection du jet sur une grille à perforations discontinues parallèles au flux de coton.

Tout mode de convoyage confondu (vis sans fin, courroies à palettes, pneumatique), le coton issu des "cotton-strippers" et après toutes les étapes de nettoyage, contient encore 25 à 38 % de matières étrangères. Il exige donc beaucoup d'attention à l'égrenage pour extraire le reste des déchets et préserver la qualité du coton.

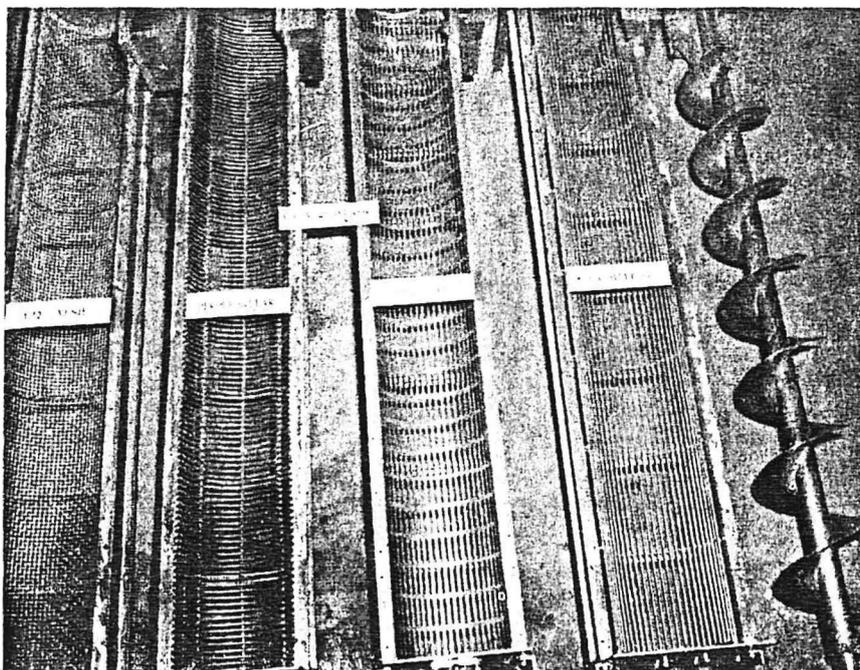


Figure n° 22

Maille Perpendiculaire Parallèle discontinue Parallèle continue

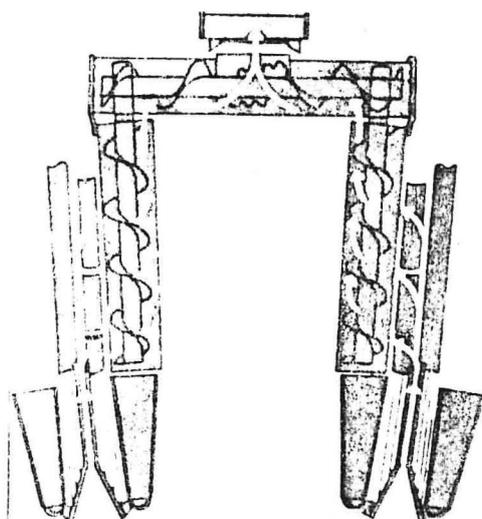


Figure n° 23

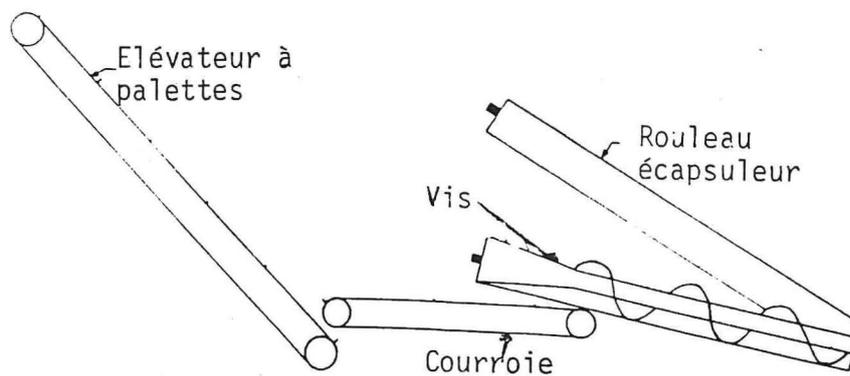


Figure n° 24

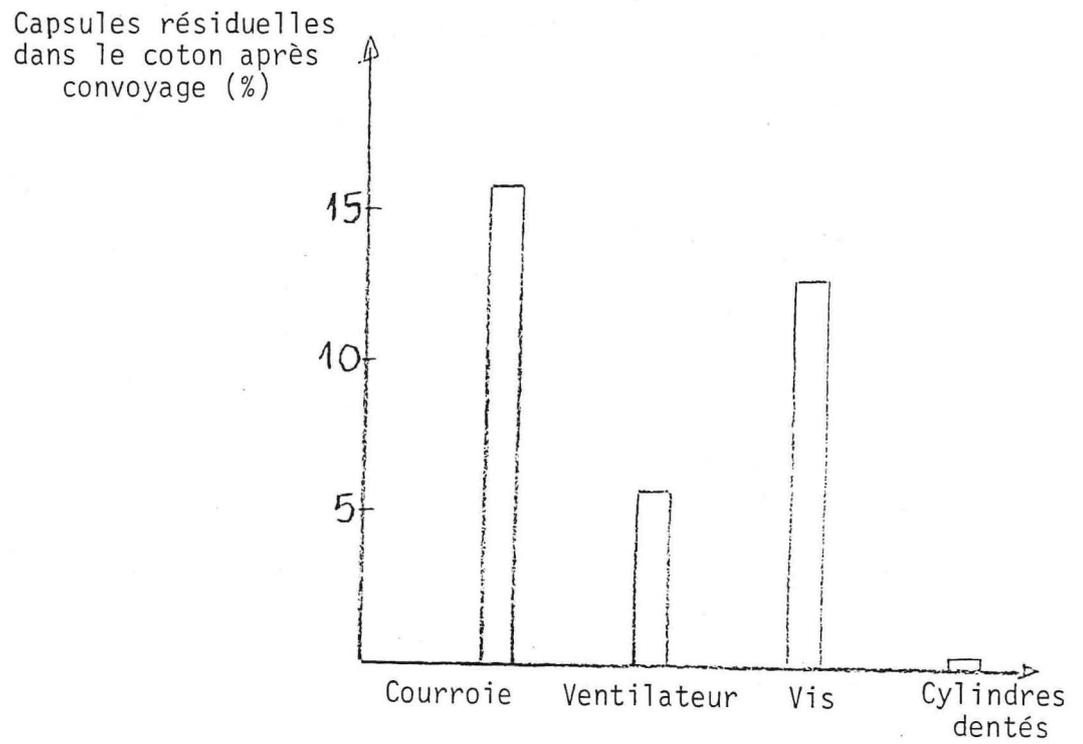
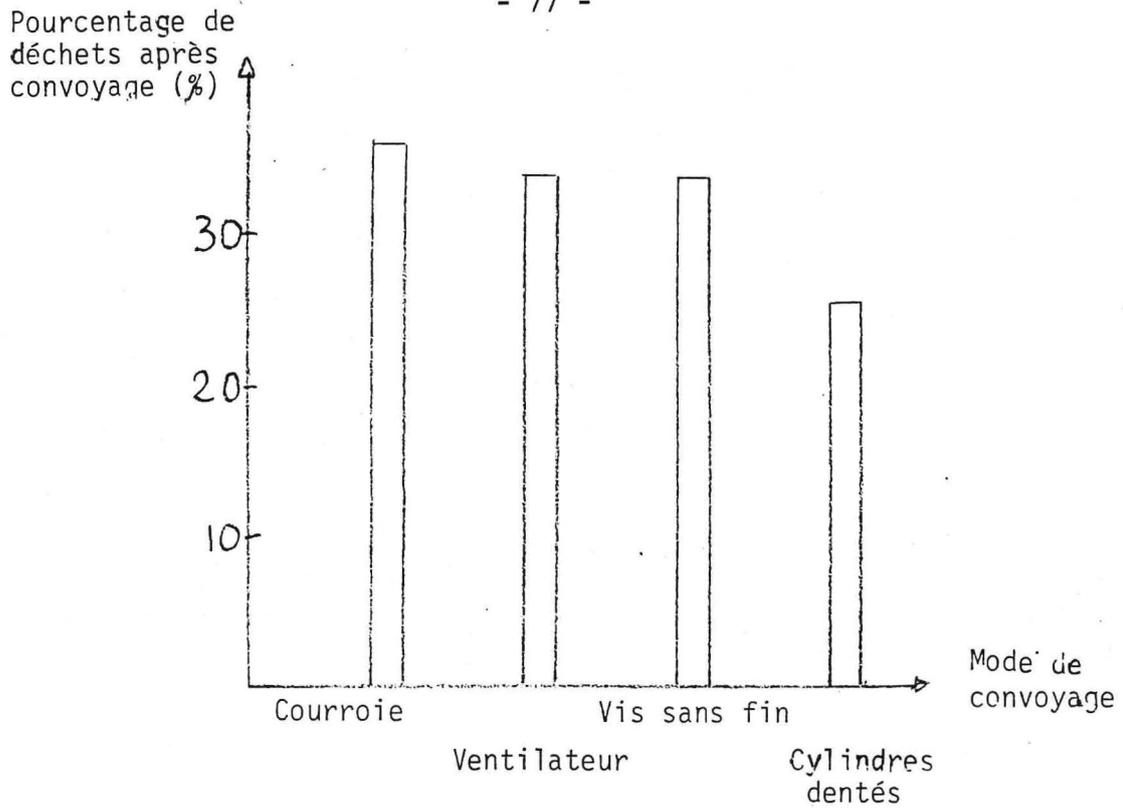


Figure n° 25 : ACTION DU MODE DE CONVOYAGE SUR LES DECHETS

1.3. L'addition d'un module spécial de nettoyage

Le taux de matières étrangères dans le coton-graine issu de la récolte mécanique par "pickers" et surtout par "strippers" demeure un problème majeur pour les producteurs de coton pour maintenir leurs ressources à un niveau élevé, tant la dévaluation due à la présence de ces matières est importante.

Une des premières solutions envisagées dans "la ceinture cotonnière" américaine est l'utilisation de module de nettoyage sur les machines de récolte ("strippers" principalement) qui enlèverait la plus grande partie des déchets au champ, nettoyage qui serait parfait au moment de l'égrenage pour aboutir à un coton aussi propre que possible (28, 29, 30, 31, 48, 51).

Parmi les types de déchets rencontrés dans le coton-graine, les débris de rameaux sont les plus difficiles à enlever avec les équipements classiques. Les concepts de base de nettoyage couramment utilisés en usine d'égrenage ou sur les machines de récolte sont les suivants (29, 48) :

1. Nettoyage par frottement du coton-graine entre les dents pointues de cylindres et la grille d'une plaque
2. Séparation des matières étrangères sous l'action d'un rouleau qui agit tangentiellement à un cylindre à dents de scie transportant le coton-graine
3. Séparation des débris sous l'action de la force centrifuge lorsque le coton-graine adhère aux dents de scie d'un cylindre en rotation
4. Cardage du coton-graine entre les doigts d'un cylindre s'engrenant avec les dents de scie d'un autre cylindre transportant le coton-graine.

Ces principes ont été testés sur des équipements standard de récolte et ont permis de distinguer deux types de machines : les nettoyeurs à cylindres dentés et les extracteurs.

Les nettoyeurs comportent quatre à six cylindres de 305 mm de diamètre, portant des dents de 50 mm de long (Cf. *Figure 26*). Ces cylindres sont disposés en série, espacés de 10 mm environ les uns des autres et tournent à environ 420 tr/mn. L'action de nettoyage est surtout très nette sur la partie fine (morceaux de feuilles, terre) des matières étrangères et les nettoyeurs à cylindres dentés n'enlèvent que 13 à 18 % des bouts de rameaux contenus dans le coton, ceux-ci ne pouvant passer à travers les trous de la grille.

Dans la catégorie des extracteurs, on distingue les extracteurs de carpelles, les extracteurs des bouts de tiges (extracteurs à scies et barres) et les extracteurs d'écorce et de feuilles.

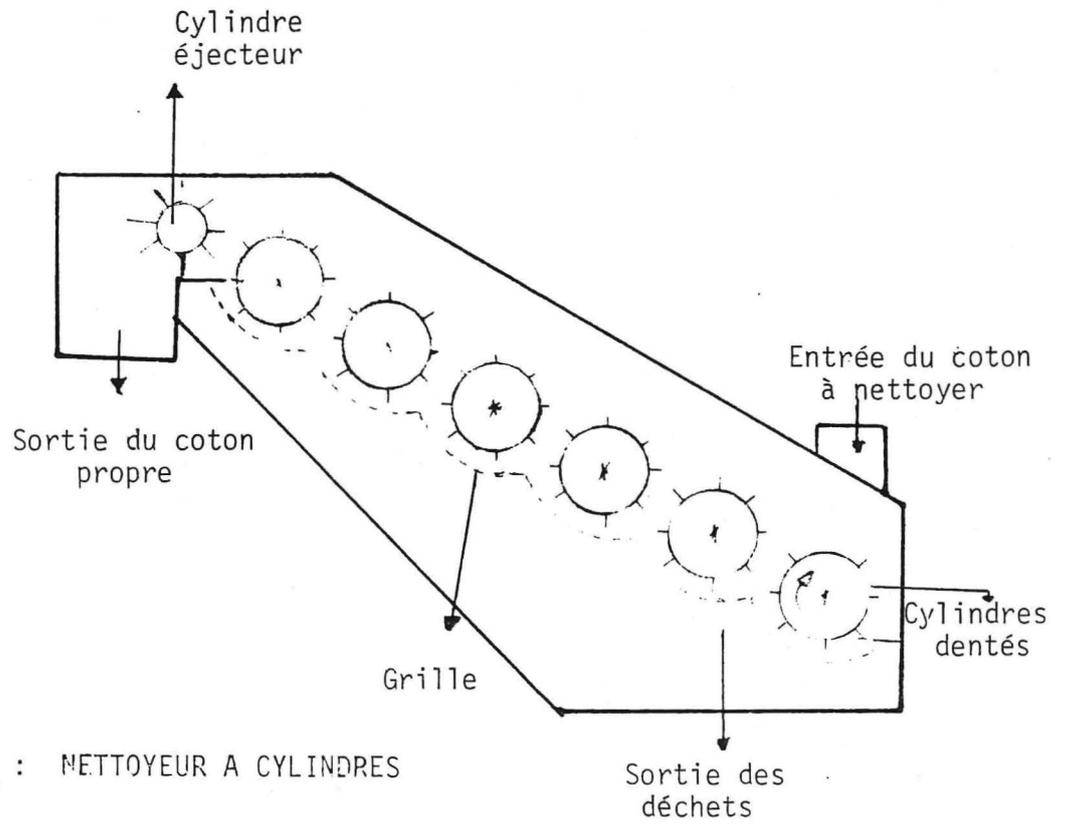


Figure n° 26 : NETTOYEUR A CYLINDRES

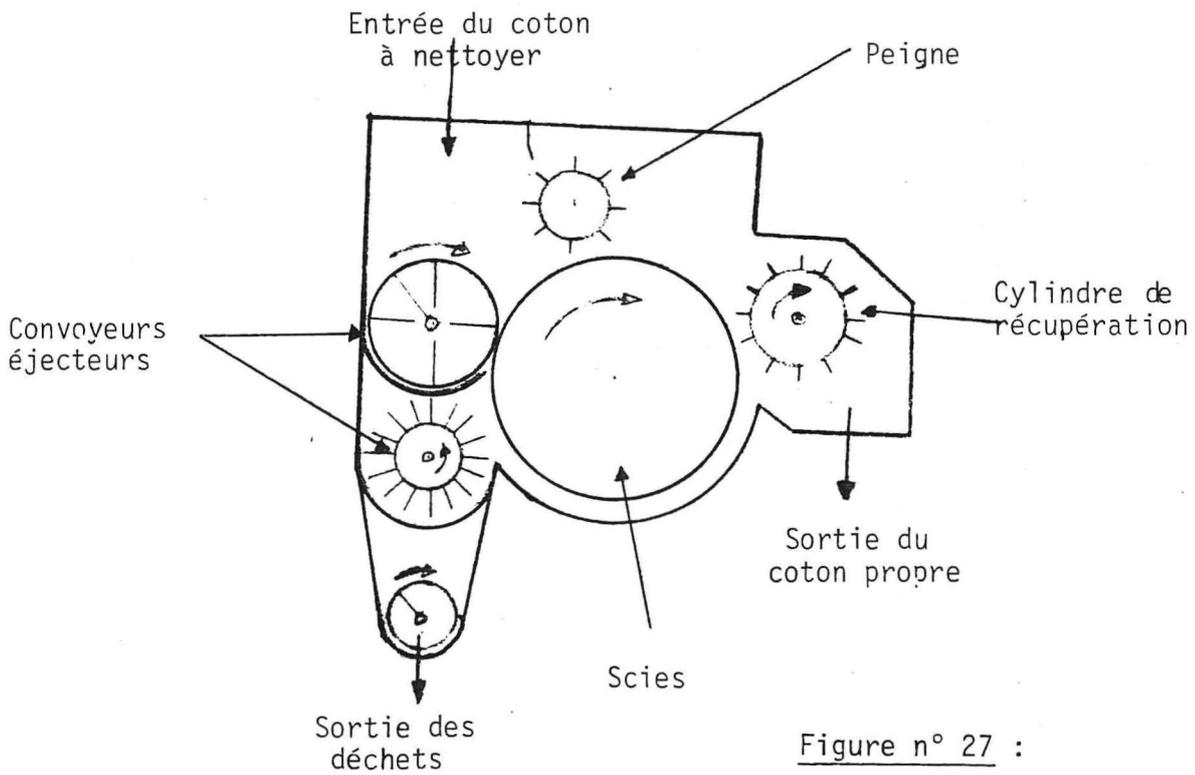


Figure n° 27 :
EXTRACTEUR DES CARPELLES

Le dispositif d'extraction de carpelles (Cf. *Figure n° 27*) se compose d'un cylindre à scies de 762 mm de diamètre et d'un rouleau denté de 305 mm de diamètre tournant respectivement à 115 et 445 tr/mn. Les deux cylindres ont un espace de 8 mm entre eux. Les tests ont révélé une capacité de séparation de la portion de tiges entre 31,6 et 44,2 % quand il s'agit d'une variété résistante aux intempéries et de 21,7 à 44 % lorsque la variété cotonnière est moyennement résistante. Cette machine d'extraction est très lente et une amélioration de la capacité de séparation devrait provenir d'une réduction de l'espace entre les deux cylindres, avec le risque de dislocation des matières étrangères lors du passage dans la zone de séparation.

La machine à scies et à barres (Cf. *Figure n° 28*) comporte un cylindre à scies (440 mm de diamètre) et deux cylindres à scies plus petites (178 mm de diamètre) permettant le recyclage de la première portion séparée. Ces cylindres tournent respectivement 310, 700 et 360 tr/mn. Trois grilles sont disposées sous les trois cylindres. La capacité d'extraction des bouts de rameaux s'échelonne pour ce type de machine entre 39,5 et 42,3 % pour une variété résistante et entre 44,7 et 60,2 % pour une variété semi-résistante. La quantité initiale de matières étrangères influe sur les performances de cette machine et les meilleurs résultats sont obtenus pour les plus hautes teneurs. La taille et l'espace de la grille sont les deux paramètres les plus faciles à contrôler pour améliorer les performances.

L'extracteur d'écorce et de feuilles (Cf. *Figure n° 29*) est un dispositif avec un cylindre à scies de 305 mm de diamètre, flanqué d'un petit cylindre muni de doigts (diamètre 114 mm). La vitesse de rotation du cylindre à scies est de 360, 400, 550 tr/mn dans le dispositif testé par BAKER et LAIRD (30). Ce dispositif atteint une capacité d'extraction de la portion de rameaux de 60,6 à 80,4 % pour toute variété (résistante ou non) et sans recyclage.

Généralement, les pertes de coton dans les déchets séparés sont particulièrement importantes et l'adjonction d'un système de recyclage cause une baisse notable de l'efficacité de l'extracteur.

La comparaison des différents principes de nettoyage et surtout l'action sur les particules les plus difficiles à éliminer, les bouts de rameaux, permet de penser que la combinaison du principe de séparation par peignage et du principe de séparation sous l'action de la force centrifuge, aboutirait à de meilleurs résultats.

Dans le module de nettoyage par cardage ou peignage, l'action des doigts du cylindre de cardage est trop agressive sur le coton. De plus, du fait de la rotation dans le même sens du cylindre à dents de scies et du cylindre de cardage, la vitesse relative tangentielle du coton est très élevée (étant la somme des vitesses tangentielles respectives). Ces deux phénomènes occasionnent donc les pertes au nettoyage dont nous avons parlé plus haut. Et le modèle qui a cherché à corriger ces défauts est l'extracteur par cardage à action différentielle de SMITH, 1979 (57) représenté à la figure 30.

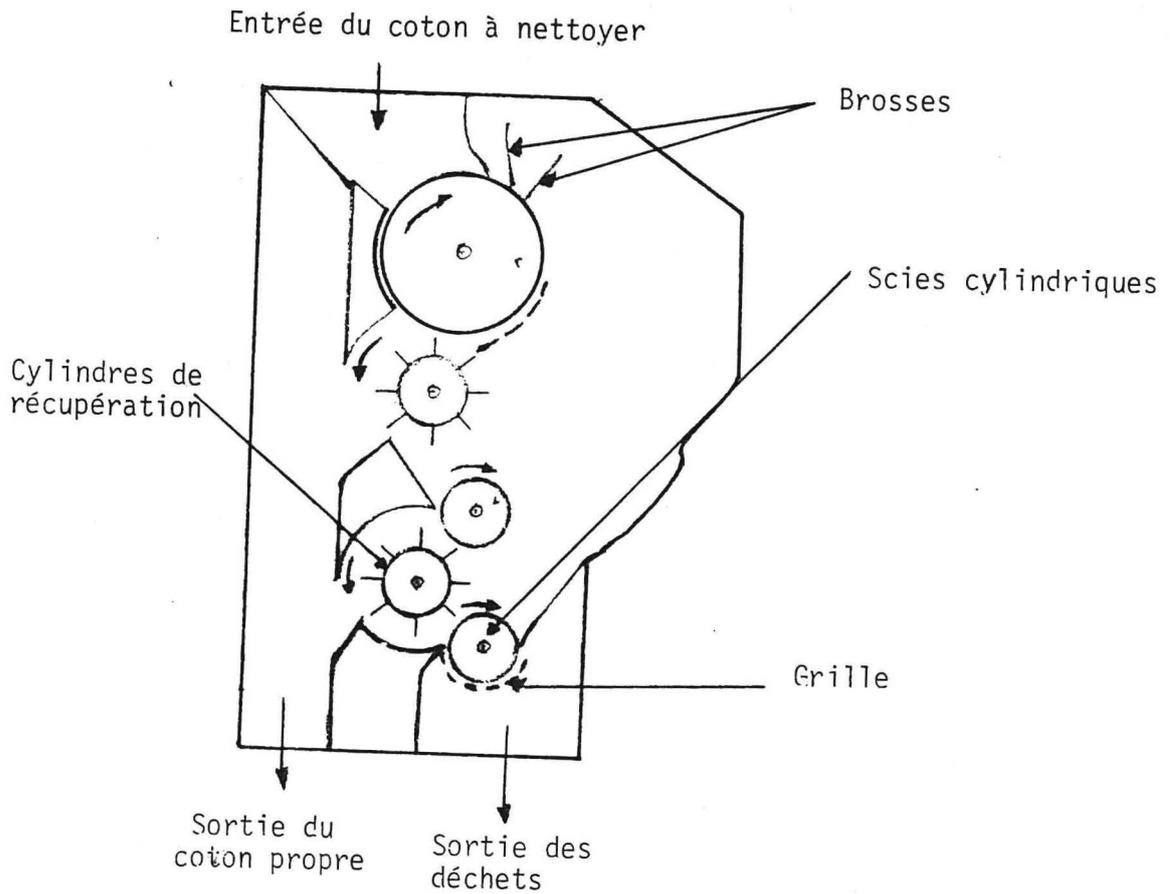


Figure n° 28 : SCHEMA DE L'EXTRACTEUR DES BOUTS DE TIGE

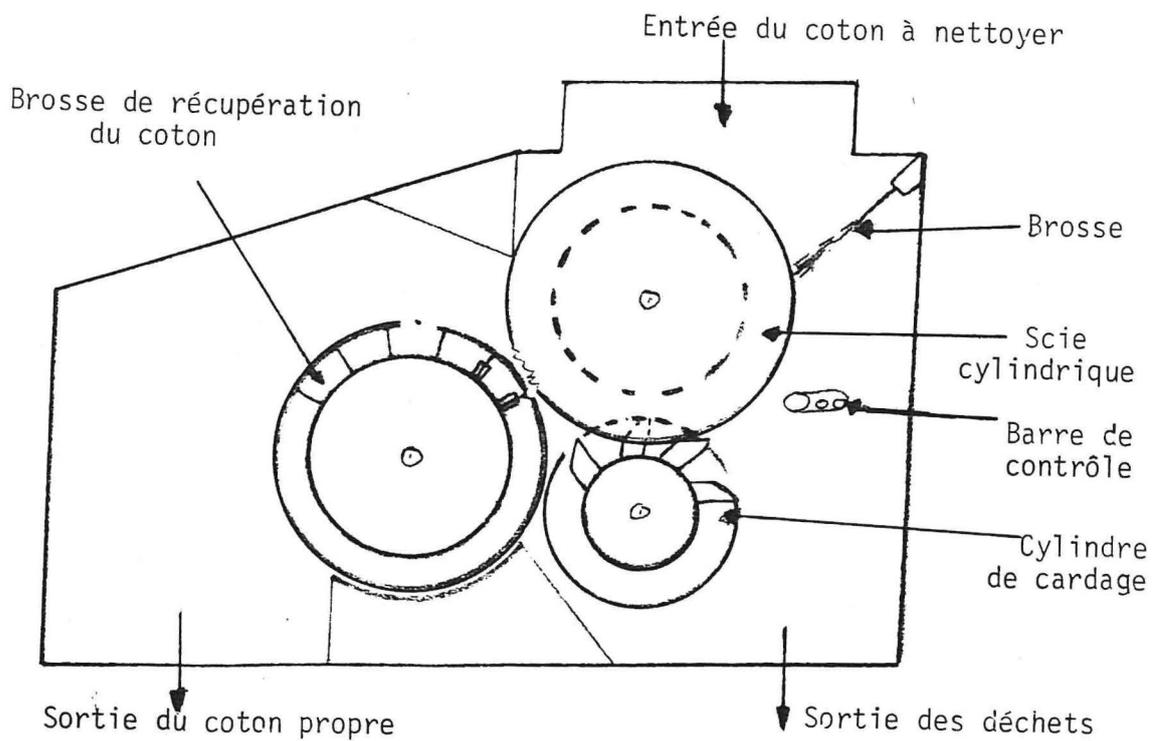


Figure n° 29 : SCHEMA DE L'EXTRACTEUR DES FEUILLES ET DE L'ECORCE

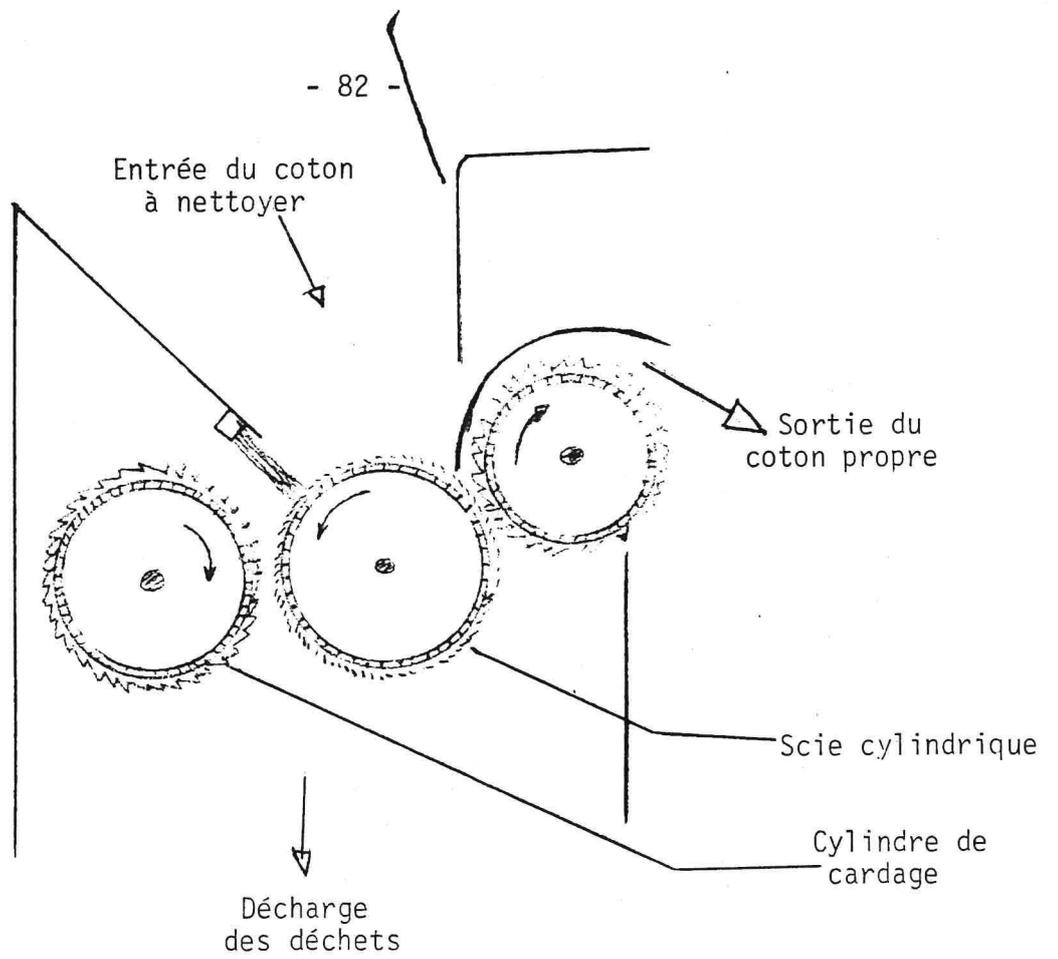


Figure n° 30 : EXTRACTEUR PAR CARDAGE A ACTION DIFFERENTIELLE

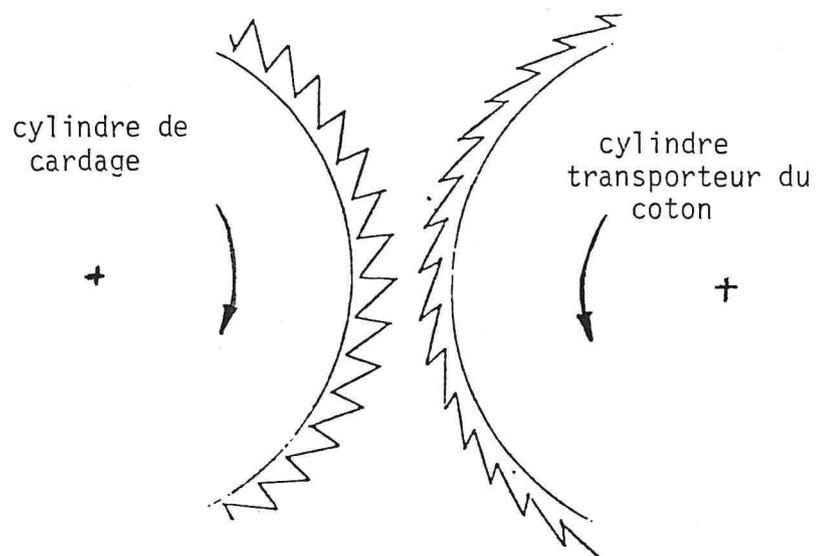


Figure n° 31 : SCHEMA DE L'OPERATION DE CARDAGE

Ce dispositif permet le contrôle de l'agressivité du cylindre de cardage et l'adaptation du niveau de nettoyage aux conditions de récolte en changeant la vitesse de rotation du cylindre à dents de scie. De plus, les dents du cylindre-peigne ne s'engrènent plus dans celles du cylindre à dents de scie (espace de 6 mm entre les cylindres qui empêche le passage des débris végétaux).

Finalement le meilleur nettoyage du coton récolté par "strippers" a été obtenu par le module *Figure n° 32*, qui combine la technique d'extraction par cardage à action différentielle (cylindres 1, 2, 3) et la technique d'extraction à l'aide de la force centrifuge des extracteurs de tiges (cylindres 4 et 5) (51).

Une deuxième chambre de nettoyage identique à la première permet la récupération et le traitement des chutes de coton et des débris issus du premier niveau. Sous les cylindres 9 et 11 de cette deuxième chambre est disposée une grille perforée qui complète le nettoyage selon la technique usuelle.

Les déchets sont déchargés par gravité à la partie inférieure de la deuxième section du nettoyeur. Le coton propre est récupéré aux niveaux 1 et 2 par un flux d'air alimenté par un ventilateur.

Les essais au champ de ce module de nettoyage monté sur "stripper" montrent que l'on peut espérer une efficacité de nettoyage de l'ordre de 65 à 80 % de la teneur initiale de matières étrangères.

1.4. L'extraction des capsules vertes

La récolte du coton par "strippers" étant non sélective, une importante proportion de capsules vertes ou sèches, non ouvertes demeure dans le produit récolté et qu'il faut séparer du coton. Il existe un avantage certain à réaliser cette opération au champ pendant la récolte.

Le dispositif de séparation le plus courant consiste à monter un ventilateur sous l'élévateur mécanique (38). La veine d'air du ventilateur soufflant dans la zone de décharge de l'élévateur, transporte le coton-graine et autres matières légères vers la trémie, alors que les capsules non ouvertes, plus lourdes tombent devant dans un récipient à cet effet. Mais ce dispositif ne donne pas toujours les résultats attendus (efficacité moyenne 71 %) bien qu'ayant été largement commercialisé.

Un autre type d'extracteur a été proposé au Texas : l'extracteur pneumatique vertical (*Cf. Figure n° 33*). La veine d'air de vitesse réglable transporte les capsules ouvertes à travers la conduite verticale, et les capsules non ouvertes et plus lourdes tombent hors de la veine d'air et sont récupérées dans une caisse en bas de la conduite verticale. Cette caisse est vidée en bout de champ. La vitesse de l'air dans la conduite verticale est de l'ordre de 10 à 12,7 m/s, quand le ventilateur tourne à 2.100 tr/mn environ. L'efficacité de ce séparateur vertical de capsules vertes varie entre 90 et 98 %.

Entrée du coton à nettoyer

Sortie du coton propre

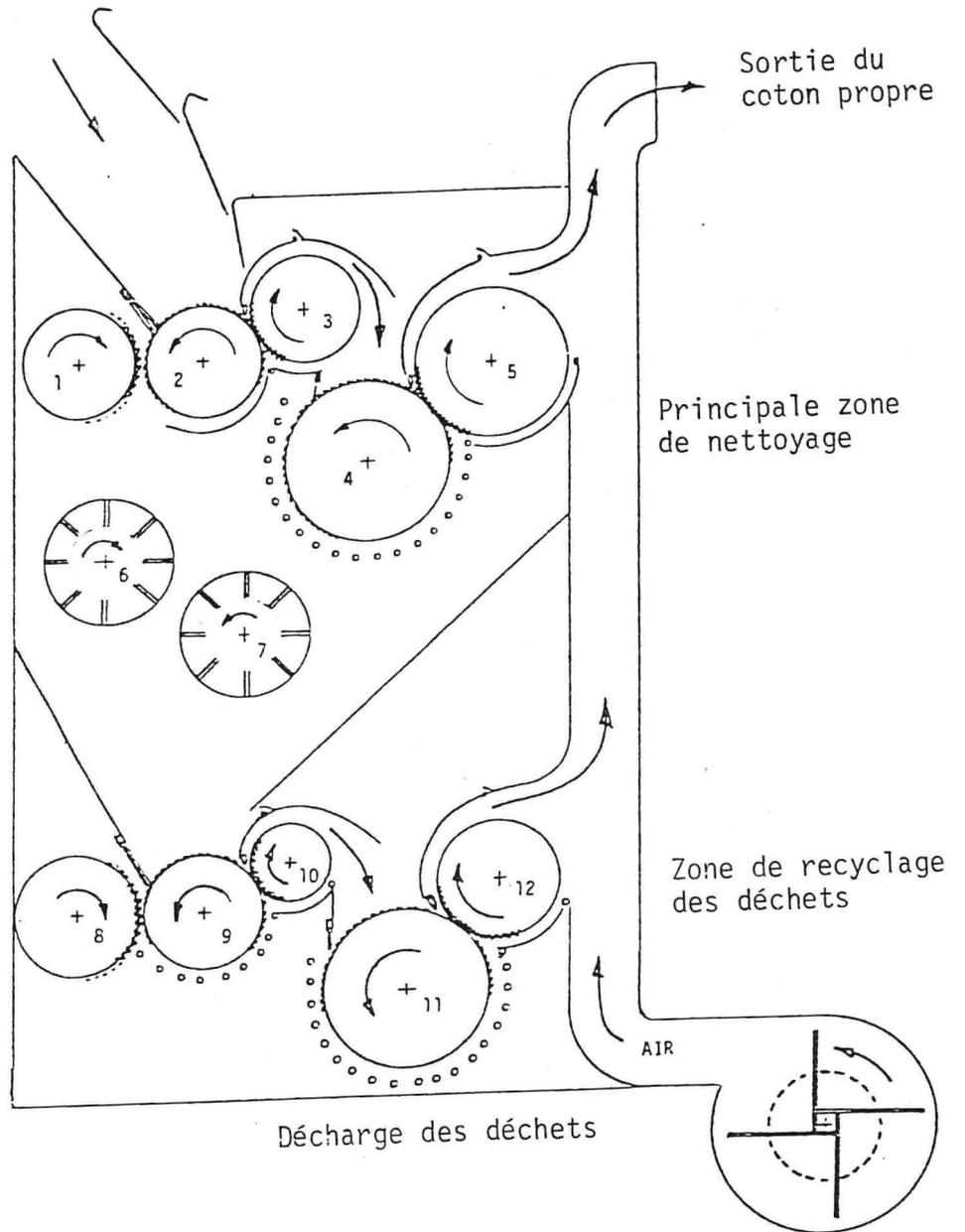


Figure n° 32 : DISPOSITIF DE NETTOYAGE A DEUX NIVEAUX

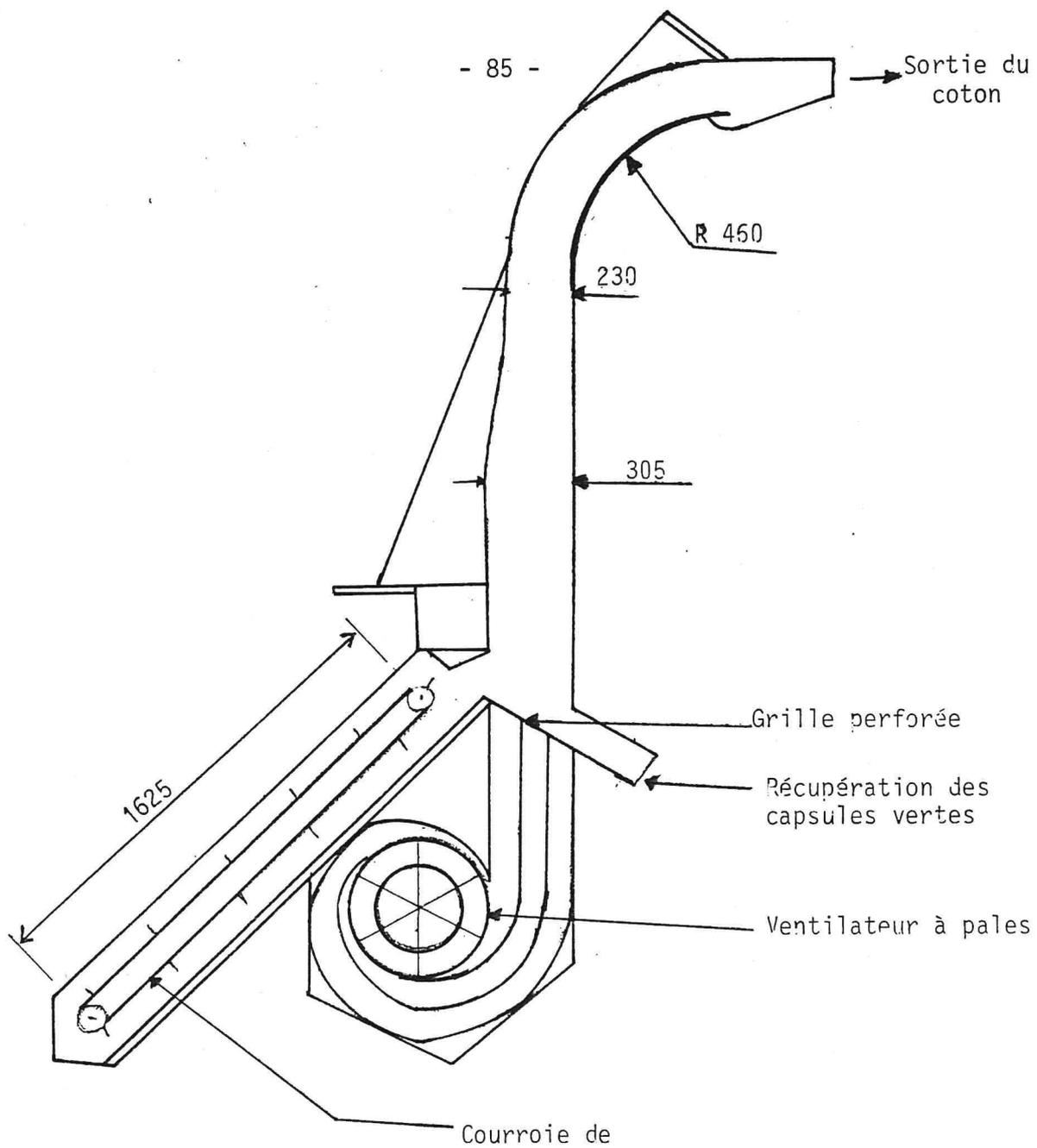


Figure n° 33 : EXTRACTEUR DE CAPSULES VERTES DE TYPE VERTICAL

1.5. La trémie

Vu que les "cotton-strippers" peuvent être automoteurs ou montés sur tracteur, la trémie peut être un élément indissociable de l'engin automoteur ou porter sur le tracteur. La trémie est semblable à celle des "cotton-pickers" et possède les caractéristiques déjà mentionnées.

1.6. L'ensemble moteur

Portés sur tracteur ou automoteurs, les "strippers" exigent les mêmes niveaux de puissance et les mêmes précautions. A un, deux, quatre (les plus courants) et même six rangs (John Deere, modèle 7440), ce sont des machines qui autorisent une récolte à une vitesse plus rapide bien que dépendant aussi des conditions de récolte : 4 à 8 km/h.

2 - LES PERFORMANCES DES "STRIPPERS"

Comme nous l'avons déjà vu, les performances des "cotton-strippers" sont liées au matériau de construction, à la vitesse de rotation, à la disposition et au type de rouleaux utilisés, et bien sûr aux conditions de récolte.

2.1. Les matériaux de construction des rouleaux

Les pertes liées à la machine et dues aux rouleaux sont de deux types : les capsules n'ayant pu être retirées des plants et les pertes au sol lors du passage de la machine (capsules entières ou partielles). Les rouleaux en acier enregistrent les pertes de coton plus fortes que les rouleaux en matière flexible (brosses, caoutchouc). Généralement, les pertes sont représentatives de l'efficacité et de l'agressivité des rouleaux.

La teneur de matières étrangères, et notamment le taux de bouts de tiges dans le coton-graine récolté est le facteur le plus déterminant dans le choix des rouleaux. Ainsi les rouleaux en fibres de brosses et en acier ramassent moins de tiges que ceux en caoutchouc (plus agressifs). Mais vis-à-vis des autres constituants de matières étrangères (capsules vides, feuilles) les rouleaux en acier s'avèrent plus performants que les rouleaux en fibres (nylon en particulier). Il ne faut pas toutefois oublier que par leur action de peignage et de brossage, les fibres arrivent à prélever le coton, les capsules vides demeurant sur les plants.

2.2. La vitesse de rotation des rouleaux

L'évolution de la performance est semblable pour tous les matériaux quand on change la vitesse de rotation des rouleaux. Les pertes au sol de la machine décroissent avec l'augmentation de vitesse de rotation jusqu'à 900 tr/mn (33) (vitesse tangentielle de l'ordre de 4,7 m/s pour les rouleaux en acier et de 7 m/s pour ceux en fibres ou en caoutchouc).

Ici, les pertes au sol sont plus importantes que celles sur le plant. La teneur de bouts de tige croît avec l'augmentation de vitesse des rouleaux, alors que celle des capsules vides diminue faiblement. Le changement de vitesse de rotation a peu de conséquence sur l'évolution de la portion de feuilles et de terre.

Il semble que les faibles vitesses de rotation soient désirables mais, eu égard aux pertes de coton, un compromis est à rechercher et une vitesse voisine de 700 tr/mn paraît un meilleur choix (33).

2.3. La disposition des rouleaux

La comparaison de la tête de récolte à un rouleau avec celle à deux rouleaux aux vitesses de 300, 500, 700 et 900 tr/mn fait apparaître une supériorité du dispositif à double rouleau.

2.4. L'architecture des rouleaux

Des différents essais, il ressort que les montages à bandes droites donnent des résultats meilleurs que ceux des montages à bandes en spirale.

Le nombre de bandes ayant une nette influence sur l'efficacité de l'écapsulage, le nombre huit rencontré sur la plupart des modèles récents de "strippers" à rouleaux tend à prouver une supériorité dans la performance de celui-ci. De plus, pour trouver un compromis à l'égard du matériau, une alternance entre bandes de caoutchouc et bandes de fibres de nylon (soit quatre de chaque matériau) est réalisée. Si le rouleau est tout entièrement constitué de fibres de nylon, le choix de dix bandes est le meilleur, alors que si le rouleau est en caoutchouc, des nombres de bandes plus faibles donnent les meilleures performances.

2.5. Conclusions

D'une manière générale, la récolte du coton par "stripper" est une opération rapide (5 à 12 km/h). Les écapsuleuses à doigts sont plus pratiques et donc plus rapides que les écapsuleuses à rouleaux, mais l'adoption de l'un ou l'autre type dépend de la quantité de matières étrangères ramassées. Les récolteuses à 2 rangs permettent de couvrir 0,3 à 0,8 ha/h avec une moyenne de 0,4 ha/h. Une récolteuse à 4 rangs récolte en moyenne 0,7 ha/h, alors que les récolteuses 5 et 6 rangs autorisent plus d'un ha de coton à l'heure.

Les "strippers" retirent près de 90 à 98 % du coton des plants, ce qui entraîne des pertes généralement faibles (2 à 10 %) comparées à celles des "pickers" (5 à plus de 20 %).

3 - REGLAGES ET ENTRETIEN

Du fait de la part élevée des matières étrangères dans le coton, il est important de maintenir propres tous les dispositifs de nettoyage. Un rendement maximum de la machine et une baisse des pertes dépendent notamment :

- + de la position de releveurs de plants
- + surtout du réglage de l'écartement des rouleaux
- + du choix de leur vitesse de rotation
- + du réglage de l'extracteur de capsules vertes
- + de la vitesse d'avancement.

L'habileté de l'opérateur tient également une grande place dans l'obtention d'une récolte propre.

De nombreuses indications mentionnées pour les "pickers" restent valables.

E/ COMPARAISON DES METHODES DE RECOLTE PAR "PICKERS" ET PAR "STRIPPER"

1 - DU POINT DE VUE TECHNIQUE

Les "cotton-pickers" sont des machines beaucoup plus complexes que les "cotton-strippers" dans leur fonctionnement, leurs réglages et leur entretien. Ce sont des matériels de conception totalement différente, si bien que l'un, le "picker", s'adapte mieux aux plants de grande taille, alors que le "stripper" se trouve mieux dans les plants plus petits. Chacun des matériels demande des variétés adaptées et ont leur population optimum de plants.

2 - DU POINT DE VUE PERFORMANCES

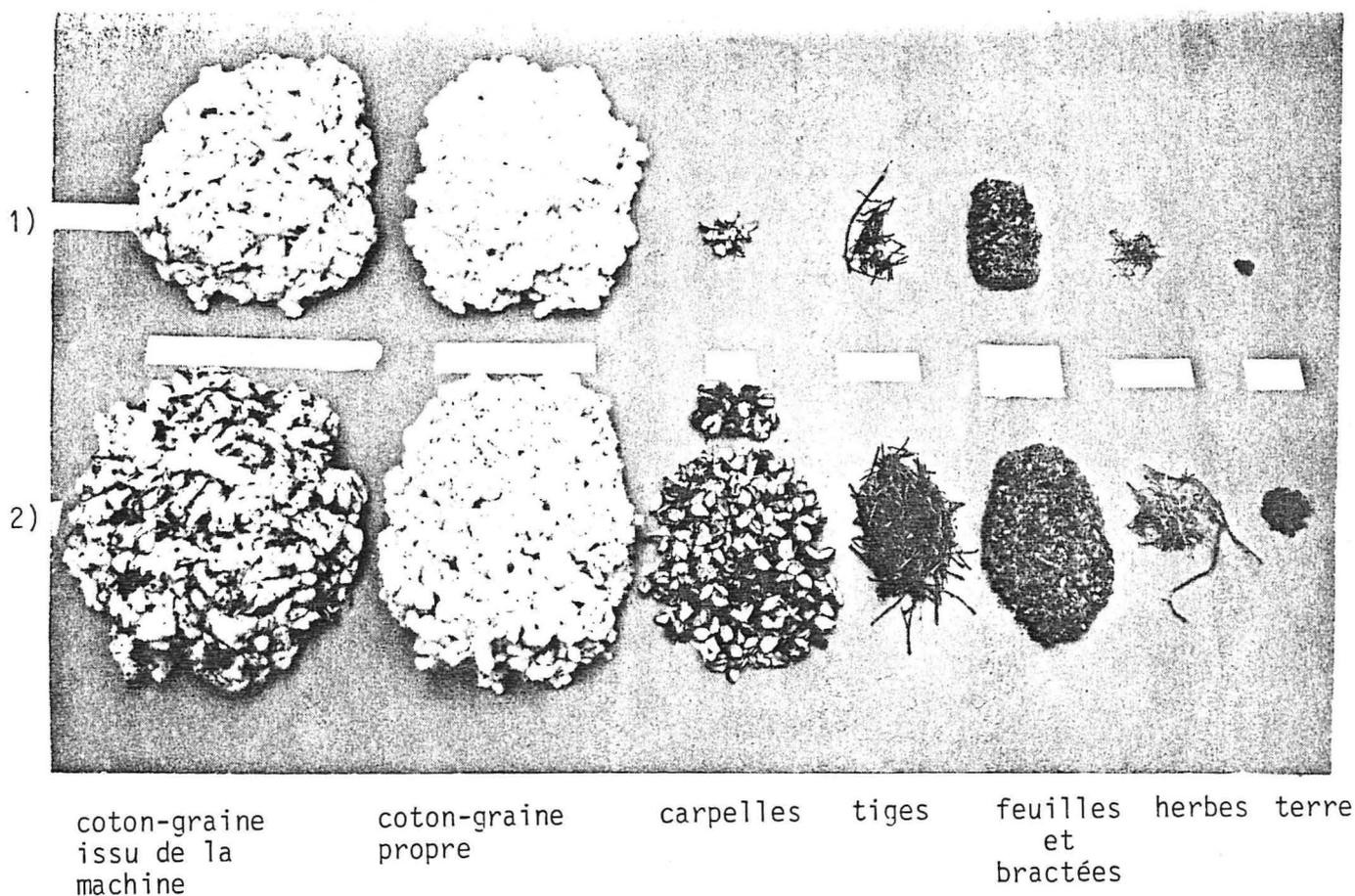
Les écapsuleuses ont un rendement de coton récolté plus élevé, mais rencontrent à leurs désavantages, une teneur de matières étrangères plus forte dans le coton-graine, et partant une prédisposition à avoir une humidité excessive dans celui-ci avant égrenage et donc de qualité du produit au stockage plus faible et nécessite un séchage (Cf. Figure n° 34). De plus, la réalisation de la récolte par "stripper" en un seul passage (deux pour les "pickers") pose le problème du stockage avant égrenage. Autre conséquence du taux élevé des débris végétaux dans le coton, des dispositifs de nettoyage en usine d'égrenage doivent être installés.

Figure n° 34 : COMPARAISON DU COTON ISSU DES DEUX METHODES
DE RECOLTE : PICKERS ET STRIPPERS

(Photo : J. MILLER CSIRO, Griffith. NSW)

1) PICKERS

2) STRIPPERS



Cette condition est valable dans les deux cas. Mais, à l'égrenage aussi, le rendement en fibres du coton issu de la récolte par "stripper" est inférieur à celui de récolte par "picker". Le rendement en fibres, bien que fonction des caractéristiques de la variété dépend nettement du taux de matières étrangères et de l'humidité (environ 25 % pour le "stripper" contre 34 % pour le "picker", et 40,8 % en récolte manuelle, Côte d'Ivoire Année 1981).

L'égrenage peut permettre d'estomper la différence entre la qualité et le grade des deux types de coton. Pour cela, en plus de l'équipement normal pour coton de récolte par "picker" qui comprend un séchoir, un nettoyeur incliné à six cylindres, un extracteur de tiges et carpelles, un autre nettoyeur incliné à six cylindres, un nettoyeur à impact pour les cailloux, un alimenteur d'égreneuse, deux nettoyeurs de fibres; le coton issu de la récolte par "stripper" nécessite un troisième poste de nettoyage de la fibre pour obtenir une fibre de qualité plus ou moins comparable.

3 - COMPARAISON ECONOMIQUE

La simplicité des "strippers" par rapport aux "pickers", l'utilisation en récolte en un passage, à une vitesse plus rapide, permettent à la récolte par "strippers" d'enregistrer des coûts plus bas. Mais la comparaison doit prendre en compte les pertes dues à la machine (pertes de coton au champ, pertes de grade) et l'augmentation des coûts d'égrenage, occasionnée par une teneur en matières étrangères plus forte.

Si nous prenons pour base le nombre de balles de coton que "picker" et "stripper" effectuent annuellement, le coût de revient en 1963 (frais fixes + frais variables) (49, 50) quand :

+ environ 100 balles sont récoltées par machine est de 28,16 dollars/balle pour un "picker" deux rangs équipé d'un tambour bas, contre 12,09 dollars/balle pour le "stripper"

+ 200 balles sont récoltées par an de 18,32 dollars/balle contre 10,24 dollars/balle

+ 300 balles sont récoltées par an de 15,05 dollars/balle contre 7,98 dollars/balle.

Ces coûts n'incluent pas la préparation de la récolte, les pertes (pertes au champ, grade), le stockage, l'égrenage.

D'autres indications provenant de l'Arkansas (50) nous apprennent, sur la même base, que la récolte mécanique par "picker" revenait, en 1967, à 25 dollars/balle et celle par "stripper" à 15 dollars/balle. Toutefois, les coûts de récolte pour le "stripper" s'échelonnaient en 1967 entre 14,16 dollars/ha et 37,24 dollars/ha (moyenne 20,58 dollars/ha pour 437 ha par machine). S'intéressant plus aux revenus des producteurs, une étude menée au Mississippi en 1977 (49) nous apprend des recettes,

après récolte, manutention et égrenage de 277,37 dollars par ha pour le "stripper" contre 251,45 dollars par ha pour le "picker" effectuant une récolte en deux passages.

Comme nous l'avons constaté, les coûts de récolte dépendent du volume à récolter et du rendement en coton. Généralement, ils tendent à diminuer quand le rendement et la quantité de fibres augmentent.

La comparaison serair incomplète si l'on n'associait pas la récolte mécanique à la récolte manuelle. L'étude effectuée en Arkansas rapporte, pour la période de 1962 à 1963, des coûts de récolte manuelle de 40 à plus de 50 dollars par balle de coton (50).

L'étude économique des deux méthodes de récolte mécanique doit appréhender toutes les opérations et toutes les différences depuis la récolte jusqu'à la vente de la fibre.

IV - CONFRONTATION DES SYSTEMES MODERNES DE RECOLTE AUX CONDITIONS ACTUELLES EN COTE D'IVOIRE

1 - STRUCTURES DES EXPLOITATIONS IVOIRIENNES ET RECOLTE MECANIQUE CLASSIQUE

Comme nous l'avons dit, au cours de la campagne cotonnière 1980-81, la CIDT a encadré environ 95.500 exploitations, soit près de 126.310 hectares de coton. Cette activité a intéressé 3.000 villages, 12.239 attelages de culture attelée et 267 chaînes de motorisation intermédiaire.

La place du coton est prédominante dans l'activité agricole et une recherche de diversification visant à limiter l'impact du coton comme seule source de revenu monétaire, a permis de couvrir pendant cette même campagne 92.200 ha de cultures vivrières, en assolement avec le coton. La politique de maintien de la production du coton au niveau actuel et de recherche d'un équilibre entre le coton et les cultures vivrières, n'entraîne nullement la suppression du goulot d'étranglement que constitue la récolte du coton, et la présente étude s'inscrit dans la voie de la recherche des solutions. De toutes les façons, la situation ira en s'aggravant et la modernisation des exploitations, par la mécanisation entre autres, est irréversible.

La production cotonnière en Côte d'Ivoire est le fait de petits planteurs. L'évolution amorcée par l'introduction de la motorisation intermédiaire permet de prévoir à très court terme, la saturation de la main-d'oeuvre. L'étude de A. KIENTZ (74) dans le cadre du Projet de Motorisation Paysanne révèle à cet effet que l'installation de deux tracteurs BOUYER dans un village de taille moyenne, sature la capacité de travail du village pendant la récolte du coton. Si de petits matériels comme le tracteur BOUYER, posent déjà problème au niveau de l'extension des surfaces, il va de soi qu'une récolteuse du genre "picker" ou "stripper", qui ne se justifie que pour un minimum de 50 à 80 ha pour un rang, ne peut s'implanter dans les conditions actuelles des superficies.

D'autre part, même si un effort a été fait depuis quelques années, au niveau de la préparation du sol et des techniques culturales, il y a encore fort à faire pour obtenir un sol convenable, des populations de plants élevées et bien réparties, des conditions de milieu acceptables par une récolte mécanique. Les contraintes liées aux conditions culturales sont loin d'être satisfaites.

La recherche génétique a abouti en Côte d'Ivoire, à l'obtention d'une gamme variée de variétés cotonnières, ayant des rendements fort élevés. Mais la recherche variétale ne s'est jamais préoccupée d'adaptation à une récolte mécanique. Tout le chemin reste à faire. De plus, ces variétés, en essais agro-variétaux, donnent de hauts rendements, alors qu'au niveau paysan, ces rendements sont très faibles et ne permettent pas d'envisager une solution technique à la récolte, ou alors il faudra les améliorer.

2 - CONTRAINTES D'ORDRE TECHNIQUE

Nous avons vu que les "cotton-pickers" et les "cotton-strippers" mettent en jeu des principes de fonctionnement relativement complexes et que leur efficacité est liée à des réglages précis, et à un entretien constant. La maintenance de ces matériels fait appel à un service qualifié ayant des connaissances profondes des matériels (nécessité d'assistance, de formation, de service après-vente). Le niveau de technicité actuel de nos paysans, des services d'encadrement, de maintenance et de formation n'autorise pas à penser à une introduction des matériels de récolte américains. Un énorme effort de formation doit précéder une telle décision. Il est difficile d'imaginer de tels matériels entre les mains d'un paysan, à l'heure actuelle. Si l'introduction était inévitable, on imaginerait une exploitation semblable à celle des moissonneuses-batteuses qui sont entre les mains d'un organisme qui les utilise en prestations de service (en l'occurrence la CIDT).

3 - CONTRAINTES ECONOMIQUES

Les "pickers" et les "strippers" sont des machines qui coûtent très cher. L'investissement initial n'est donc pas à la portée des masses paysannes ivoiriennes dont les unités de production semi-motorisées subissent d'ailleurs un accroissement critique des charges.

Seule la mise en place d'un système adéquat de crédit peut permettre l'acquisition et la gestion de ces machines. Encore faut-il se poser la question de la rentabilité de telles machines dans les conditions actuelles de la culture du coton. Le niveau du prix du coton est très bas (2 F/kg). A cela, il faut ajouter que le coût de la récolte manuelle n'est d'environ que de 0,3 F/kg. Il est donc évident qu'aucune comparaison n'est possible au stade actuel du coût de la main-d'oeuvre et que ces machines ne peuvent nullement être amorties aujourd'hui en Côte d'Ivoire.

4 - L'EGREPAGE DU COTON DE RECOLTE MECANIQUE

La teneur en matières étrangères dans le coton de récolte mécanique est de l'ordre de 5 à 10 % pour la récolte par "pickers" et de 25 à 38 % pour la récolte par "strippers". Le nettoyage d'un tel coton dans les égreneuses au stade actuel pose problème. Les résultats des essais d'égrenage d'échantillons de récolte mécanique avec le modèle 422

(Tambour haut) de International Harvester, ont été catastrophiques. Donc une introduction de récolteuses mécaniques suppose d'abord le rééquipement en nouveaux matériels de nettoyage de toutes les usines d'égrenage. Cet effort, dans les conditions présentes, sera difficile à réaliser. Outre cette installation de nouveaux nettoyeurs, le stockage au niveau du paysan et de l'usine, la commercialisation, la collecte et le transport jusque à l'usine sont à réétudier.

Au vu de ces lignes, nous comprenons que l'adoption de telles machines impliquera une réorganisation complète de tout le système productif, industriel et commercial du coton.

V - PROPOSITIONS D'AMELIORATION DE LA
RECOLTE DU COTON EN COTE D'IVOIRE

A/ Y A-T-IL DES SIMPLIFICATIONS POSSIBLES DES MODELES AMERICAINS ?

Toute simplification qui apporterait une plus grande propreté du coton récolté tout en conservant une efficacité de récolte de même ordre de grandeur que les modèles connus, permettrait de franchir un grand pas, car le problème majeur de la récolte mécanique est la salissure du coton.

Les premières tentatives de simplification des récolteuses ont été entreprises par les Soviétiques et portent notamment sur la tête de récolte des "pickers". On dispose quatre tambours par rangée de plants. Les tambours sont face à face deux à deux. Ils sont constitués de 15 barres verticales à rotation libre autour de leurs axes. Les barres sont mises en rotation par friction sur des courroies fixes. Une simplification du modèle soviétique par l'Argentine (*Cf. Figure n° 35*) utilise un système de double poulie monté au-dessus des tambours pour entraîner le tambour et les barres. Le prélèvement du coton sur le plant est l'oeuvre, non pas de broches, mais de 3 ou 4 rangées de dents saillantes, en forme de griffes, et orientées de sens contraire sur les tambours gauches et droits. Les barres et le tambour ont des rotations inverses (37, 67). L'extraction du coton des dents est également très simple. Deux tambours verticaux portent chacun des bandes de brosses de même longueur que les barres dentées. Ces brosses enlèvent le coton des dents et les nettoient. Donc pas de système humidificateur ici. Un système d'élévation par aspiration monte le coton dans la trémie. Un tel modèle simplifié à un rang, équipé en plus d'un module de nettoyage spécial, pourrait constituer un essai intéressant dans les zones tropicales, ivoirienne en particulier.

Au niveau des "strippers", des simplifications sont difficilement possibles. Généralement, les modifications portent sur la longueur des rouleaux, leur inclinaison par rapport à l'horizontale, sur les longueurs des convoyeurs, celles-ci ayant une action sur le degré de nettoyage du coton.

Mais du fait de la simplicité de ces machines, si un bon montage permet de réduire le taux de débris dans le produit récolté, ce principe pourrait apporter une solution au problème de la récolte du coton en Afrique.

Figure n° 35 : PICKER SIMPLIFIE
(INTA, Argentine)

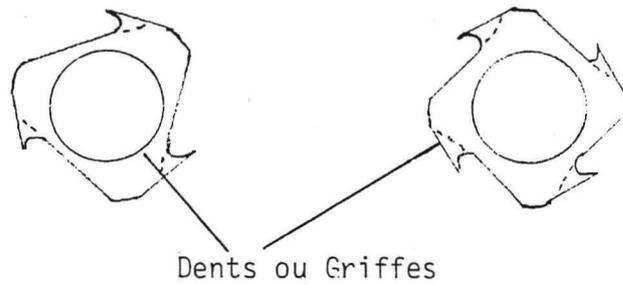
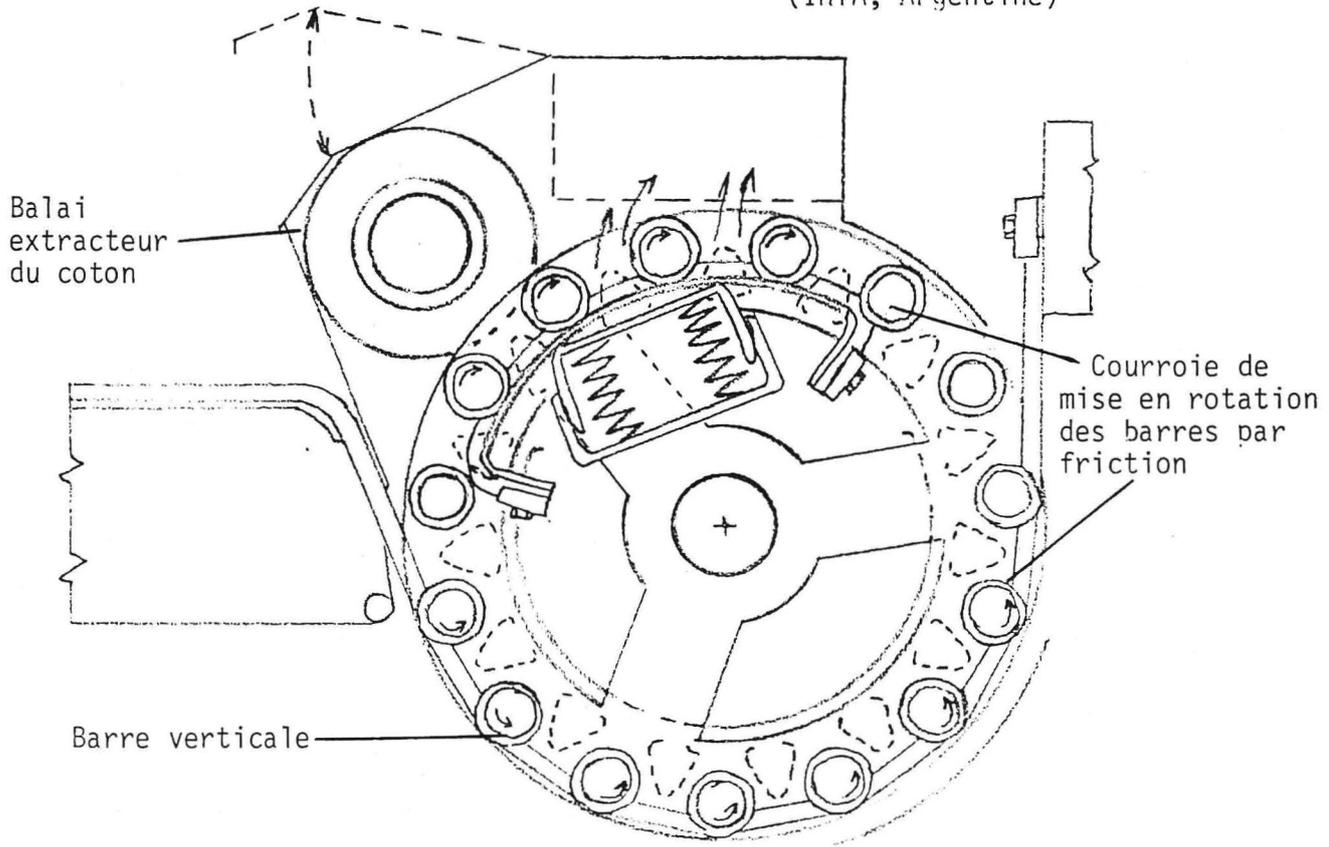
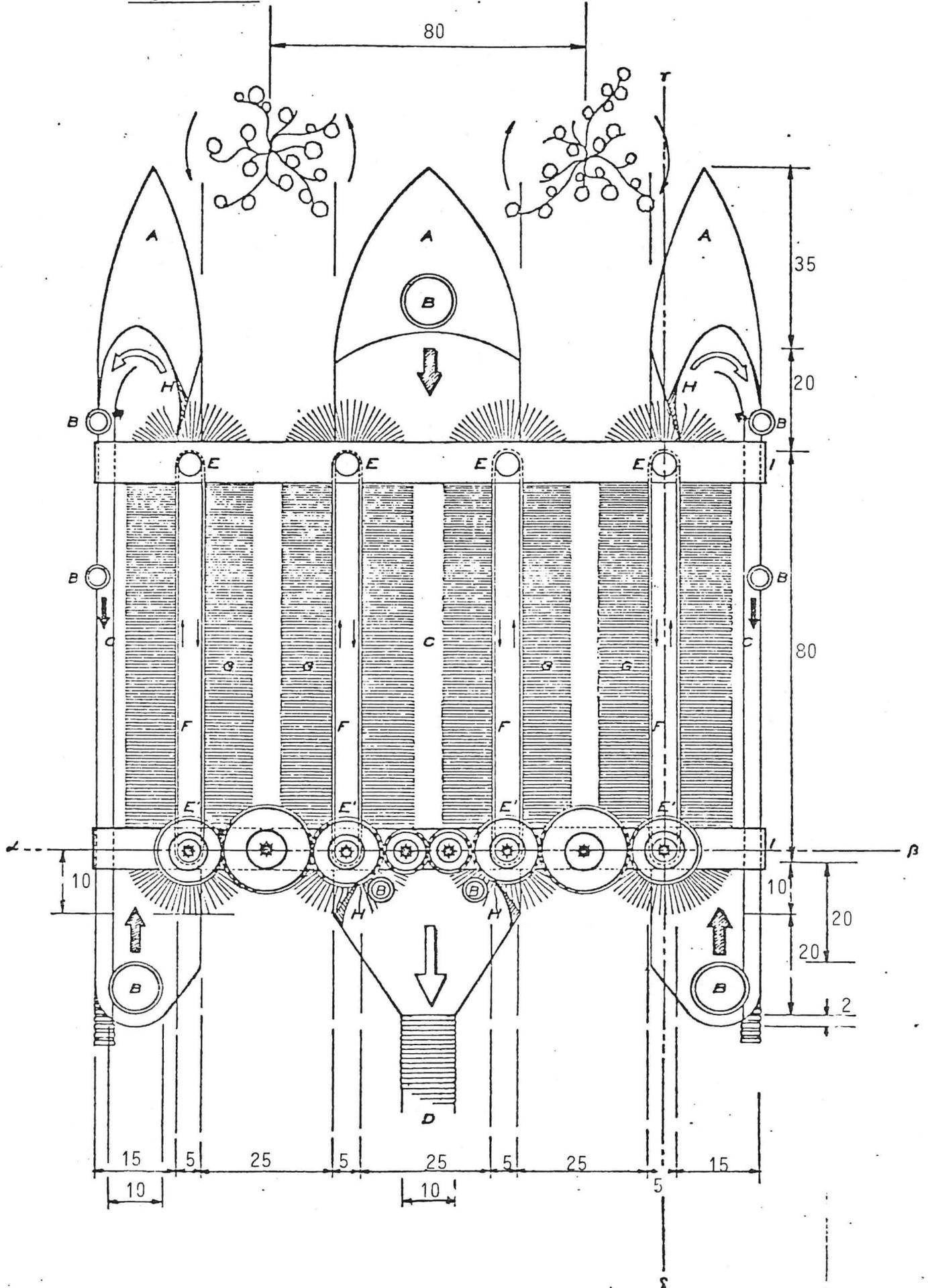


Figure.n° 36 : PROTOTYPE DE RECOLTEUSE A TAPIS A BROSSES TOURNANT



Cas particulier du prototype angolais (Cf. Figure n° 36)

Conçu par ALBERTO DOS SANTOS OLIVIERA (65), cette récolteuse de coton a pour particularité un arrachage du coton par des tapis de brosses tournants, suspendus à l'avant d'un tracteur. On distingue deux corps par rangée disposés un de chaque côté. Le corps de récolte est un tapis de brosses à fil de nylon. Les plants sont donc exposés de chaque côté à une surface de tapis de près de 1,25 m². L'entraînement des brosses se fait par des courroies de transmission et pourrait bien l'être par des roues dentées. L'extraction du coton des brosses est réalisée par des courants d'air surpressé (aspiration et soufflage) et par des peignes métalliques.

Ce prototype tente de rassembler des principes et des matériaux appartenant aux deux procédés de base de récolte : "picker" et "stripper"

Bien que n'ayant pas été construit et testé, on peut citer en sa défaveur les inconvénients propres aux dispositifs à brosses, à savoir la cassure des fibres et surtout l'entremêlement des bouts de rameaux dans les fibres de brosses qui diminueraient leur efficacité. De plus, on peut penser que la teneur en matières étrangères dans le produit doit être très importante, vu la surface d'action sur les plants.

Le dispositif de récupération et de convoyage du coton ne paraît pas fonctionner de façon évidente, tant des risques d'encombrement et de bouchage subsistent.

Mais cette idée de ALBERTO DOS SANTOS mérite tout de même une attention particulière.

B/ ETUDE DE SYSTEMES ADAPTES A LA COTE D'IVOIRE

1 - ASSISTANCE A LA RECOLTE MANUELLE SANS MOTORISATION

1.1. Amélioration liée aux équipements de récolte

Il s'agit d'essais visant à aider la récolte manuelle. Trois systèmes sont mis en concurrence :

- + le système traditionnel
- + le système du "sac américain"
- + et le système de la hotte.

1.1.1. Description de chaque système

+ le système dit traditionnel consiste à attacher au cou et au bassin, un pan d'étoffe ou de sac de 1,45 m de long et 1,35 m de large, terminé par une corde à chaque angle. L'introduction du coton se fait par les

ouvertures laissées sur les deux côtés latéraux et en haut vers le cou. La récolte est donc portée au ventre. Des douleurs sont ressenties au cou et aux hanches. Notons qu'il existe plusieurs méthodes traditionnelles : celle décrite ci-dessus, le sac accroché en bandoulière ou attaché au bassin, le panier ou le seau posé devant le récolteur. Il y a lieu d'essayer chaque variante et de procéder à des éliminations.

La récolte a lieu sur un rang ou deux demi-rangs.

+ le système de la hotte : la hotte est un récipient terminé par un large éventail conique servant de réceptacle au coton cueilli et jeté derrière sans trop de précautions. Le stockage a lieu dans un espace demi-sphérique (*Photo n° 10*).

La hotte est portée au dos à l'aide de bretelles passant aux épaules et une ceinture au bassin. Le poids vide est de 4 kg. Au fur et à mesure que la charge de la hotte augmente, le récolteur éprouve des douleurs aux épaules. En plus, il rencontre des difficultés pour cueillir le coton des capsules plus basses. Lorsqu'il se courbe, le produit de la hotte tombe quand il a atteint un certain volume.

Le récolteur peut travailler sur une seule ligne ou deux demi-lignes.

+ le système du "sac américain" : c'est un long sac de 2,20 m attaché au bassin du récolteur et traînant entre ses jambes. Le poids de la récolte n'est pas porté, il repose à terre. Le récolteur est libre dans ses mouvements de cueillette. Il tire le sac d'abord et avance ensuite quand ce dernier contient un certain poids de coton (*Photo n° 9*).

L'utilisation de ce système exige des parcelles propres : indemnes de souches, rochers, mauvaises herbes, et autres obstacles, tels que les creux, les pentes fortes.

La récolte se fait sur deux demi-rangs.

1.1.2. Les résultats

Sans tenir compte de la méthode utilisée et du matériel de collecte pendant la cueillette, nous aboutissons à une quantité journalière moyenne par récolteur avoisinant 24 kg en 1982.

Si, sur un autre plan nous considérons les systèmes utilisés sur la ferme de FORO-FORO, nous établissons dans la journée de travail des gains moyens par récolteur de :

- 24,7 kg pour le système traditionnel
- 24,7 kg également pour le sac américain
- 22,9 kg pour la hotte.



Photo n° 9



Photo n° 10

Le temps de travail étant différent pour chaque travailleur, ramenons le niveau de comparaison sur le rendement horaire moyen.

Récolte manuelle classique (campagne 1982-1983)

Temps de travail (h)	1 h 39	1 h 09	3 h 06	1 h 19	1 h 36	2 h 46	2 h 52	1 h 50	
Poids récolté (kg)	10	6	12,5	5,5	5,5	13,5	9,5	6,5	
Rendement horaire (kg/h)	6,06	5,22	4,03	4,2	3,44	4,88	3,3	3,54	Moyenne 4,3

Variation du rendement horaire : 3,3 à 6 kg/h

Hotte (campagne 1982-1983)

Temps de travail (h)	1 h 09	3 h 06	0 h 52	1 h 19	1 h 36	2 h 46	1 h 50	
Poids récolté (kg)	5	17,5	6	9,5	9,2	10,5	5	
Rendement horaire (kg/h)	4,34	5,64	6,92	7,2	5,75	3,79	2,72	Moyenne 5,2

Variation du rendement horaire : 2,7 à 7,2 kg/h

Sac américain (campagne 1982-1983)

Temps de travail (h)	1 h 39	1 h 09	3 h 06	0 h 52	1 h 19	1 h 36	2 h 46	2 h 52	1 h 50	
Poids récolté (kg)	10	7,5	18,5	5	4,8	5	19	$\frac{12}{13,5}$	$\frac{8}{12}$	
Rendement horaire (kg/h)	6,06	6,52	6,0	5,77	3,64	3,12	6,87	$\frac{4,18}{4,71}$	$\frac{4,36}{6,54}$	Moyenne 5,3

Variation du rendement horaire : 3,1 à 6,87 kg/h

	Campagne 1981-1982	Campagne 1982-1983	Moyenne	
Sac américain	5,2	5,3	5,25	100 %
Hotte	4,7	5,2	5	95 %
Récolte traditionnelle	4,75	4,3	4,5	85,70 %

Ce tableau nous indique une légère différence en faveur du sac américain par rapport à la hotte, mais gain plus significatif de près de 15 % du sac américain comparé à la récolte traditionnelle. La hotte, quant à elle, se présente avec 10 % d'avance sur la récolte traditionnelle.

Par rapport à la moyenne de 3,8 kg/h relevée dans la zone cotonnière ivoirienne, le sac américain et la hotte procurent respectivement des gains de 27,6 % et 24 %.

Une étude effectuée au Zimbabwe fait ressortir un supplément de 18,2 % de la cueillette avec un sac américain par rapport à la cueillette avec un sac simple attaché au bassin, ouverture au niveau du bas-ventre, le travail étant exécuté sur deux demi-rangs.

Le sac américain et la hotte sont surtout utilisables sur deux demi-rangées, alors que la récolte en milieu rural s'effectue sur un rang. Les différents gains sont une confirmation de la rapidité de la récolte sur demi-rangs en plus de l'avantage de l'instrument de collecte.

Les difficultés liées à l'utilisation de la hotte (poids vide de 4 kg), difficulté pour récolter les capsules du bas des plants, douleurs aux épaules et aux reins confèrent encore un avantage plus grand au sac américain qui est très facile d'adaptation.

1.1.3. Etude comparative de la récolte manuelle du coton en Côte d'Ivoire avec la récolte manuelle ou les systèmes d'assistance à la récolte dans d'autres pays

Cette étude se limite à la comparaison des rendements des récolteurs.

Comme il a déjà été mentionné, les quantités qu'un récolteur peut récolter dans une journée de travail dépendent des caractéristiques du terrain, des plants et des conditions de l'environnement.

. Vu pour le moment, le manque de données sur les autres pays, nous allons nous concentrer sur la comparaison des rendements horaires des récolteurs.

a) En Côte d'Ivoire, la fourchette des rendements horaires est de 1,5 à 7,4 kg/h de coton-graine, avec une moyenne autour de 3,8 kg/h. 36 % récoltent plus de 4 kg/h de coton.

b) Aux Barbades (78), la quantité moyenne récoltée en 8 heures de travail est de 18 kg environ. Les quantités journalières varient dans une fourchette de 11 à 45,5 kg. Finalement, un récolteur cueille en moyenne 2,25 kg de coton à l'heure. L'article spécifiant bien que les plus grandes quantités sont obtenues après 10 à 12 heures de travail, le rendement maximum est d'environ 4,5 kg/h.

c) En Afrique du Sud (76), un travailleur manuel cueille deux à trois fois moins de produit qu'en récolte par aspiration, soit 23 à 35 kg de coton en 10 heures de travail environ. Le rendement horaire avoisine donc 2,3 à 3,5 kg/h.

Les essais menés sur la Ferme expérimentale de FORO-FORO (C.I.M.A.) et portant sur le matériel de stockage utilisé par le cueilleur manuel méritent d'être approfondis et réalisés en milieu paysan.

Il importe, dans l'attente d'une solution technique, de mieux connaître les possibilités réelles de telles méthodes et les réactions qu'elles suscitent chez le paysan. Une solution intermédiaire est envisageable à ce niveau, en l'occurrence avec le long sac américain.

1.2. Amélioration liée à la méthode de récolte

L'étude de J. DE JONG (16) fait état, au Zimbabwe des rendements suivants :

* Tableau - Cueillette d'un seul rang

- Nombre de kg qu'un cueilleur peut récolter par heure (cueilleur homme)

Nombre de capsules par kg de coton-graine	PRODUCTIVITE DU CUEILLEUR					
	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
1 176	2,72	3,18	3,63	4,54	5	5,45
2 220	2,27	2,72	3,18	3,63	4,09	4,54
3 264	1,81	2,27	2,72	2,95	3,18	3,63
4 308	1,59	1,81	2,27	2,72	2,95	3,18
5 352	1,36	1,59	1,81	2,27	2,50	2,72

Sans faire de distinction sur le nombre de capsules par kg de coton-graine, ou sur la productivité liée à l'entraînement du cueilleur, ces notions n'ayant pas retenu suffisamment l'attention ailleurs, les rendements horaires par cueilleur, quand il s'agit de la récolte sur un seul rang, varient de 1,36 à 5,45 kg/h. La moitié des rendements sont supérieurs ou égaux à 3 kg/h.

* Tableau - Cueillette "deux demi-rangées" avec un Sac Américain

- Nombre de kg qu'un récolteur peut cueillir par heure

Nombre de capsules par kg	PRODUCTIVITE DU CUEILLEUR					
	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
176	5	5,9	6,8	8,18	9,1	10
220	4,1	5	5,9	6,36	7,27	8,18
264	3,63	4,1	5	5,45	6,36	6,8
308	3,18	3,63	4,54	5	5,9	6,36
352	2,72	3,18	3,63	4,1	4,54	5

* Tableau - Cueillette de deux demi-rangées avec sac au ventre

- Nombre de kg qu'un récolteur peut cueillir par heure

Nombre de capsules par kg	PRODUCTIVITE DU CUEILLEUR					
	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
176	4,09	4,54	5,90	6,81	7,27	8,18
220	3,63	4,09	5	5,45	6,36	6,81
264	2,72	3,63	4,09	4,54	5	5,90
308	2,27	2,72	3,18	3,63	4,09	4,54
352	1,81	2,27	2,72	3,18	3,63	4,09

La notion qu'introduit cette étude est la variation du rendement horaire avec la méthode de récolte. Il semble essentiel d'en faire mention ici. En effet, l'observation du tableau III qui ne diffère du tableau I que par la cueillette sur deux demi-rangs, fait ressortir un gain de 35 % au profit de la cueillette sur deux demi-rangs. Et puis, lorsque l'on augmente les capacités de stockage (sac américain) et l'aisance dans la cueillette, on double presque les rendements (tableau II et tableau I). Ce dernier point pourrait être un avantage en cas de mécanisation par aspiration de la récolte, si on conservait la même liberté dans le travail.

Le long sac américain permettant une plus grande aisance au travail, une meilleure productivité et une meilleure efficacité de la technique de récolte sur deux demi-rangées, pourrait être retenu comme solution d'attente, sans motorisation. Le port de ce sac entre les jambes pourrait se limiter aux hommes et pour marier son utilisation avec l'habitude vestimentaire (pagnes) des femmes, plus nombreuses à la tâche de récolte, il pourrait s'attacher sur le côté (droit ou gauche) pour celles-ci. Actuellement, ce sont les sacs ayant contenu les engrais qui servent à la collecte du coton récolté. Au fur et à mesure de la détérioration de ceux-ci par l'usage, il se crée un problème d'approvisionnement des cueilleurs. Etant donné que le long sac représente le double de la longueur des sacs à engrais, il faudra en prévoir des quantités suffisantes en cas d'adoption.

1.3. Autres facteurs d'amélioration des quantités récoltées

Nous avons exposé les trois modes d'organisation de chantier que nous avons rencontré en Côte d'Ivoire dans l'étude des conditions de récolte manuelle. Il est évident que les chantiers où la collecte et la vidange des sacs pleins reviennent à une équipe vouée à cette tâche, permettent aux cueilleurs d'exercer pleinement leur activité de récolte pendant la durée de travail, d'autant que les déplacements pour les vidanges sont pour eux des occasions d'échapper à la tâche et de vaquer à des activités annexes. Dans ce cas, il faudrait disposer d'un nombre important de sacs pour remplacer les sacs pleins ou faire la collecte dans de gros sacs qu'on emporterait ensuite à l'aire de stockage. Une uniformisation de la méthode s'imposerait alors à tous les chantiers.

De plus, une stimulation par un système de rémunération permettant un accroissement des performances des cueilleurs, serait une solution possible pour palier la faiblesse des rendements. En effet, l'étude d'un barème imposant une quantité journalière déterminée et donnant des primes pour les quantités supplémentaires, serait un bon moyen d'augmenter les quantités récoltées par cueilleur. Cela réduirait très certainement les écarts entre cueilleurs et les coûts de récolte.

2 - AMELIORATION AVEC MOTORISATION

L'action la plus durable, la plus spectaculaire, tenant compte de l'évolution des techniques de production, ne peut se penser que dans l'optique de la mise au point d'un système de récolte mécanisé. Tous nos efforts doivent s'orienter vers cette voie. Pour ce faire, après le passage en revue de toutes les techniques déjà utilisées pour la récolte du coton, nous affinerons notre choix et préciserons les modifications à apporter au système productif ivoirien pour accueillir telle ou telle technique.

Mais, d'ores et déjà, nos options pour un matériel automoteur, n'entraînant pas trop de changements dans le mode de culture, respectant si possible le matériel variétal existant et s'adaptant aux capacités financières de nos masses paysannes, en particulier, les paysans déjà touchés par la motorisation intermédiaire, sont clairement définies.

L'appropriation individuelle du matériel de motorisation intermédiaire, pourrait évoquer la même chose pour une récolteuse de coton, mais cet argument ne tient pas, car nous pourrions imaginer une appropriation à deux ou trois individus, ou au niveau d'un village. Tout dépendra des données économiques liées à l'éventuelle machine de récolte.

VI - LA RECOLTE DU COTON PAR VOIE PNEUMATIQUE

Le suivi de la récolte de coton en Côte d'Ivoire nous révèle le besoin d'une main-d'oeuvre nombreuse et l'ampleur du facteur limitant que représente la force de travail. La croissance harmonieuse qu'a connue la culture cotonnière avec l'introduction de techniques nouvelles intensives, la modernisation des exploitations (mécanisation de certaines opérations culturales), bute aujourd'hui sur le problème de la récolte. L'accroissement des surfaces cultivées a accru la demande de main-d'oeuvre pour une opération aussi lente et pénible que la cueillette du coton. Le changement structurel de la société réduisant l'unité de production, l'exode rural des jeunes vers les centres urbains et la scolarisation des enfants, laminent de jour en jour la puissance de travail. La récolte du coton devient en ce moment l'un des freins majeurs à l'expansion des surfaces cotonnières et nécessite la recherche de solutions techniques.

L'examen de la mécanisation par l'utilisation de "cotton-pickers" et de "cotton-strippers" a révélé de nombreux obstacles quant à leur utilisation en milieu ivoirien, en particulier et africain, en général.

D'autres solutions existeraient-elles ? La voie pneumatique utilisant une veine, pourrait nous fournir certains éléments de réponse. Mais avant tout arrêtons-nous quelques instants sur les modes de récolte par aspiration et par soufflage, avec en préalable quelques rappels de mécanique des fluides.

A- RAPPELS DE MECANIQUE DES FLUIDES

Le fluide considéré ici est l'air et l'étude porte sur des courants d'air circulant à l'intérieur de conduites. En dynamique, on distingue la dynamique du fluide parfait dénué de tout frottement et la dynamique du fluide réel en tenant compte de la viscosité qui est la propriété inverse de la fluidité c'est-à-dire la résistance à la déformation ou au glissement relatif des couches (68,71). Nous passerons souvent très rapidement à l'étude des fluides réels.

1. LA PRESSION EN UN POINT

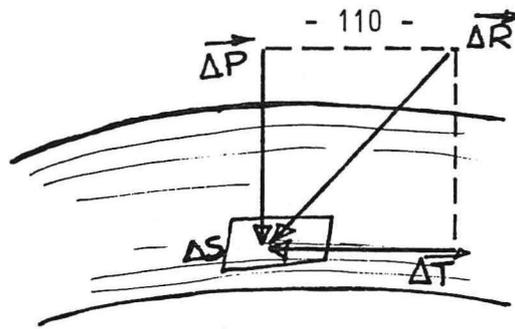
La mobilité des particules d'une masse d'air suppose que celle-ci ne peut être soumise qu'à des forces réparties de façon continue, dans son volume ou sa masse, ou bien à sa surface. Considérons un élément de surface ΔS .

Les actions élémentaires respectives des molécules sur ΔS sont toutes normales à l'aire ΔS , si nous sommes en situation de fluidité parfaite. Leur résultante ΔP est proportionnelle à ΔS et s'appelle force de pression (68,70,71).

$\frac{\Delta P}{\Delta S}$ représente la pression moyenne par unité de surface, lorsque la force de pression ΔP est répartie uniformément.

Quand l'aire ΔS tend vers zéro autour d'un point A, $\frac{\Delta P}{\Delta S}$ tend vers une limite $\frac{dP}{dS} = p$ qu'on appelle pression au point A.

Dans un fluide réel, la pression sur un élément de surface d'une masse en mouvement, n'est pas normale à cet élément. Le frottement entre particules entraîne une composante tangentielle ou force de frottement dans la plan de l'élément.



La pression est homogène au quotient d'une force par une surface :

$$\frac{MLT^{-2}}{L^2} = ML^{-1}T^{-2}$$

Dans le système international (SI) les unités de pression sont le Newton/m² (N/m²) ou le Pascal (Pa). Mais les unités pratiques demeurent souvent le bar, le Kgf/cm² et le mètre d'eau à 4°C.

$$1Kgf/cm^2 = 0,98 \text{ bar} = 10 \text{ m d'eau} = 9,8 \cdot 10^4 \text{ Pa ou } 9,8 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$$

2. RAPPEL DU THEOREME DE BERNOUILLI

Dans la situation particulière d'écoulement dans des conduites qui est la nôtre, nous avons à faire à un mouvement permanent.

Théorème de Bernouilli : En tout point d'un filet liquide pris dans une masse liquide de fluidité parfaite en mouvement permanent et soumis à la seule action de la pesanteur, la cote, la hauteur représentative de la pression et la hauteur représentative de la vitesse forment une somme constante.

L'équation qui s'en déduit s'écrit (68, 70, 71) :

$$(1) \quad z + \frac{P}{\bar{w}} + \frac{V^2}{2g} = H = C^{te}$$

Il résulte de l'équation de BERNOUILLI et de celle de continuité du fluide au cours de l'écoulement ($\frac{\partial \Omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial S} = 0$, Ω étant l'aire de la section plane

traversée à la vitesse V à l'instant par le fluide Q , le débit à travers Ω) que si la section transversale du filet diminue, la vitesse d'écoulement augmente et sa pression diminue. Si au contraire, le filet s'élargit, la vitesse diminue et la pression augmente. Si nous écrivons l'équation de Bernouilli sous la forme :

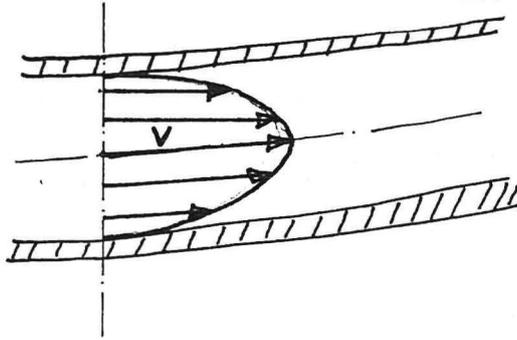
$$(2) \quad z\bar{w} + P + \bar{w} \frac{V^2}{2g} = \bar{w}H = H'$$

nous constatons que P est la seule pression qui existe réellement dans le courant. Les grandeurs $z\bar{w}$ et $\frac{\rho V^2}{2}$ ($= \bar{w} \frac{V^2}{2g}$) qui est la pression dynamique, peuvent être transformées en pressions correspondantes.

L'extension du théorème de Bernouilli à un courant réel, doit prendre en compte les phénomènes causés par la viscosité, à savoir l'irrégularité de la répartition des vitesses dans la section et les pertes d'énergie ou pertes de charge.

En effet, lors du déplacement d'un fluide visqueux le long d'une paroi solide (un tuyau par exemple) le courant est ralenti par l'action de la viscosité et par l'action des forces d'attraction moléculaire entre le fluide et la paroi.

Les vitesses les plus faibles se rencontrent donc au fur et à mesure que l'on se rapproche de la paroi et les plus grandes se rencontrent près de l'axe central (68, 71).



REPARTITION DES VITESSES DANS LA SECTION TRANSVERSALE DE LA VEINE D'AIR.

L'irrégularité de la répartition des vitesses provoque un glissement des filets de fluide les uns par rapport aux autres, créant des efforts tangentiels ou forces de frottement. Le mouvement d'un liquide visqueux s'accompagne souvent de turbulence : rotation des particules, mouvements tourbillonnaires et de brassage.

Dans le corps de l'écoulement, les forces de viscosité sont négligeables par rapport aux forces d'inertie et de turbulence. Au voisinage de la paroi et qui constitue la couche limite, les forces de viscosité ne sont plus négligeables par rapport aux forces d'inertie et de turbulence et la vitesse passe d'une valeur nulle à une valeur finie V . Mais en régime turbulent l'agitation moléculaire et par suite les fluctuations transversales des vitesses tendent à égaliser les vitesses et le profil des vitesses prend une forme plus aplatie (en particulier dans le cas d'un tube de section droite circulaire).

Du fait de ce qui est dit ci-dessus et que les applications en hydraulique soient nombreuses à faire intervenir la vitesse, il est plus commode de remplacer les vitesses vraies par la vitesse moyenne dans la section transversale : $(V_M = \frac{Q}{S})$.

L'équation de Bernouilli pour un courant réel s'écrit sous la forme suivante :

$$z + \frac{P}{\bar{w}} + \alpha \frac{V^2}{2g} + j = H = \text{cte}$$

α est un coefficient sans dimension qui tient compte de l'irrégularité de la répartition des vitesses $(\alpha = \frac{\int_S v^2 ds}{V_M^2 S})$

j est le terme représentant l'énergie dissipée sous forme de chaleur par suite des frottements et de la viscosité. Ce sont les pertes de charge. Dans la répartition irrégulière habituelle, $\alpha > 1$, tandis que dans le cas de répartition régulière des vitesses, $\alpha = 1$ (71).

Donc l'équation de Bernouilli pour un courant réel, diffère de l'équation analogue pour un filet élémentaire de fluide parfait par le terme qui représente la perte de charge et par le coefficient qui tient compte de l'irrégularité de la répartition des vitesses. De plus, les vitesses qui rentrent dans l'équation pour un courant réel sont les vitesses moyennes dans les sections correspondantes. Les pertes de charge augmentent sans arrêt le long du courant.

L'équation de Bernouilli exprime la principale loi qui régit le mouvement permanent des fluides. Elle permet donc l'étude et la compréhension de nombreux dispositifs techniques, parmi lesquels, celui que nous nous proposons de retenir pour notre système de récolte pneumatique : le Venturi.

Pour mesurer la chute de pression dans un débit-mètre à rétrécissement (Venturi) l'emploi d'appareils de mesure est nécessaire. Mais voyons le calcul de pertes de charge et les singularités que nous rencontrerons dans les conduites de la veine d'air que nous aurons à étudier.

3. NOTIONS DE PERTES DE CHARGE

Les pertes de charge ou pertes d'énergie le long d'un courant liquide ou gazeux résultent des frottements de molécules entre elles et contre les parois du dispositif de conduite. Les pertes de charge dépendent de la forme, des dimensions et de la rugosité de la conduite de la vitesse d'écoulement, de la viscosité du fluide et de la turbulence du régime.

Elles apparaissent aussi bien dans un écoulement rectiligne de section constante ou variable que lorsque l'écoulement rencontre une singularité brusque dans la direction du courant dans la forme ou l'étendue de la section transversale.

Les expériences montrent que les pertes de charge sont à peu près proportionnelles au carré de la vitesse de l'écoulement (ouvrages courts).

Les pertes de charge s'expriment par la formule suivante (68, 70, 71).

$$j = K \frac{v^2}{2g}$$

K est donc le rapport de la perte de charge à la hauteur dynamique et est appelé coefficient de pertes de charge.

On distingue des pertes de charge réparties et des pertes de charge locales liées aux résistances ou variations locales.

Les pertes de charge réparties sont dues aux frottements naissant dans des tuyaux à section constante et elles augmentent proportionnellement à la longueur du tuyau. Il est plus commode d'exprimer ce genre de pertes en fonction de la longueur relative du tuyau $\frac{l}{d}$

$$j = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{ou } j = \frac{\lambda}{D} \frac{v^2}{2g} \text{ représentant la perte de charge unitaire}$$

λ = coefficient de pertes de charge réparties

l = longueur du tuyau

d = diamètre équivalent de la conduite de section quelconque.

$$d = \frac{4A}{M} \quad \begin{array}{l} A, \text{ surface de la section} \\ M, \text{ périmètre de la section} \end{array}$$

Les pertes de charge locales sont dues à des variations locales de la forme et des dimensions de la conduite. Ces variations peuvent être des coudes, des étranglements ou des élargissements. Les pertes de charge engendrées par ces singularités sont de la forme $j = K \frac{V^2}{2g}$ où V est la vitesse moyenne dans la section

$2g$

et le coefficient de pertes de charge K dépend de la forme et des dimensions de

la singularité.

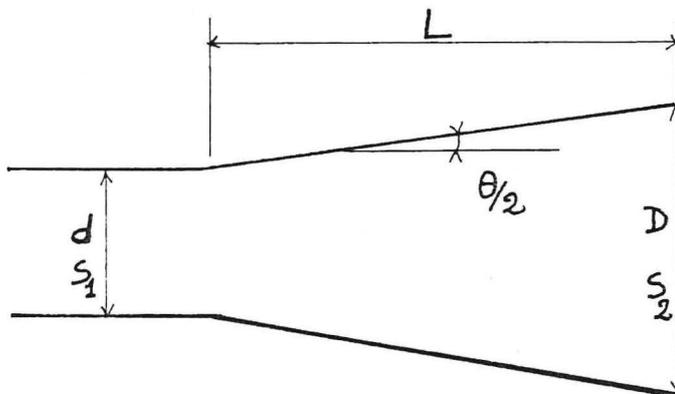
Nous étudierons successivement les cas d'élargissement progressifs de la section (cône divergent), de rétrécissement progressif (convergent) et de changement de direction (coude).

Elargissement progressif de la section du courant appelé aussi divergent ou diffuseur.

Le cas le plus fréquent est celui d'une section circulaire. L'écoulement dans un divergent s'accompagne d'une diminution de la vitesse et d'une augmentation de la pression.

La perte de charge est due aux frottements contre les parois intérieures et à l'augmentation progressive de section. Les couches les plus proches des parois forment des tourbillons leur mouvement étant freiné par la pression qui s'élève. Le courant principal vient alors buter contre ces contre-courants, et se décolle de la paroi. L'intensité du phénomène s'accroît avec l'augmentation de l'angle d'ouverture du divergent. Les pertes de charge augmentent en même temps que les tourbillons se produisent.

Les pertes de charge dues aux frottements peuvent être calculées en remplaçant le tronc de cône par un tronçon fictif de canalisation rectiligne de même longueur L et de diamètre constant \varnothing tel que (68) :



$$\varnothing = 5 \sqrt{\frac{4(D-d)D^4 d^4}{D^4 - d^4}}$$

(formule de Schlog)

$$j = \lambda \frac{L}{\varnothing} \frac{V^2}{2g}$$

Les pertes de charge dues à la conicité sont calculées par une formule de la forme :

$$j = K \frac{V^2}{2g}$$

où V est la vitesse moyenne dans la section de sortie de diamètre D .

Le coefficient K est une fonction de l'angle θ . Il augmente avec l'angle θ et tend vers 1, correspondant au cas de l'élargissement brusque. Au-delà d'une certaine valeur de θ , il se produit un décollement du fluide de la paroi, rarement au cas de l'élargissement brusque.

La valeur optimale de l'angle θ , c'est-à-dire réalisant la perte de charge minimale est comprise entre 6 et 8° pour un rapport de diamètre $\frac{D}{d}$ compris entre $1,25$ et 3 .

Le coefficient K peut être calculé approximativement par la formule de Kestlicher (68):

$$K = k \left(\frac{D^2}{d^2} - 1 \right)^2 = k \left(\frac{1}{m} - 1 \right)^2$$

$$m = \text{rapport des sections extrêmes} \frac{S_2}{S_1}$$

k dépend de l'angle θ

θ	5°	6°	7°	8°	10°
k	0,049	0,062	0,075	0,088	0,119

Rétrécissement progressif de la section du courant ou convergent (ou tuyère)

L'écoulement d'un fluide dans un convergent s'accompagne d'une augmentation de vitesse et d'une dépression. Le fluide se déplace d'un endroit où la pression est plus élevée vers un endroit elle est moins élevée. Nous ne rencontrons pas de formation de tourbillons et de décollements.

Les pertes de charge comportent deux parties :

- les pertes dues aux frottements contre les parois que l'on peut calculer par la même formule du cas du divergent,
- les pertes dues à la réduction progressive de la section. Celles-ci sont très faibles.

Dans les convergents on a donc affaire qu'aux pertes par frottements. Globalement, la convergence est un phénomène qui entraîne une égalisation des vitesses et donc une meilleure répartition des vitesses dans la section transversale à la différence des divergents. Donc, dans un convergent on peut négliger les pertes de charge.

Si une conduite comporte en son sein une combinaison de résistances locales telles que celles traitées ci-dessus, il importe de prendre des raccords. Il est recommandé de raccorder progressivement et régulièrement les différents éléments.

Changement de direction d'un courant

Un changement de direction d'un courant est appelé coude. En général, il engendre des pertes de charges importantes surtout lorsque le coude est non arrondi. Dans un coude graduellement arrondi, la régularité du changement de direction entraîne une diminution considérable des effets tourbillonnaires et des décollements. La diminution est d'autant plus élevée que le rayon de courbure relatif $\frac{R}{d}$ du coude est grand (68, 69, 71).

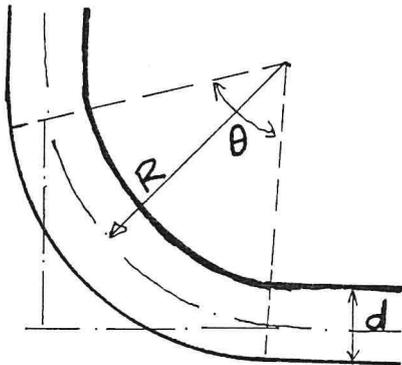
Le coude provoque une contraction et un mélange des filets du fluide.

Le coefficient de pertes de charge dans un coude varie avec le rapport $\frac{R}{d}$, l'angle au centre du coude, θ . Les formules exprimant les pertes de charge dans un coude arrondi sont de la forme $j = K' \frac{V^2}{2g}$

où V est la vitesse moyenne dans la conduite.

Dans la pratique on admet les valeurs approximatives suivantes pour K' :
pour $\frac{D}{R} \approx 0,2$, $K' = 0,1$

pour un coude normalisé ($R = 1,5 D$ ou $\frac{D}{R} = 0,66$), $K' = 0,225$



- R = Rayon moyen du coude
- D = Diamètre du tube contracté
- θ = Angle au centre de la partie coudée

4. INSTRUMENTS DE MESURE UTILISES

L'introduction dans un fluide en mouvement d'un instrument de mesure quelconque entraîne toujours une modification dans l'écoulement. Au voisinage immédiat de l'instrument, des changements dans la répartition des pressions et des vitesses se produisent. Mais toute résolution de problème hydrodynamique suppose d'introduire les données relatives à l'écoulement modifié, fournies par l'appareil de mesure.

Le commentaire qui va suivre sera relatif aux instruments utilisés lors de notre étude.

Le manomètre différentiel à liquide

Le manomètre à liquide à tube en U constitue l'un des appareils de mesure les plus utilisés (68). La méthode consiste à relier le point où la pression doit être déterminé à une branche d'un manomètre adopté à la grandeur de la pression, généralement, un tube qu'un orifice met en communication avec la veine d'air.

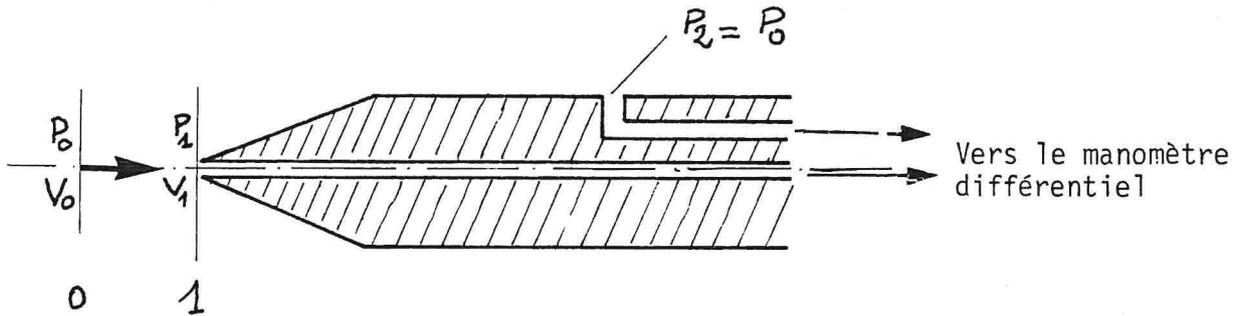
L'indication du manomètre dépend de la forme de la prise de pression, de la position et de l'orifice de transmission de la pression à l'instrument de mesure. L'expérience montre que le fait de tourner la prise de pression autour de son axe entraîne une variation importante de l'indication du manomètre.

Le maximum de pression indiquée par le manomètre est égal à la pression statique P_s augmentée de la pression due à la vitesse V de l'air. La connaissance de la pression totale P_t et de P_s permet de calculer la vitesse d'écoulement de l'air.

$$V = \sqrt{\frac{2(P_t - P_s)}{\rho}}$$

Le tube de PITOT

Dans la veine d'air s'écoulant à la pression P_0 et à la vitesse V_0 , installons une prise de pression de PITOT (68,71).



Le tube de PITOT peut permettre la mesure de la pression statique P_0 de la pression totale P_1 ou de la différence $P_1 - P_0$, qui est la pression dynamique. La connaissance de la pression dynamique entraîne celle de la vitesse de l'écoulement d'air.

B- REALISATION PAR LE C.E.E.M.A.T. D'UN MODELE PROBATOIRE DE RECOLTEUSE PAR ASPIRATION ET ESSAIS

Pourquoi le choix de la voie pneumatique ? La mécanisation de la récolte du coton ne doit pas conduire à l'obtention d'un produit plus sale. Le souci premier dans la recherche de modèles possibles a donc été la préservation de la qualité du coton cueilli, d'où la tendance à chercher à se rapprocher le plus possible du geste manuel. Ce qui a été le cas du décrochage manuel suivi d'un transport pneumatique.

La récolte du coton par aspiration met en jeu la création et l'utilisation d'une dépression au transport et à la cueillette du coton.

Les récolteuses de coton par aspiration ayant existé ont servi, les unes uniquement au transport du coton cueilli à la main (aide à la récolte manuelle), les autres à la cueillette par succion et au transport pneumatique jusqu'à une trémie ou un sac servant au stockage.

1. DIFFERENTS MODELES DE TRANSPORT PNEUMATIQUE POSSIBLES

L'équation de Bernouilli exprime la loi principale régissant le mouvement permanent des gaz. Elle permet d'étudier et de comprendre le fonctionnement de toute une série de dispositifs dont l'emploi est basé sur ce principe hydraulique.

1.1. Le modèle type aspirateur ménager

Il utilise un réceptacle relié à un collecteur par un tuyau souple. Une cuve hermétiquement fermée, mise en dépression grâce à un ventilateur permet le stockage de la récolte. Le collecteur comporte plusieurs entrées autorisant le travail de plusieurs cueilleurs.

Si le modèle est utilisé en aide à la récolte, alors le cueilleur doit enlever le coton des capsules à la main et le déposer dans le réceptacle. Il est aspiré à travers le tuyau jusqu'au collecteur puis dans un sac contenu dans la cuve. Le sac laisse passer l'air et retient le coton. Mais l'utilisation directe par présentation d'un embout d'aspiration d'une capsule à une autre est possible, l'acheminement se faisant de la même façon (80) (figure 37).

Les avantages d'un tel montage sont évidemment sa simplicité. De plus, il nécessite une puissance relativement faible (0,4 à 1,5 KW) pour des dépressions élevées (1000 à près de 2000 mm).

L'ensachage direct du coton peut représenter un avantage mais a un très grand inconvénient du fait qu'il a lieu à l'intérieur de la cuve. Il faut, en effet, arrêter la récolte, ouvrir la cuve afin de retirer le sac lorsqu'il est plein, remettre un autre et refermer la cuve.

L'étanchéité de l'ouverture de la cuve et la résistance de la cuve à la dépression peut poser des problèmes de fabrication.

D'autre part, les risques de bouchage des tuyaux sont élevés, du fait que la pression reste faible entre les bouches d'aspiration, qui devrait se traduire par une augmentation de la dépression lorsque l'un des tuyaux se bouche. Cela doit se compenser par une forte dépression initiale pour éviter le bouchage des tuyaux.

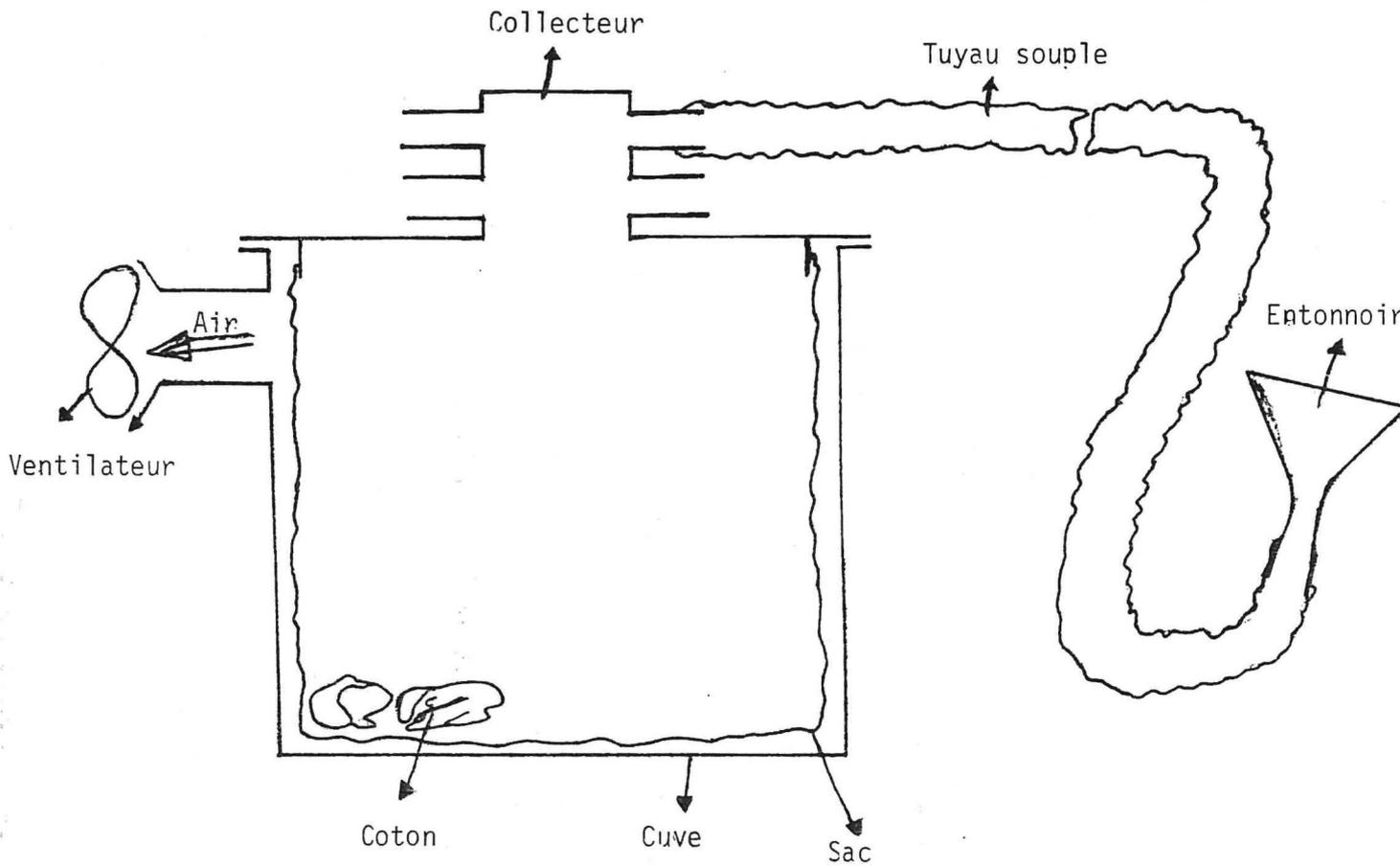


Figure 37 : MONTAGE TYPE ASPIRATEUR MENAGER

1.2. Utilisation de l'aspiration du ventilateur

Un ventilateur aspire de l'air d'un côté et le projette de l'autre. Des dispositifs de récolte du coton utilisent cet air aspiré pour transporter le coton à travers le ventilateur jusqu'au lieu de stockage.

Une bouche d'aspiration aspire le coton des capsules individuellement. Le coton est ensuite acheminé par un tuyau souple dans un collecteur relié à l'ouïe d'aspiration du ventilateur par un cône. Il passe à travers la chambre du ventilateur pour être récupéré dans des sacs.

Le schéma d'un tel montage sera fait ultérieurement dans la description de récolteuses ayant existé, plus particulièrement celle qui a été réalisée en Afrique du Sud (Cf. *Figure n° 37*). Ce modèle présente de très grands inconvénients. Le cône déflecteur à l'entrée du ventilateur est conçu pour refouler le coton-graine hors de la portée du rotor du ventilateur. D'où une étude élaborée de la forme de ce cône pour une efficacité du principe et une réduction des risques de voir le coton s'emmêler dans les pales, puis de se transformer en fil.

Par suite d'encombrement, la trajectoire de l'air traversant le ventilateur se trouve modifiée et le rendement baisse. Des problèmes d'interférences entre les différentes bouches d'aspiration sont manifestés et perturberont le niveau de la dépression créée.

1.3. Utilisation de la dépression créée par un venturi ou un jet d'air

Le principe est basé sur l'utilisation de la veine d'air refoulée sous pression par le ventilateur. Cette veine d'air principale crée, du fait de la viscosité de l'air et de la transformation de l'énergie cinétique en énergie de pression, une dépression dont on se sert dans un circuit secondaire pour transporter le coton-graine ou même essayer de le cueillir. Les deux flux - celui de l'air et celui du coton - sont ramenés en un seul avant une nouvelle séparation de l'air et du coton, pour la récupération de celui-ci.

C'est cette dernière solution qui a été retenue pour la présente étude et fera l'objet d'un large commentaire. Mais avant, nous allons procéder à une évaluation de la dépression nécessaire au transport du coton-graine, à une analyse plus proche des récolteuses par aspiration ayant existé.

2. RECHERCHE DE LA DEPRESSION NECESSAIRE AU TRANSPORT PNEUMATIQUE DU COTON

Le montage choisi par le C.E.E.M.A.T. (117) pour effectuer les mesures de dépression a été le suivant :

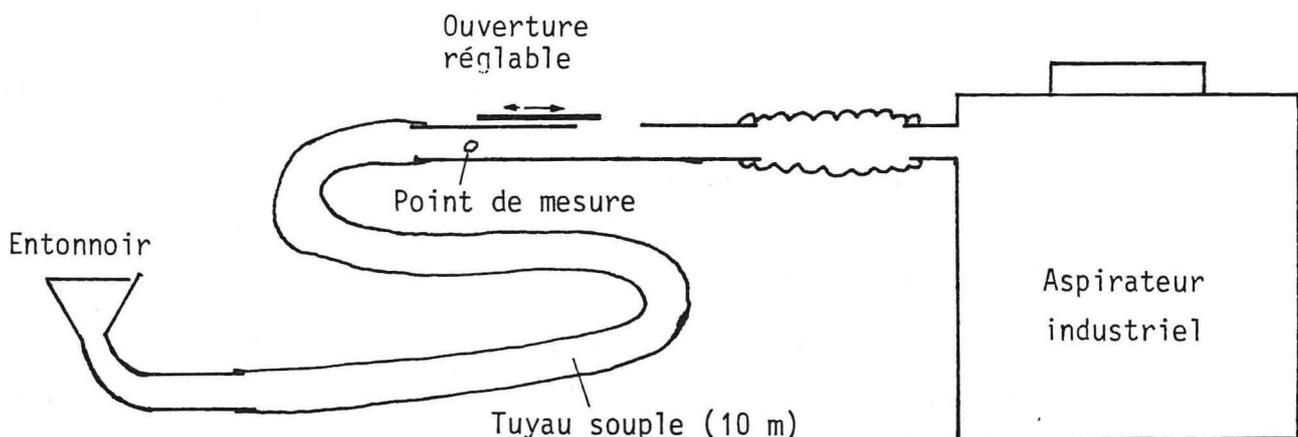


Figure 38 :

Il est composé d'un entonnoir soudé sur un coude muni d'une restriction, d'un tuyau souple de diamètre 50 mm et de longueur 10 m, d'un tube dans lequel est aménagée une fente et d'un aspirateur industriel. La variation de la dépression créée par l'aspirateur est obtenue en augmentant ou en diminuant l'ouverture de la fente du tube. Deux coudes de restriction différente ont servi dans les essais : un coude de diamètre intérieur 27 mm et un coude de diamètre intérieur 37 mm. Le diamètre de 27 mm semble proche du diamètre minimal de passage des capsules de coton et le diamètre de 37 mm pourrait être le passage maximum vu la grosseur des capsules de coton et le niveau de dépression que nous escomptons.

Mesures avec la restriction de 27 mm

Position de l'ouverture du trou oblong	Vitesse de l'air (m/s)	Débit (m ³ /s)	Dépression (mm CE)
fermé	16,5	0,018	220
ouvert 1 cm	12,5	0,014	140
ouvert 2 cm	10	0,011	90
ouvert 4 cm	7,5	0,008	50
ouvert	5	0,005	20

Mesures avec la restriction de 37 mm

Position de l'ouverture du trou oblong	Vitesse de l'air (m/s)	Débit (m ³ /s)	Dépression (mm CE)
fermé	16	-	135
ouvert 1 cm	11,5	-	90
ouvert 2 cm	11	-	65
ouvert 4 cm	8	-	35
ouvert	5	-	15

Nous remarquons que la vitesse de l'air, et donc le débit, varie très peu. L'intervalle de variation de la dépression est beaucoup plus large et la diminution est très nette avec l'augmentation de l'ouverture de la fente. La dépression est plus élevée quand la restriction est plus forte.

Il ressort des essais de transport de coton que pour assurer le transport qu'il faut une dépression d'environ 200 mm CE. Mais étant donnée la variation dans la grosseur des capsules de coton, il faut rechercher une dépression plus importante.

Notons que le transport du coton dans les silos de stockage en usine d'égrenage nécessite 20 à 30 m/s de vitesse dans les tuyaux.

3. PRESENTATION DE CERTAINS MODELES DE RECOLTE PNEUMATIQUE

3.1. Le modèle sud-africain

La récolteuse sud-africaine (fig. 40), l'une des premières venues dans la récolte par aspiration, est le fruit de la "Division of Agricultural Engineering Services" dans les années 1963-66 (76). L'originalité de cette machine réside dans le cône divergent adapté au ventilateur du côté de l'aspiration, dans le prolongement des pales (fig. 39). Le coton traverse la chambre du ventilateur. Ce dernier

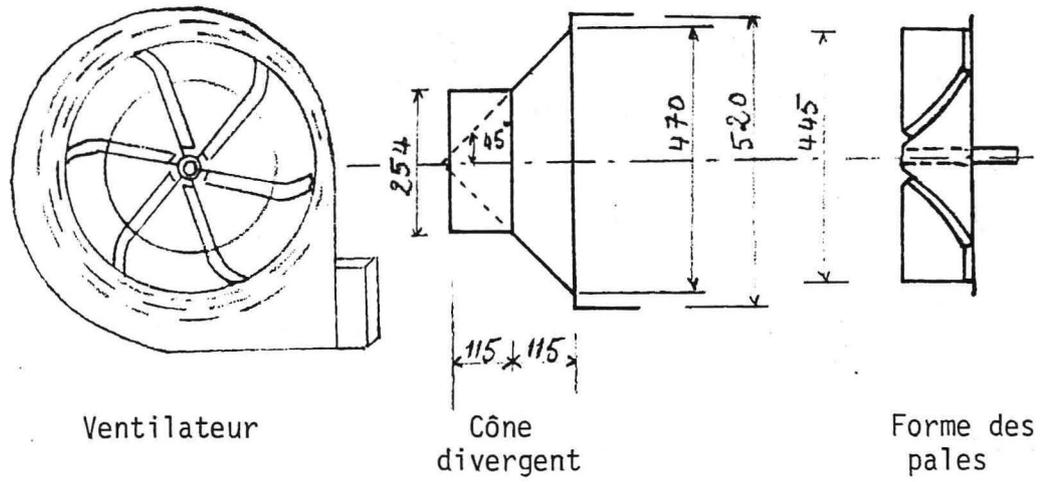


Fig. 39 : Prototype Sud-Africain : Coupe transversale du ventilateur et du cône

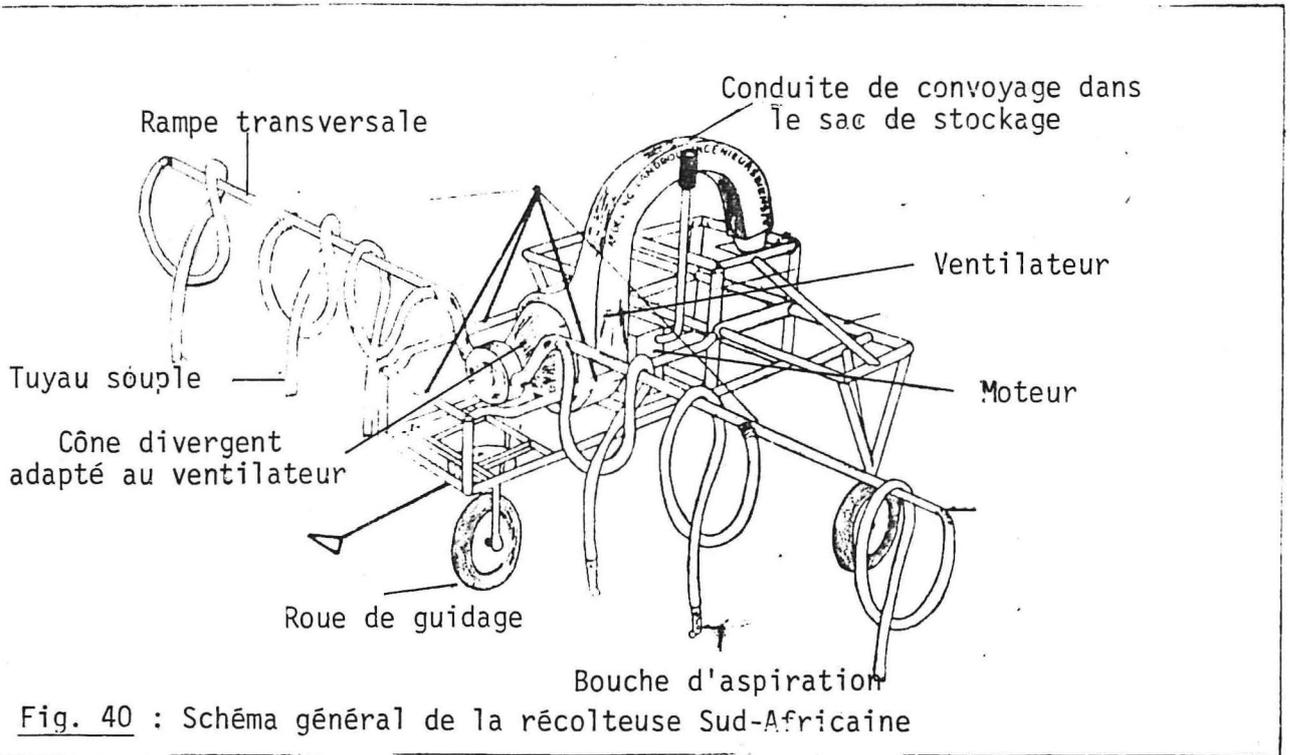


Fig. 40 : Schéma général de la récolteuse Sud-Africaine

est spécialement conçu pour réaliser le transfert du coton et les six pales ont reçu une forme adaptée et un arrangement proportionnellement au périmètre de la chambre. Le cône divergent comporte des petits trous orientés dans le sens de l'écoulement de l'air.

Six tuyaux plastiques souples de 2 m de long terminés par des manchons suceurs de forme spéciale, permettent à six ouvriers de cueillir le coton de six rangées. Le coton aspiré par capsules individuelles, passe dans une rampe transversale de collecte enjambant les six rangs. Cette rampe, en tube de 7,30 m de long en position de travail, est repliable pour le transport sur route. Les tuyaux souples sont connectés à la rampe de sorte qu'ils surplombent les rangées de cotonniers à récolter.

Le coton cueilli, une fois collecté dans la rampe, s'écoule dans le cône divergent qui le projette à travers la chambre de ventilation. Il est ensuite achevé pneumatiquement par une conduite d'amenée jusqu'au poste d'ensachage, composé d'une goulotte by-pass et d'un plancher-support des deux sacs.

Le ventilateur est entraîné par un moteur à essence à refroidissement par air de 3 à 3,7 kw.

Les essais ont montré que, équipé des embouts particuliers aux tuyaux souples, le prototype développe une dépression d'environ 200 à 240 mm de colonne d'eau nécessaire pour obtenir un bon décrochage du coton des capsules. Le temps d'arrachage du coton diminue avec l'augmentation de la dépression aux embouts.

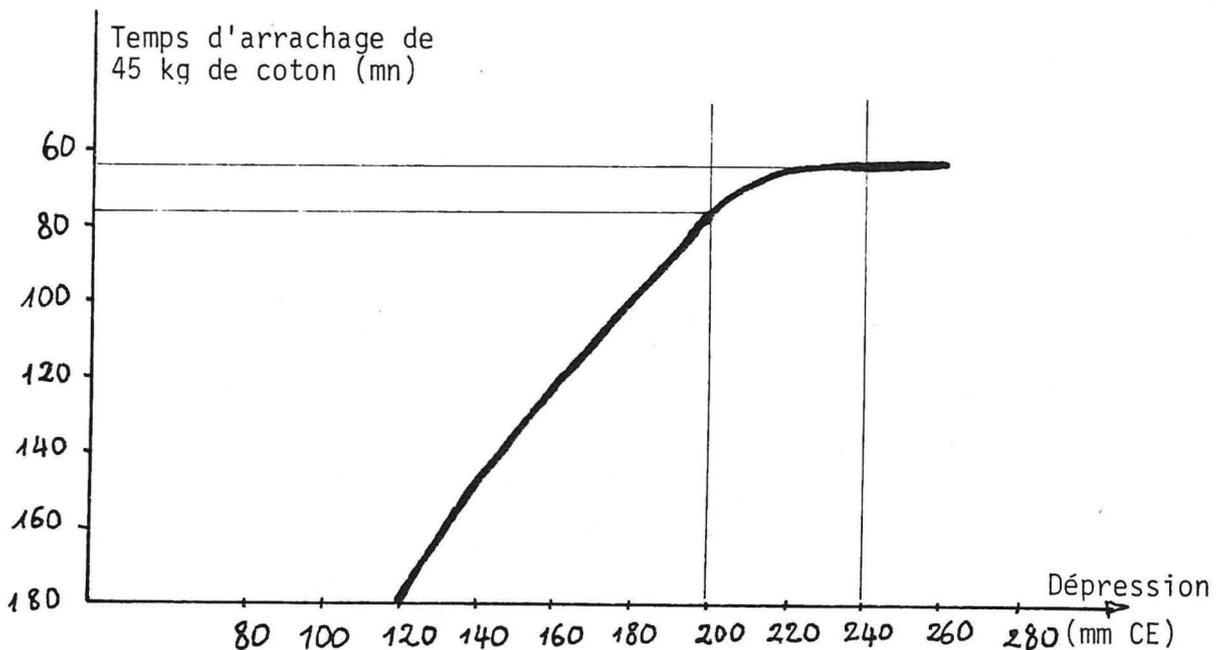


Fig. 41 : Variation du temps d'arrachage en fonction de la dépression

La machine forme un ensemble léger d'environ 350 kg, de sorte qu'un seul homme est capable de la tirer pour la déplacer lors du travail. Le châssis en tube mécano-soudés, enjambe les pieds de cotonniers. Il est monté sur trois roues (tricycle). La roue avant roule entre deux rangs de cotonniers pendant que les deux roues arrière, de voie réglable et adaptable à l'écartement des rangs, roulent dans les interlignes de part et d'autre des deux rangs précédemment cités. Le châssis enjambe donc deux rangs tandis que la rampe transversale en enjambe six. La roue avant sert de roue directrice et comporte sur son moyeu un timon qui permet de déplacer la machine en la tirant par ce timon.

Les performances de cette machine ont été encourageantes. La manchon suceur permet de cueillir le coton trois fois plus vite qu'à la main, de sorte que le rendement d'un cueilleur environne 70 kg pendant une journée de travail de 10 heures. Les six cueilleurs qu'utilise la machine de récolte produisent donc par jour 420 kg. Une septième personne est nécessaire pour le remplacement des sacs et le déplacement de la machine.

Comparé à la récolte manuelle du point de vue de la pénibilité du travail cette récolteuse semble procurer une relative aisance.

Après la période d'essai, la récolteuse Sud-Africaine a connu une phase de diffusion et environ 70 exemplaires ont été vendus en Afrique du Sud, au Zimbabwe (ex-Rhodésie) et au Mozambique. Le prix de vente de la machine était d'environ de 5 000 FF en 1978.

Mais disons que depuis, les choses ont tourné court pour cette machine et les producteurs de coton sont passés à la récolte mécanique classique avec cotton-pickers américains.

La récolteuse Sud-Africaine a inspiré plusieurs concepteurs. Nous verrons deux modèles qui s'en rapprochent dans les lignes qui vont suivre.

3.2. Le prototype du National Institute of Agricultural Engineering (NIAE, Angleterre)

3.2.1. Description de la machine

Reposant sur le même principe que celle qui a été construite en Afrique du Sud (fig. 39 et 40), la récolteuse du N.I.A.E. a l'avantage d'être automotrice (78).

Le châssis est monté sur trois roues de sorte que les deux roues arrière chevauchent deux rangées de cotonniers et la roue avant, motrice et directrice en même temps, passe dans l'interligne des deux rangées. Le moteur, le mécanisme assurant le déplacement et le ventilateur sont placés dans la partie centrale du bâti derrière la roue avant.

Le moteur monocylindrique et refroidi par air développe environ 8,8 kw en régime nominal. La transmission du mouvement se fait d'une part au ventilateur par courroies, et d'autre part, à la roue avant, par courroies, engrenage à vis sans fin et chaîne. Ces deux transmissions requièrent un embrayage à friction à commande indépendante pour l'entraînement du ventilateur et de la roue avant pour l'avancement. Un agencement simple à la roue avant permet deux vitesses d'avancement : 2 km/h et 5,6 km/h.

Le ventilateur de 500 mm de diamètre est à pales et recouvert d'une contre-plaque à l'arrière du côté de l'ouïe d'aspiration. Il a été choisi pour son aptitude à laisser passer le coton et autres débris à travers le carter.

Entre la rampe transversale en tube de 250 mm de diamètre et le ventilateur nous trouvons une connection soit d'un rond à 90°, soit d'un conduit droit aboutissant dans un cône divergent (cf. fig. 40). Ce carter conique renferme un déflecteur métallique conique également ajusté et tournant avec les pales du ventilateur.

L'espace ainsi aménagé dans la chambre du ventilateur permet d'évacuer le coton dans la conduite de refoulement vers les sacs suspendus entre les roues arrière.

A la rampe transversale aboutissent huit tuyaux souples plastiques de 50 mm de diamètre. Ils sont terminés par des bouches d'aspiration en forme de cône et entaillées dans de la tôle. Ces buses ont 200 mm de long et leur diamètre diminue graduellement depuis le diamètre du tuyau souple (50 mm) jusqu'à des valeurs variant entre 19 et 38 mm.

Entre le tuyau et la buse une valve à poussoir à ressort peut être insérée pour permettre au cueilleur d'actionner et provoquer l'ouverture de la bouche d'aspiration quand c'est nécessaire. Le relâchement du poussoir entraîne l'isolement de la buse et l'air est aspiré à travers une ouverture dans le corps de la valve située à 280 mm de celle de la buse. L'ouverture de la buse grâce à la valve provoque une entrée soudaine de l'air qui emporte le coton de la capsule.

3.2.2. Résultats des essais

Le prototype a été essayé aux Iles Barbades en Février 1970 sur la variété cotonnière Sea Island. Le but des essais étaient de déterminer les vitesses d'air, nécessaires à l'arrachage du coton, les dimensions adéquates des buses d'aspiration et d'évaluer les performances globales de la machine.

Durant les essais les dépressions enregistrées ont varié approximativement entre 180 et 460 mm d'eau.

Des valeurs élevées de la dépression ont été indispensables étant donné que les capsules de la variété Sea Island ne s'ouvrent pas grandement et que le coton-graine adhère fermement à la base des carpelles. Il a été montré que plus on provoquait l'ouverture complète de la capsule, plus la succion du coton était rapide et le produit obtenu plus propre. Ainsi durant les essais de récolte, les cueilleurs durent s'aider des doigts ou appuyer la buse au centre de la capsule pour forcer l'ouverture des carpelles avant succion. D'où une lenteur de travail.

Toutes les mesures effectuées sur la machine et les données des essais sur le terrain sont regroupées dans le Tableau de l'Annexe III.

Remarques :

- a- La taille des cotonniers dans les blocs d'essais varie entre 1,20 et 2,70 m.
- b- Les essais n° 1 à 9 ont lieu sur des parcelles où les rendements s'échelonnent entre 1140 Kg/ha et 1480 kg/ha. Les rendements des autres parcelles tournent autour de 600 kg/ha.
- c- Au-delà de 508 mm d'eau, il n'a pas été possible d'effectuer des mesures précises de dépression à l'entrée des buses.

Lors de l'expérimentation de la machine, l'utilisation des valves ne s'est limitée qu'aux deux premiers jours d'essai. La tendance des cueilleurs à présenter la buse fermée face aux capsules et des pertes de temps liées à ces valves, ont entraîné la suppression de celles-ci durant le reste des essais. D'ailleurs, les valves de fermeture de buse qui, à l'origine devaient éviter l'aspiration des débris végétaux, n'ont pas permis de constater une incidence positive sur le degré de salissure du coton après leur suppression.

Quand la vitesse de rotation du ventilateur augmente, la dépression buse fermée et la dépression buse ouverte augmentent aussi. D'autre part, la dépression augmente avec la diminution du diamètre de la buse d'aspiration.

De manière générale, les vitesses d'air à l'entrée des buses d'aspiration sont élevées. Ces vitesses sont d'autant plus élevées que le diamètre de buse diminue.

La qualité du coton aspiré par la machine est semblable à celle du coton de récolte manuelle.

Le diamètre de la buse d'aspiration influence la qualité de la récolte et la différence est fonction du diamètre de buse utilisé et non des niveaux de dépressions atteints.

Les plus petits diamètres de buse ont donné du coton grumelleux, quelquefois filandreux, avec les différents lobes séparés.

La plus grande source de dommage du coton demeure le cône défecteur et la traversée du ventilateur. Le défecteur conique est conçu pour projeter hors du rotor du ventilateur le coton qui est amené à le traverser. Pendant les essais le principe a mal fonctionné et une portion appréciable de coton est restée accrochée au rotor et s'est effilée. Finalement les essais se sont poursuivis avec le rotor exposé au flux de coton.

Une autre constatation importante est la faiblesse des rendements des récolteurs avec la machine : 1 à 3 kg/h et cela malgré la stimulation par bonification des kg supplémentaires à partir de la rémunération normale de la journée de travail. Signalons que la récolte manuelle permet une production variant entre 11,4 kg et 45 kg par récolteur.

Cette faiblesse de productivité de la machine et les handicaps non moins importants amèneraient à rechercher de nouvelles améliorations pour une machine plus compétitive.

3.3. Le modèle "Gay Cotton Picker"

En 1961, N. A. GANQUET (81), producteur de coton à Cuba, conscient de la préoccupation grandissante des producteurs pour un travail moins pénible et procurant une plus-value, fabrique une récolteuse de coton par aspiration, baptisée "Gay Cotton Picker", elle se singularise par l'emploi d'un diaphragme mis en action par une valve à commande électrique par solénoïde. Le déclenchement du système est à portée de main du cueilleur sur la buse d'aspiration qu'il tient et toute commande provoque une réponse instantanée lorsque la buse est pointée sur une capsule. Il se produit un vide instantané dans le système, provoquant la dépression et par suite une succion dans chaque tuyau.

Le "Gay Cotton Picker" utilise un compresseur qui active l'air dans la soufflerie. Des unités de soufflerie peuvent être associés ensemble pour élever les capacités de la machine en fonction de la taille des exploitations. Un moteur auxiliaire à essence ou un tracteur peut servir à faire tourner le compresseur. Dans ce dernier cas le tracteur porte l'ensemble compresseur-machine. Le coton aspiré ne traverse pas la machine et n'entre pas en contact avec des pièces en mouvement qui pourraient faire chuter son grade.

La séparation du coton de l'air a lieu avant la traversée de la machine à la partie avant où un système d'ensachage permet la récupération du coton de bonne qualité.

La récolteuse "Gay" (machine - compresseur - moteur) pèse environ 214 kg qu'il est possible de réduire par l'utilisation d'alliages d'aluminium. La vitesse de cueillette d'un récolteur et donc la quantité récoltée dépend de l'habileté du récolteur dans les manoeuvres de la valve et le passage d'une capsule à une autre.

Le rendement d'un cueilleur entraîné monte approximativement à 82 kg par heure. Par conséquent, la quantité récoltée dans une journée de 10 heures est d'environ 820 kg par cueilleur.

Conclusion partielle sur les modèles de transport pneumatique étudiés

L'utilisation d'un cône déflecteur et la traversée du ventilateur par le coton sont source de dommage et donc à proscrire.

Le montage de buses d'aspiration au bout des tuyaux facilite le décrochage du coton de la capsule. Plus le diamètre de buse diminue plus la vitesse d'air dans le tuyau augmente. Mais l'utilisation de valves d'ouverture-fermeture des buses ralentit le travail et n'a pas d'incidence sur la qualité du produit.

Pour obtenir une aspiration instantanée il faut disposer d'une dépression élevée car la vitesse de succion dépend de la variété cotonnière, de l'ouverture de la capsule et de la dépression.

Les rendements des récolteuses étudiées sont globalement faibles. L'utilisation d'air comprimé pour le décrochage est peut-être une solution à étudier.

4. FABRICATION ET ESSAI DE DIFFERENTS MODELES

4.1. Le principe du jet d'air

Quatre montages ont été réalisés avec différents rapports de section de tube cylindrique entre le tube d'air principal et la tube servant au jet d'air. L'angle des axes des tuyaux est de 30° .

Le jet d'air crée une dépression en amont de sa position dans le tube principal.

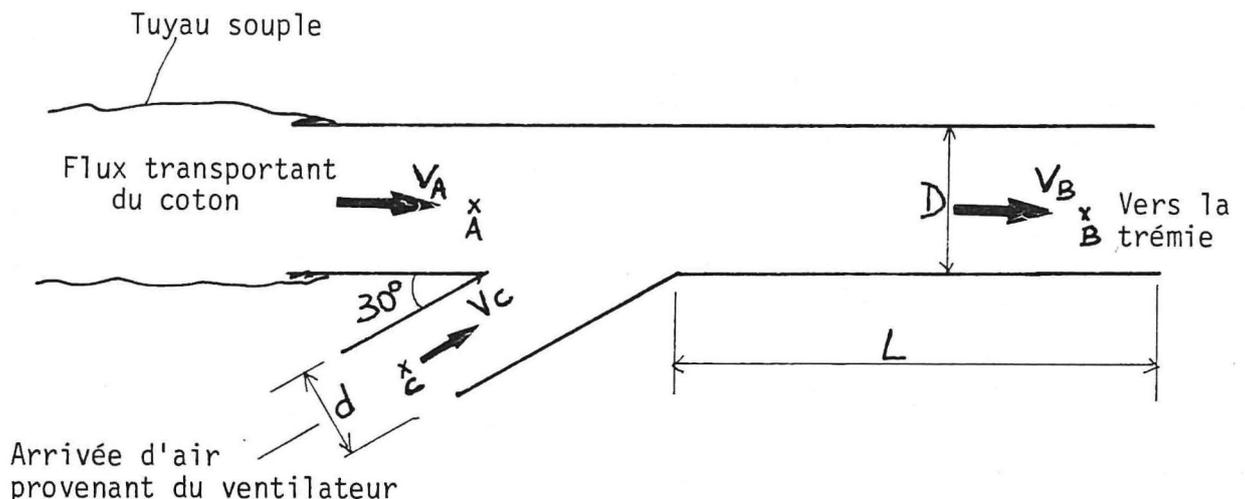


Fig. 42 : Schéma d'expérimentation du principe du jet d'air.

diamètre int. yau Arrivée coton (mm)	d, diamètre int. Arrivée air du ventilateur (mm)	Rapport des sections	L, Longueur partie re-foulement (mm)	Dépression en A (mm CE)		Vitesse en A (m/s)	Vitesse en B (m/s)
				A fermé	A ouvert		
27	46	0,34	1700	80	15	6	36
27	46	0,34	200	115	32	10	40
27	70	0,15	1000	30	-	-	-
32	36	0,79	300	70	-	12	-

Nous remarquons que la dépression créée pour ces différents rapports de section est très faible comparée à la pression du ventilateur qui est de 370 mm CE. Cela nous pousse à éliminer ce type de montage.

4.2. Le principe de l'injecteur aérodynamique

C'est le principe de la trompe à vide avec inversion des arrivées à cause de l'impossibilité de faire passer le flux transportant le coton par l'espace étroit aménagé autour du flux moteur-central. L'arrivée du coton est donc centrale.

Le fonctionnement de la trompe à vide est basé sur le fait que le ralentissement d'une vitesse V_1 à une vitesse V_x produit une augmentation de pression. Si le ralentissement est progressif, l'augmentation de pression correspond à la totalité de la différence des hauteurs représentatives des vitesses :

$$\frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_x^2}{2g}$$

La turbulence crée des pertes sous forme de chaleur et la disposition d'un divergent à l'aval du flux central permet de ramener la vitesse V_x à V ($V < V_x$) et de récupérer la pression résultant de cette nouvelle diminution de vitesse.

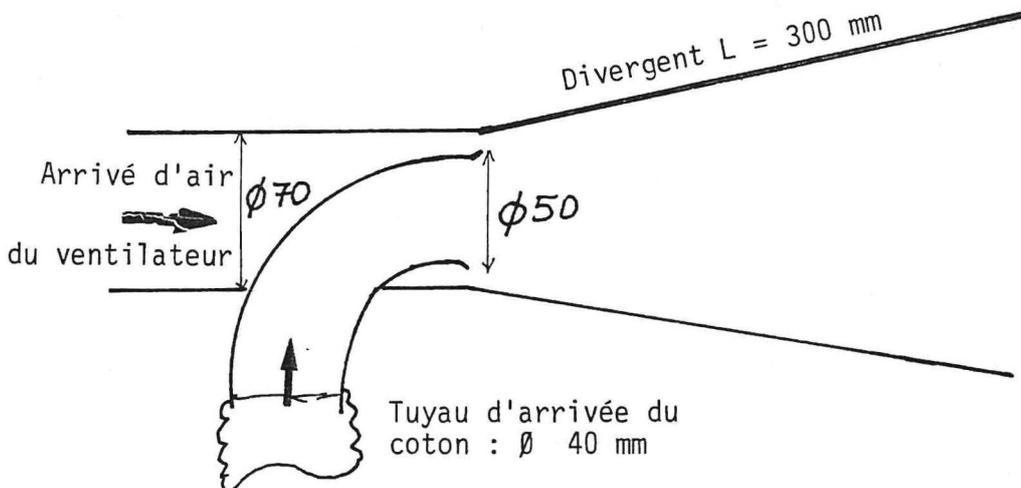


Fig. 43 : Schéma de l'injecteur aérodynamique

L'on a observé une mauvaise répartition de l'air dans le divergent. La dépression enregistrée est de l'ordre de 80 mm CE pour une pression du ventilateur de 420 mm CE. Cette dépression est très insuffisante pour transporter le coton. La faiblesse de la dépression est peut être liée à la turbulence constatée et créée par le tube central d'arrivée du coton.

4.3. Le principe des transporteurs des grains

Le modèle réalisé dans l'atelier du CEEMAT en vue de tester le principe est le suivant :

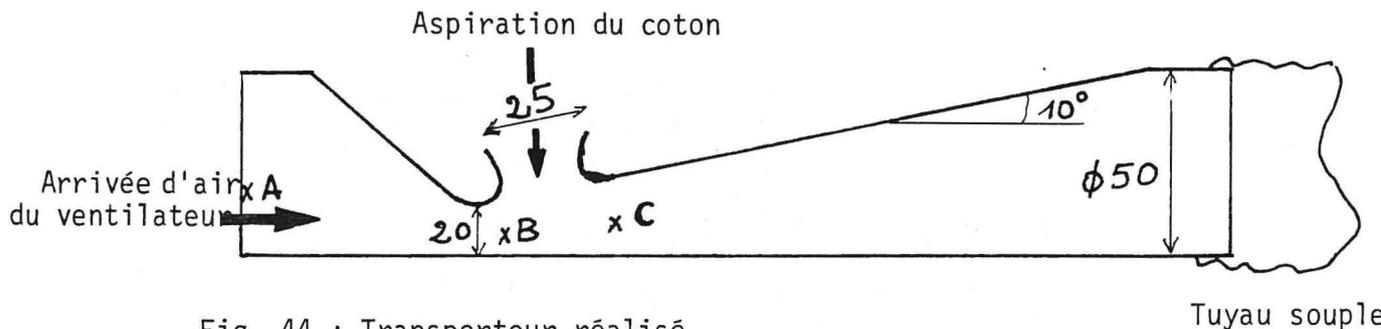


Fig. 44 : Transporteur réalisé

Placé à portée de main du cueilleur, le système exige deux tuyaux entre celui-ci et la machine : tuyau d'arrivée d'air sous pression et tuyau de collecte du coton. La disposition de ces tuyaux pour aboutir à un système pratique et opérationnel serait à rechercher.

L'accélération de l'air en B par suite de la restriction permet d'augmenter la vitesse et la dépression dans la zone d'entrée du coton.

Les essais réalisés avec un tuyau souple de 50 mm de diamètre et 10 m de long, ont révélé un refoulement au niveau de l'introduction du coton et ce dernier doit être poussé avec force pour qu'il soit transporté. L'aspiration se produit sans difficulté lorsque le tuyau souple est enlevé. Le refoulement serait peut-être dû à l'importance des pertes de charge dans le tuyau de transport du coton. Les mesures ont été effectuées avec et sans tuyau souple .

Transporteur du coton

	Avec tuyau souple	Sans tuyau souple
Pression totale en A	420 mm CE	420 mm CE
Vitesse en A	29 m/s	29 m/s
Vitesse en B	77 m/s	77 m/s
Vitesse de sortie de l'air	28 m/s	45 m/s

Nous pouvons constater la différence des vitesses de sortie de l'air quand le système est muni du tuyau souple ou en l'absence de celui-ci. Cherchons par le calcul, la valeur des pertes de charge dans le tuyau souple (\emptyset 50 mm, longueur 10 m). La formule donnant les pertes de charge par unité de longueur de tuyau est :

$$p = \frac{\bar{w}V^2}{100g De} \quad \text{où } \bar{w} = \text{densité de l'air}$$

$V = \text{vitesse de l'air dans le tuyau}$
 $De = \text{diamètre apparent du tuyau}$
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$$p = \frac{1,2 \times 28^2}{981 \times 0,05} = 19 \text{ mm CE/m}$$

Les pertes de charge dans le tuyau de 10 m s'élèvent à 190 mm CE, donc supérieures à la dépression créée entre C et D. Le bon fonctionnement du système par suite de l'enlèvement du tuyau souple est dû à l'absence de pertes de charge et donc à l'existence d'une dépression à l'orifice d'introduction du coton.

Ces pertes de charge ajoutées à celles créées dans le tuyau d'arrivée d'air (d'autant plus élevées que la vitesse est grande) conduiraient à rechercher des ventilateurs difficiles à trouver dans le commerce ou à rechercher d'autres rapports de section. L'obtention d'un système pratique et surtout fonctionnel n'étant pas plus certaine, nous avons préféré abandonner cette solution.

5. ETUDE ET CONSTRUCTION D'UN MODELE DE RECOLTEUSE BASEE SUR L'UTILISATION DU PRINCIPE DU VENTURI

Le dispositif de Venturi est un dispositif installé dans les conduites et qui provoque le rétrécissement du courant d'air. Il sert de débitmètre et son emploi est basé sur l'équation de Bernouillé qui met en relation la pression et la vitesse (109,112).

Un venturi comporte une partie qui se rétrécit peu à peu jusqu'à une section minimale correspondant au col. La partie rétrécie est appelée convergent. Le col est suivi d'un élément qui s'élargit graduellement et qui est appelé divergent.

A mesure que la section diminue, la vitesse du courant d'air augmente et la pression diminue. La vitesse est maximale au col. Elle diminue ensuite progressivement dans la divergent avec l'augmentation progressive de la section. La diminution de vitesse s'accompagne d'une augmentation de la pression statique. A la sortie du divergent la pression est la pression atmosphérique Pa. La pression au col est donc inférieure à Pa. Il apparaît donc, entre la section maximum et la section minimum, une différence de pression que l'on peut mesurer à l'aide d'un manomètre différentiel en U et qui est fonction de la vitesse. Au niveau du col on a donc créé une zone de dépression et le modèle de récolteuse de coton que nous nous proposons d'étudier utilisera cette dépression pour aspirer le coton depuis le cueilleur jusqu'à l'élément destiné au stockage. En effet dans un circuit d'air principal alimenté par un ventilateur, nous intégrons un venturi. Dans la zone de plus forte dépression, nous branchons des tuyaux d'arrivée de façon à aspirer le coton dans ces circuits secondaires et à l'éjecter ensemble avec la veine d'air principale qui le transportera ensuite.

5.1. Etude de la dépression créée par un venturi

Le but est de faire varier un maximum de paramètres du venturi afin d'observer les différentes conséquences sur la dépression. La section du col est l'un des paramètres importants. Pour la rendre variable, obligation nous est faite de travailler sur une section rectangulaire où il est commode de faire varier une dimension - la largeur -, l'autre, la hauteur, restant constante.

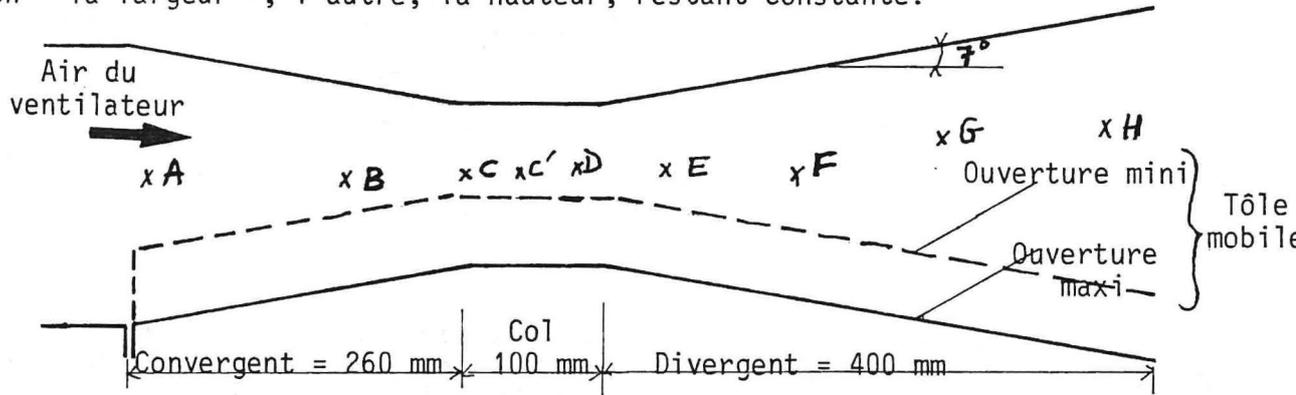


Fig. 45 : Coupe horizontale du venturi rectangulaire à section variable

La hauteur du col est constante et égale à 150 mm. La largeur du col varie de 10 mm (ouverture mini) à 50 mm (ouverture maxi). La section varie donc de 15 à 75 cm².

Le ventilateur utilisé pour l'alimentation du circuit principal est de Sobyvent Ventec (Fougal HD 13 G MI). Il est entraîné par un moteur électrique. A 3000 tr/mn il peut débiter 0,3 m³/s sous 350 mm CE. Les essais ont été faits à vitesse constante du ventilateur.

5.1.1. Mesures de pression statique et totale en différents points du venturi

Elles ont été effectuées pour deux sections du col : ouverture maxi et ouverture mini.

Les points de mesure sont des trous de \varnothing 4 mm.

Largeur maxi du col (50 mm)

Points de mesure	A	B	C	C'	D	D'	E	F	G	H
Pression totale (mm CE)	170	165	162		160	170	152	150	140	120
Pression statique mesurée avec le tube de Pitot (mm CE)	0	0	-150		-205	-160	-170	-110	-40	-15
Pression statique prise sur la paroi (mm CE)	-30	-20	-205	-220	-220	-205	-130	-90	-30	

Largeur mini (10 mm)

Pression Totale	420	390				400				10
-----------------	-----	-----	--	--	--	-----	--	--	--	----

Dans un venturi, la dépression est la pression statique au niveau de la paroi. Avoir une forte dépression revient donc à maximaliser la pression statique au niveau de la paroi pour une puissance minimum absorbée par le ventilateur.

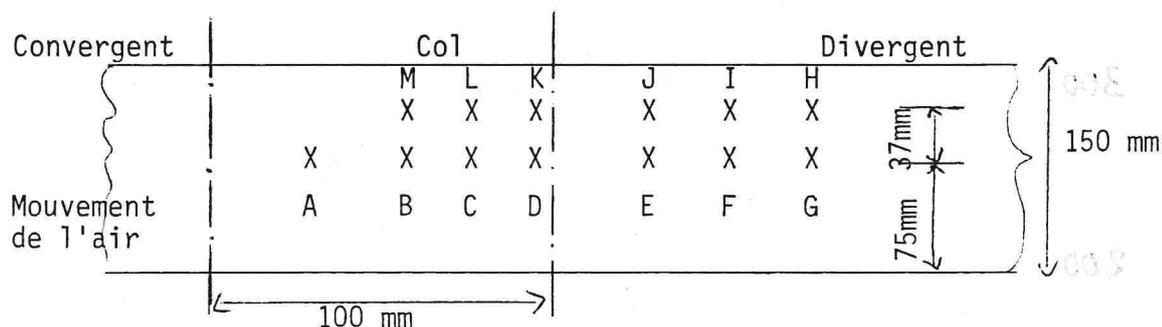
L'observation des mesures de la pression statique prise contre la paroi (dépression) révèle les plus grandes valeurs entre la fin du col et l'entrée du divergent.

L'on constate également que la vitesse n'est pas constante sur toute la section (existence d'un gradient de vitesse).

Examinons de plus près la zone du col et l'entrée du divergent par une étude plus fine.

5.1.2. Mesure de la pression statique contre la paroi en différents points du col et du divergent en fonction de l'ouverture du Venturi

Réalisons deux séries de trous dans la zone du col et du divergent, la première série à mi-hauteur du Venturi et la deuxième au 3/4 de la hauteur. Nous obtenons la disposition suivante :



Des mesures de dépression sont faites en chacun de ces points. Pour mieux observer les variations de dépression, portons les mesures sur un graphique représentant la dépression en fonction de la position des points de mesure, à ouverture constante du Venturi (Annexe IV).

Nous avons la confirmation que la dépression est maximum à l'entrée du divergent (points D et K). De plus, elle augmente quand la largeur du col diminue (en D ; 230 mm CE à 50 mm de largeur, 350 mm CE à 30 mm et 420 mm à 10 mm de largeur).

La dépression augmente dans le même sens que la vitesse de l'air. En effet la vitesse de l'air et la pression du ventilateur sont plus importantes quand la section de fuite est plus petite.

La dépression augmente progressivement depuis le convergent jusqu'à l'entrée du divergent. Elle diminue ensuite dans le divergent à partir de D, jusqu'à des pressions proches de la pression atmosphérique. La diminution de dépression dans le divergent est d'autant plus rapide que la largeur du col est plus faible. Ceci est le fait de la pression dynamique, fonction du carré de la vitesse, qui demeure très élevée quand la largeur du col est faible, mais aussi à cause de l'importance du rapport de sections entre col et divergent quand la largeur du col est faible.

5.1.3. Montage des tuyaux d'aspiration

Nous avons vu que la dépression est plus forte à l'entrée du divergent. L'arrivée des tuyaux ne pouvant pas se faire de façon ponctuelle comme les prises de mesure, le raccordement doit être progressif entre le col et le divergent. La difficulté est qu'il faut créer une dépression suffisamment importante sur toute cette longueur de raccordement pour l'aspiration du coton. Donc les sections de

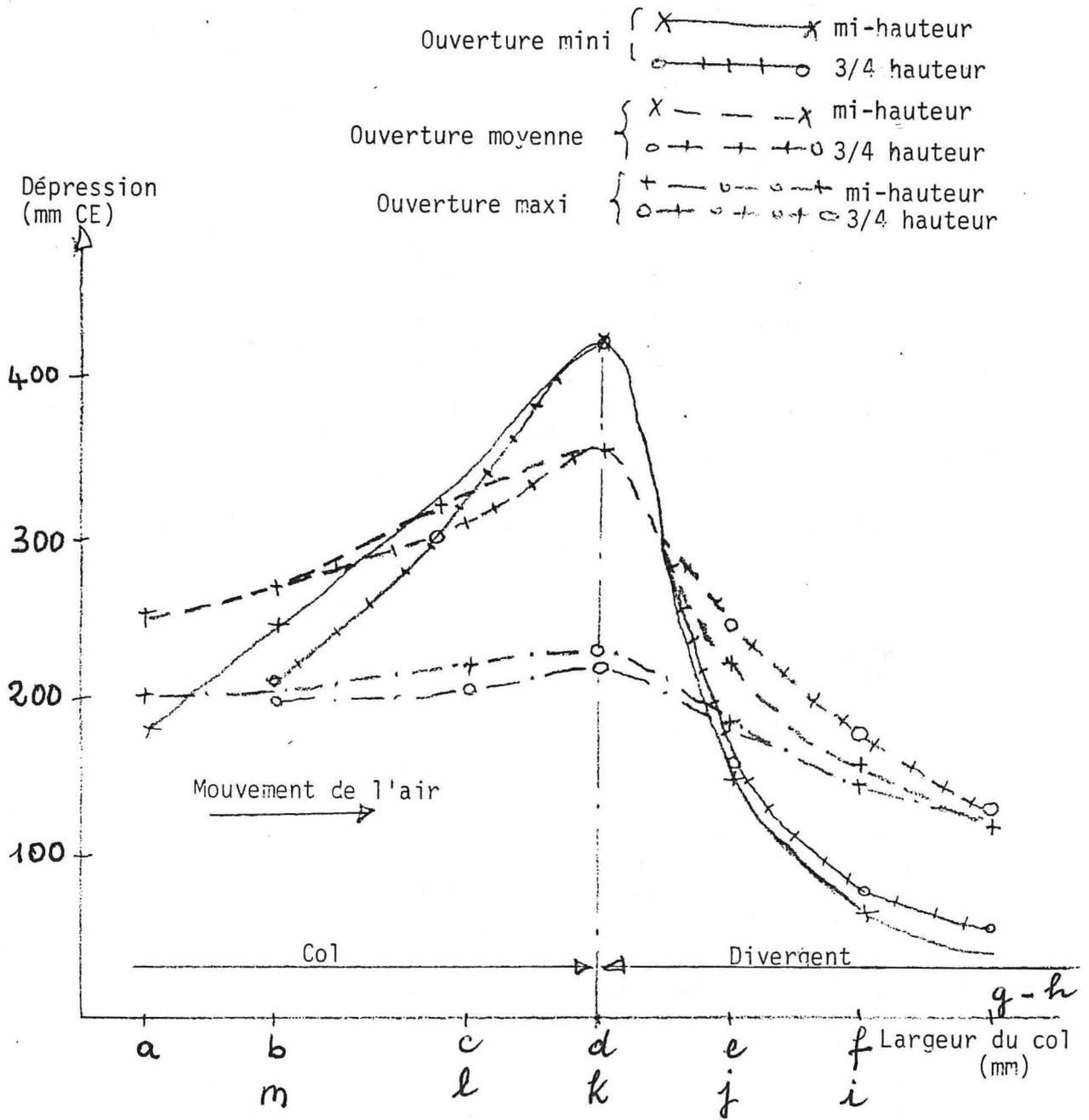


Fig. 46 : Variation de la dépression en fonction de la largeur du col

col donnant des valeurs de dépression chutant très brutalement dans le divergent telle que l'ouverture de 10 mm pourrait ne pas convenir.

Le montage de tuyaux de diamètre extérieur 40 mm a donc été réalisé. La dépression et la vitesse obtenues étant fonction de l'incidence donnée au tuyau, différentes incidences sont réalisées pour une étude comparée en faisant varier bien évidemment la largeur du venturi (cf. Annexe n°V). Les mesures effectuées concernent :

- la pression totale du ventilateur (P_t)
- la dépression créée dans le tuyau quand celui-ci est bouché ou ouvert.

Durant les essais le ventilateur est maintenu à son débit maximum.

D'une manière générale, la dépression dans les tuyaux est plus faible que celle mesurée sur la paroi. C'est la conséquence des perturbations causées par une zone d'attaque des tuyaux plus grande entraînant des perturbations dans l'écoulement.

L'incidence du tuyau a très peu d'effet sur la dépression. Cette dernière est meilleure dans le tuyau D, c'est-à-dire pour une incidence de 60°. Quant à la vitesse d'air dans le tuyau, la faveur est aux plus faibles incidences (vitesse plus faible pour 90°). Il se dégage, d'autre part, de ces mesures que lorsque la largeur du col est plus grande, le rapport de la dépression à la pression totale du ventilateur est meilleur. Ceci serait le fait d'une sensibilité moindre de la veine d'air plus large à la perturbation provoquée par l'arrivée du tuyau. Mais la dépression diminue quand la largeur augmente puisque la pression totale l'est aussi.

Pour la même raison, la vitesse de l'air dans les tuyaux est plus élevée quand la largeur du col du venturi augmente. Des vitesses plus élevées dans le tuyau E en aval du col dans le divergent illustrerait des perturbations plus faibles après la zone du col.

La veine d'air pour une largeur du col du venturi de 10 mm paraît trop étroite pour le passage des capsules de coton.

Le tableau de l'annexe VI fait état de l'interférence entre les différentes arrivées d'air dans la zone de raccordement. Les mesures sont effectuées dans les tuyaux quand un ou plusieurs autres tuyaux restent ouverts.

5.1.4. Conclusions

Cette importante étude permettant de faire varier différents paramètres et d'apprécier les effets, a réconforté les idées sur l'utilisation du Venturi dans un prototype de récolte du coton par aspiration.

Les résultats obtenus peuvent être améliorés par la suppression des angles vifs et la confection d'un raccordement progressif des différentes parties du Venturi (convergent - col - divergent). Cela évitera les décollements et diminuera les pertes de charge.

L'étude comparative des différentes incidences des tuyaux d'arrivée dans la zone du col a permis de retenir l'angle de 60° comme meilleure incidence.

Pour le raccordement des tuyaux d'arrivée, une disposition légèrement en aval du col, facilitera l'écoulement de l'air, d'où l'inutilité de la partie droite du Venturi et un avantage pour réaliser une tuyère "parfaite".

En considérant la hauteur de 150 mm au col du Venturi, une veine d'air d'au moins 20 mm de large est nécessaire pour permettre un passage aisé du coton à travers le col.

5.2. PERFORMANCES DU VENTURI A SECTION CARREE

Nous venons de dire que la partie droite du Venturi peut être réduite sans grand inconvénient sur le niveau de dépression obtenu. De plus, rechercher la réduction du débit d'air en conservant une dépression et une vitesse suffisantes serait louable.

En tenant compte du fait que le rapport de la dépression à la pression dynamique est meilleur quand la veine d'air est large et que l'espace au col doit permettre le passage du coton sans blocage, une épaisseur de veine d'air entre 20 et 30 mm semble être un choix raisonnable.

D'autre part, pour une section minimum, la forme de la section doit permettre une disposition homogène de quatre tuyaux (nombre arrêté pour le prototype).

Ces différentes remarques ont abouti au choix d'une section carrée au col où le côté mesure 56 mm, le diamètre extérieur des tuyaux d'arrivée étant de 40 mm. Chacun des côtés du carré reçoit un tuyau.

Ainsi le venturi suivant (fig. 47) à section carrée, a été réalisé et testé pour en connaître les performances.

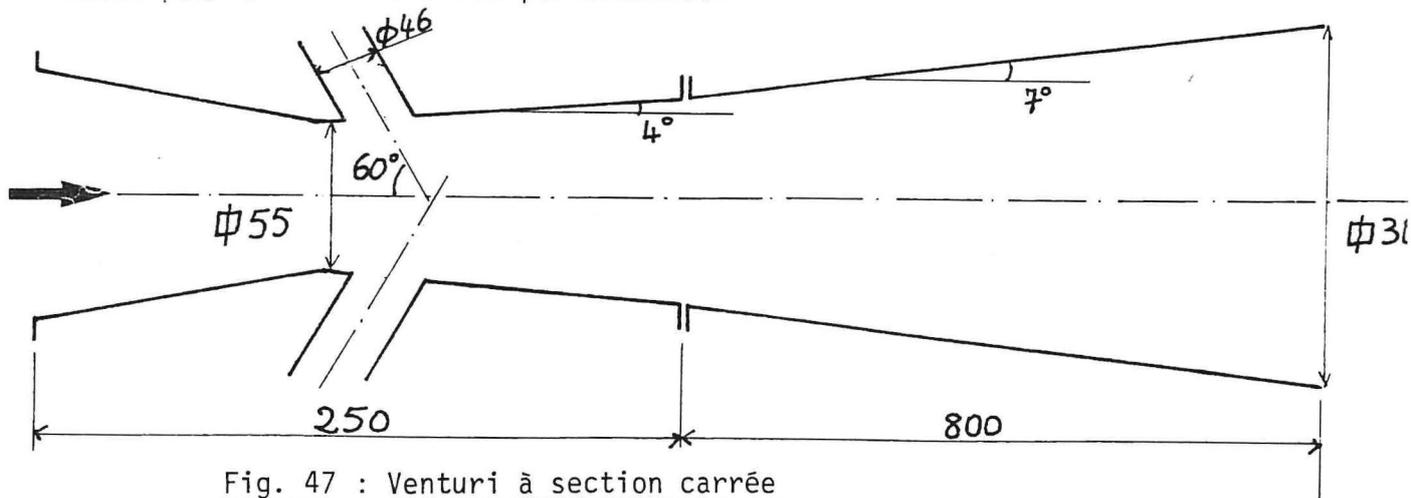


Fig. 47 : Venturi à section carrée

Après l'implantation des quatre tuyaux, ceux-ci ont été rallongés par des tuyaux souples :

- Arrivée gauche G, 10 m de tuyau souple,
- Arrivée droite D, 7 m de tuyau,
- Arrivée supérieure S, 12 m de tuyau,
- Arrivée inférieure I, sans tuyau et fermé pendant les essais.

Le venturi est alimenté par le ventilateur FOUGAL HD 13 G. Les mesures sont effectuées pour un débit du ventilateur de 0,28 m³/s sous 370 mm CE de pression d'une part, et d'autre part, pour un débit de 0,23 m³/s sous 245 mm CE.

Comme l'on a pu le constater sur le schéma, le divergent du venturi comporte deux parties. Les mesures sont faites avec ou sans la deuxième partie.

5.2.1. Mesures quand le divergent est raccourci

. Aspiration du ventilateur libre : Débit normal pression = 370 mm CE

	Tuyau S (G et D ouverts)	Tuyau G (S et D ouverts)	Tuyau D G et S ouverts	Tuyau I G, D et S ouverts
Dépression tuyau ouvert	35	35	15	
Dépression tuyau fermé	80	100	95	70

. Aspiration du ventilateur moitié fermé : Débit réduit, Pression = 245mm CE

	Tuyau S (G et D ouverts)	Tuyau G (S et D ouverts)	Tuyau D G et S ouverts	Tuyau I G, D et S ouverts
Dépression tuyau ouvert	25	30	10	
Dépression tuyau fermé	55	65	65	40

Une mesure de dépression tous les tuyaux fermés donne un niveau de dépression de 340 mm CE. Mais rappelons que c'est une condition extrême difficile à atteindre.

Nous constatons un rapport $\frac{\text{Pression totale}}{\text{Dépression}}$ constant quand le débit passe de 0,28 à 0,23 m³/s.

5.2.2. Mesures avec le divergent complet

. Aspiration du ventilateur libre ($P_t = 370$ mm CE)

	Tuyau S G, D ouverts	Tuyau G S, D ouverts	Tuyau D S, G ouverts	Tuyau I G, D, S ouverts
Dépression tuyau ouvert	40	55	25	
Dépression tuyau fermé	100	130	125	90
Dépression dans le tuyau fermé les autres étant aussi fermés	Tuyau S 400	Tuyau G 430	Tuyau D 400	Tuyau I 380

. Débit réduit, Pression totale = 245 mm CE

	Tuyau S G, D ouverts	Tuyau G S, D ouverts	Tuyau D S, G ouverts	Tuyau I S, G, D ouverts
Dépression tuyau ouvert	35	35	20	
Dépression tuyau fermé	70	80	80	60
Tous les tuyaux fermés	Tuyau S 250	Tuyau G 260	Tuyau D 240	Tuyau I 230

Il existe une similitude dans les résultats entre débit normal et débit réduit.

La longueur totale du divergent procure une augmentation de dépression puisqu'elle permet une transformation plus poussée de la pression dynamique en pression statique.

Pour rendre compte des conditions existant dans la zone de branchement des tuyaux quand les tuyaux souples sont montés des mesures ont été faites à ce niveau dans la veine d'air principale.

	Pression dynamique	Pression totale	Pression statique
Tuyaux S, G, D ouverts	470	350	- 115
Tuyaux fermés	680	320	- 360

Nous remarquons une augmentation de pression dynamique, donc de vitesse quand les tuyaux sont fermés.

En situation autres tuyaux ouverts, la dépression dans le tuyau fermé chute dans un rapport de 3. Ce qui pourrait être inquiétant pour le transport du coton.

5.2.3. Réduction du problème d'interférence entre les tuyaux

Un croisillon en deux tôles est monté suivant les diagonales du carré pour séparer les quatre arrivées de tuyau. Le cloisonnement concerne le convergent, le col et la première partie du divergent, soit une longueur de 250 mm.

Lors des essais, un tuyau de diamètre 50 mm et d'une longueur de 7 m est monté sur chaque arrivée.

Seules les mesures, le divergent étant complet (conditions meilleures) sont rapportées ici.

	Tuyau S	Tuyau G	Tuyau D	Tuyau I
Dépression dans le tuyau fermé, les 3 autres étant ouverts	270	255	220	355
Dépression dans le tuyau fermé, les 3 autres étant fermés	340	300	280	360
Vitesse de l'air dans le tuyau, les 3 autres étant ouverts (m/s)	11	11	13	14

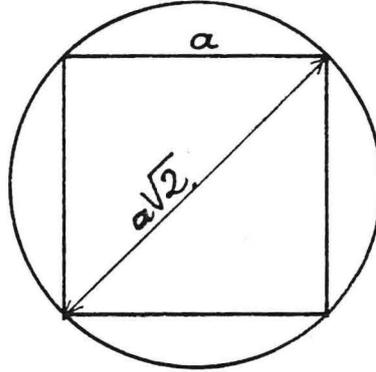
La pression du ventilateur au cours de ces mesures est de 390 mm CE, soit une montée en pression du ventilateur (370 mm CE de pression en fonctionnement normal). Cette augmentation de pression est certainement due à l'augmentation de pression dynamique liée à l'obstruction que représente le croisillon.

Comparés aux résultats obtenus sans croisillon, la pose de celui-ci apporte une amélioration très sensible de la dépression dans les tuyaux. La dépression sans croisillon est multipliée par 2,5 quand on a séparé les arrivées. L'on observe toujours une hétérogénéité de la dépression d'un tuyau à l'autre que le cloisonnement n'arrive pas à atténuer. Ceci est imputable à une mauvaise géométrie du venturi, des branchements de tuyaux et du croisillon.

Des essais de transport de coton ont eu lieu en atelier. Malgré une dépression suffisante pour transporter le coton, ils sont loin d'être concluants. La forme triangulaire des conduites à travers le venturi, obtenue après le cloisonnement n'est pas très commode pour le passage du coton et des bourrages ont été constatés soit dans le tuyau souple, soit à l'entrée dans le venturi.

L'on s'est donc orienté vers une section au col plus arrondie. D'où l'étude du venturi à section circulaire.

5.3. Venturi à section circulaire - Construction du prototype définitif de récolteuse de coton



Une section circulaire entraîne une augmentation du passage des capsules de coton et l'obtention d'une forme ronde facilitant la traversée du col du venturi.

Le diamètre donnée à la section du col est de 72 mm. Le divergent est réalisé en deux parties dont la première comporte la section minimum et un croisillon sur toute sa longueur. Elle est réalisée en plexiglas.

Le venturi est alimenté par un ventilateur centrifuge de 0,36 m³/s de débit sous 350 mm CE à 4000 tr/mn. L'entraînement du ventilateur est fait par un moteur Bernard de 3,3 kw à 3 600 tr/mn. La transmission du mouvement a lieu par courroie. Le rapport de transmission est 1,55.

5.3.1. La mesure de la dépression créée dans les tuyaux a donné les résultats suivants :

Tuyaux bouchés

Pression totale du ventilateur mm CE	vitesse de rotation du ventilateur tr/mm	Dépression dans les tuyaux (mm CE)			
		S	G	D	I
370	4 400	710	750	800	800
245	3 600	470	490	520	520

Seul le tuyau où s'effectue la mesure est bouché

Pression totale du ventilateur mm CE	Vitesse de rotation du ventilateur tr/mm	Dépression dans les tuyaux (mm CE)			
		S	G	D	I
370	4 400	560	455	530	610
245	3 600	380	350	385	370

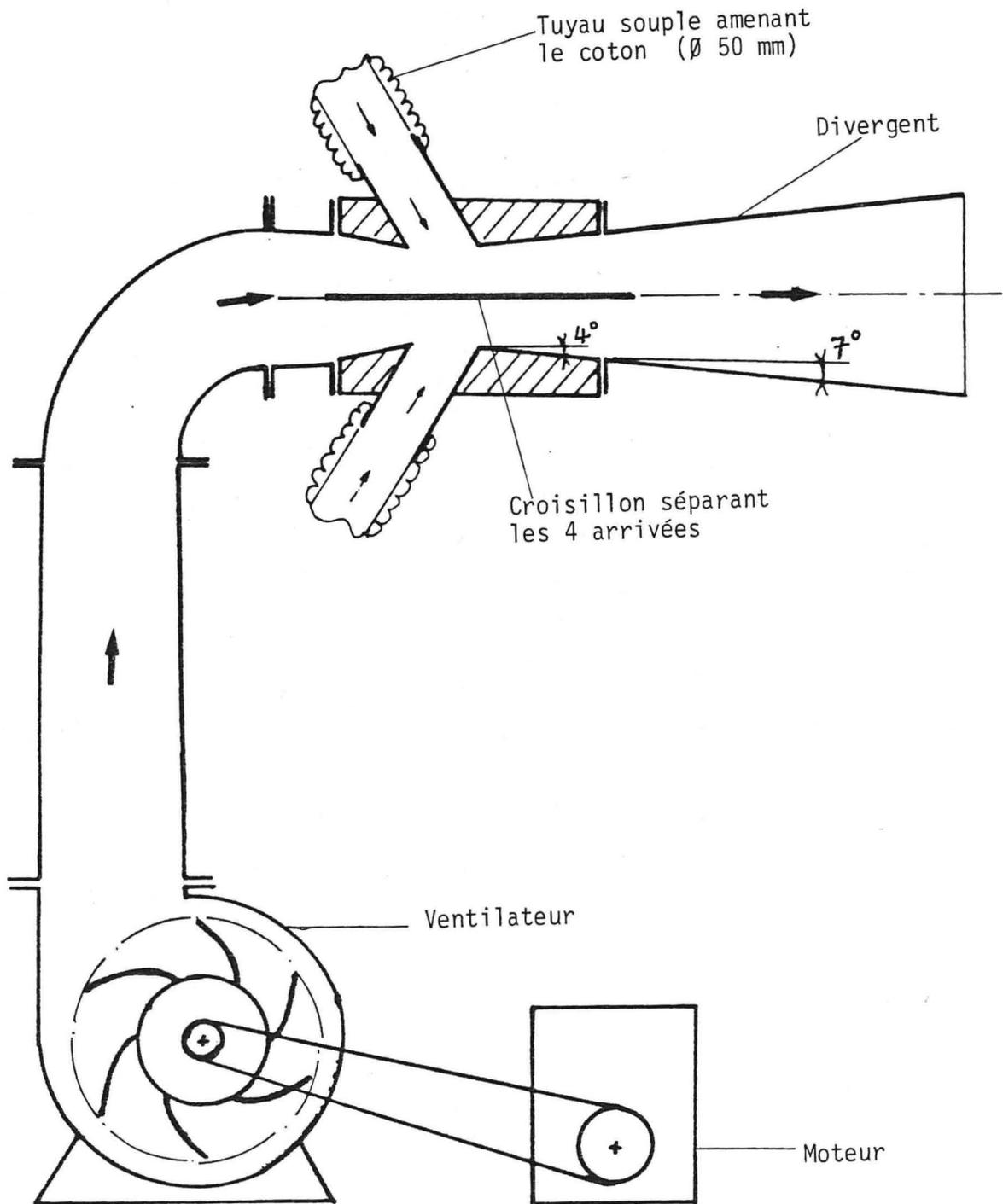


Figure 48 : SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DU PROTOTYPE DE RECOLTEUSE PAR ASPIRATION (CEEMAT, Antony)

Lorsque le ventilateur tourne à 4 350 tr/mn, la dépression est d'environ 720 mm CE. La vitesse de l'air dans le tuyau souple est alors de 16 m/s, tandis que celle à la sortie du divergent est de 40 m/s.

Une bonne géométrie du venturi ajoutée au faible coefficient de frottement de l'air sur le plexiglas ont permis d'enregistrer un rapport de la dépression quand les tuyaux sont fermés à la pression totale du ventilateur supérieur à 2 et de réduire la dispersion au niveau de la dépression dans chaque tuyau.

5.3.2. Etude des paramètres de récolte

Les procédés de récolte du coton par aspiration et par soufflage mettent en jeu une force qui doit séparer les lobes de coton de la carpelle les retenant. Il importe donc de connaître l'ordre de grandeur de cette force d'arrachage et les forces de vibration.

Dans le principe de l'aspiration, seule la force d'arrachage provoque le décrochage du coton, la vibration étant négligeable. Par contre, dans la récolte par soufflage, les deux forces s'exercent simultanément.

Dans ce paragraphe, nous procédons à des mesures d'effort d'arrachage sur des capsules isolées prélevées au moment de la mesure. Ces efforts nous permettent d'avoir une idée précise concernant le niveau de dépression ou de pression à atteindre en cas d'automatisation de la récolte par aspiration ou par soufflage.

5.3.2.1. Force d'arrachage du coton de sa capsule

Les mesures ont eu lieu au champ grâce à l'utilisation d'un petit dynamomètre à traction de 1000 g, gradué de 20 en 20 g. A l'aide d'un crochet et d'une pince, la capsule est accrochée au dynamo par son pédoncule. Un index coulissant dans une rainure indique, lorsque l'on tire sur le coton, la force d'arrachage, au moment de la séparation.

Nous avons pris en compte le facteur "durée de l'exposition ou date d'ouverture" en divisant la plante en deux parties : la partie haute et la partie basse, l'ouverture s'effectuant de bas en haut. Des séries de 50 ou 100 mesures ont été effectuées dans chacune des parties.

Plus généralement, la moyenne des efforts d'arrachage dans la partie haute du plant est inférieure à celle dans la partie basse. Cette différence peut être accentuée par les dernières pluies, celles-ci provoquant le tassement du coton dans la capsule, ou par des blessures dues aux insectes. Après une piqure par un insecte, il y a sécrétion d'une substance, qui en séchant, colle le coton au carpe rendant la séparation difficile.

Le temps étant beaucoup moins sec, au centre du pays, au moment de la récolte du coton, les valeurs enregistrées dans cette région sont plus homogènes et plus regroupées que celles de la région du Nord.

En considérant les échantillons que constituent nos mesures, nous constatons une forte dispersion, l'écart-type calculé à partir des mesures, étant très grand. Cette dispersion est moindre dans la région du Centre (cf. Annexe VII).

Les mesures donnent des forces d'arrachage dans une fourchette relativement étalée : environ 30 à plus de 1000 g (cf. annexe VIII).

Le prototype de récolteuse par aspiration à Venturi à section circulaire dans le cas d'une aspiration directe du coton, est équipé d'embouts de différents diamètres (0/ 30, Ø 27, Ø 25, Ø 23,5). La dépression dans les tuyaux est de l'ordre de 800 mm d'eau quand tous les tuyaux sont bouchés. Lorsque les autres restent ouverts, elle chute à 550 mm environ dans le tuyau où elle est mesurée.

Cette dépression provoque dans chaque tuyau une force de pression correspondant au produit de la dépression par la section du tuyau. Pour l'embout de diamètre 23,5 mm cette force est de l'ordre de 347 gf, alors qu'elle est de 565 gf pour le diamètre d'embout le plus grand, 30 mm.

Ces valeurs sont maximales car nous considérons que l'entrée des embouts est bouchée par le coton, au moment de son passage. Ce qui n'est jamais le cas. Le coton est toujours traversé par des filets d'air pour les sections d'embouts dont nous disposons.

L'efficacité de la force due à la dépression dans les tuyaux est meilleure avec les plus petites sections, les chances de boucher instantanément l'embout au moment du passage du coton, étant plus grandes. Les embouts de 23,5 et 25 mm) de diamètre auront donc un meilleur comportement lors des essais de récolte par aspiration directe du contenu capsulaire. Le rapprochement de la force exercée par la veine d'air dans les tuyaux des mesures d'efforts d'arrachage réalisées au champ sur des capsules, nous montre qu'une bonne partie des capsules des variétés testées, peuvent être aspirées grâce à la dépression créée à l'entrée des embouts.

Mais une proportion suffisamment importante de capsules (10 à 15 %) ont des efforts d'arrachage supérieurs à la force d'aspiration de la machine.

Outre, l'utilisation partielle de la force d'aspiration par suite du passage d'air dans les tuyaux, la tendance du coton à l'effilement sous l'action de cette force, ajoute une difficulté supplémentaire pour vaincre la résistance du coton.

Le pourcentage de capsules non aspirées sera donc plus élevé. L'efficacité de l'aspiration dépendra du diamètre des embouts, de la forme des capsules.

Etant donné que l'on ne peut diminuer indéfiniment la section des embouts ni changer la forme des capsules de coton, l'obtention d'une grande capacité d'aspiration signifiera une augmentation de la dépression. Au stade actuel du prototype cela impliquerait une augmentation de la puissance absorbée par le ventilateur et par conséquent de la puissance du moteur d'entraînement. La répercussion sur le prix serait un handicap économique pour la machine.

5.3.2.2. L'effet vibratoire et l'effet de choc

L'application de forces vibratoires traduisant un effet de choc sur la plante, entraîne la séparation du coton de la capsule. La transmission de la force vibratoire peut se faire de deux façons, soit à la base du plant, soit sur toute la longueur de la plante. Si la force s'applique à la base du plant, les caractéristiques physiques du plant (robustesse et flexibilité) doivent permettre la transmission sans casse ni absorption. Dans tous les cas, le coton décroché doit parvenir à sortir du plant. La taille, la configuration et la masse végétale du plant influencent le pourcentage de coton effectivement décroché et sorti de la plante (38). Il faut craindre en effet que celui-ci ne se loge et ne s'entremêle dans les branches ou que toute la capsule entière ne casse sous l'action de la vibration ou du choc (Annexe X).

Applicable dans le procédé de récolte par soufflage, le phénomène vibratoire et de choc n'a pas bénéficié d'une étude de laboratoire pour que l'on juge de la fréquence de choc ou de la direction à donner au jet d'air.

De plus, la création d'un deuxième flux d'air est nécessaire pour aider la sortie du coton du plant et le transporter jusqu'à la zone de récupération.

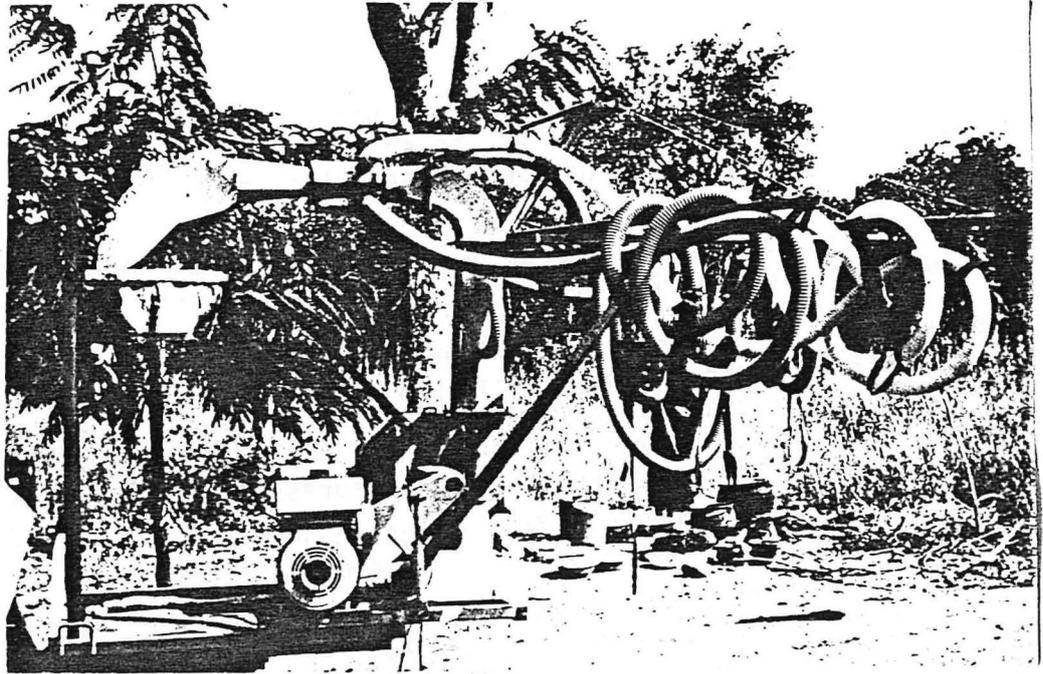
5.3.3. Essai du prototype C.E.E.M.A.T. à section circulaire en Côte d'Ivoire

5.3.3.1. Assistance à la récolte manuelle

1) Utilisation du prototype

Les motivations de la construction de ce prototype ont été le transport pneumatique du produit cueilli jusqu'à un récipient de grande capacité et la suppression du port du poids du produit durant la journée de travail. Pour conserver la qualité du coton, le geste de cueillette manuelle est maintenu.

Photos n° 11



a)



b)

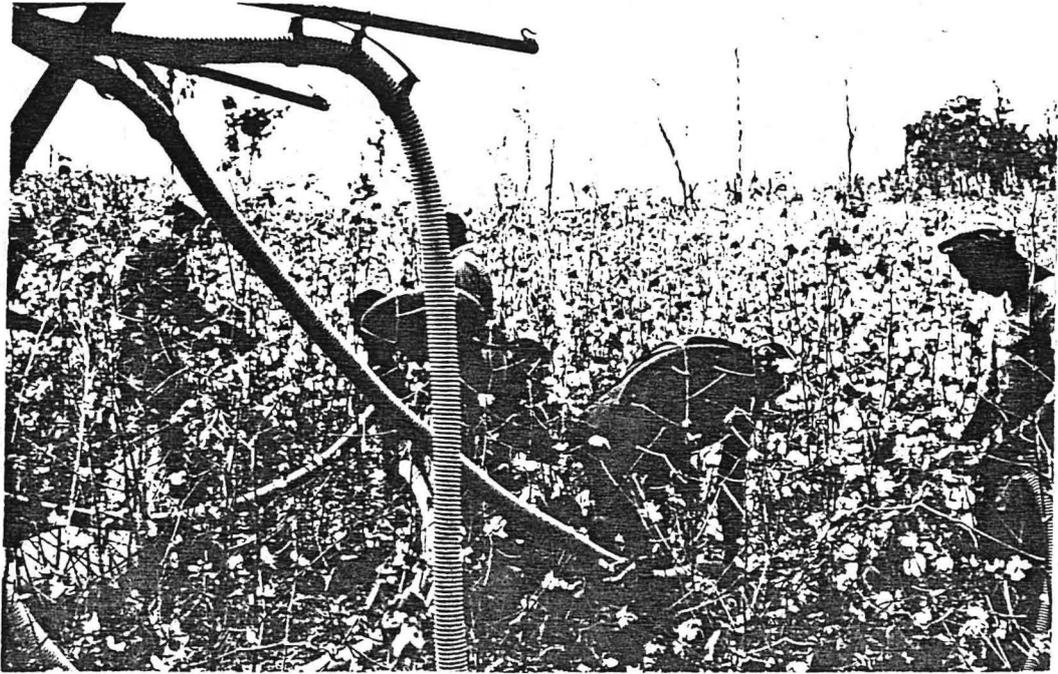


c)

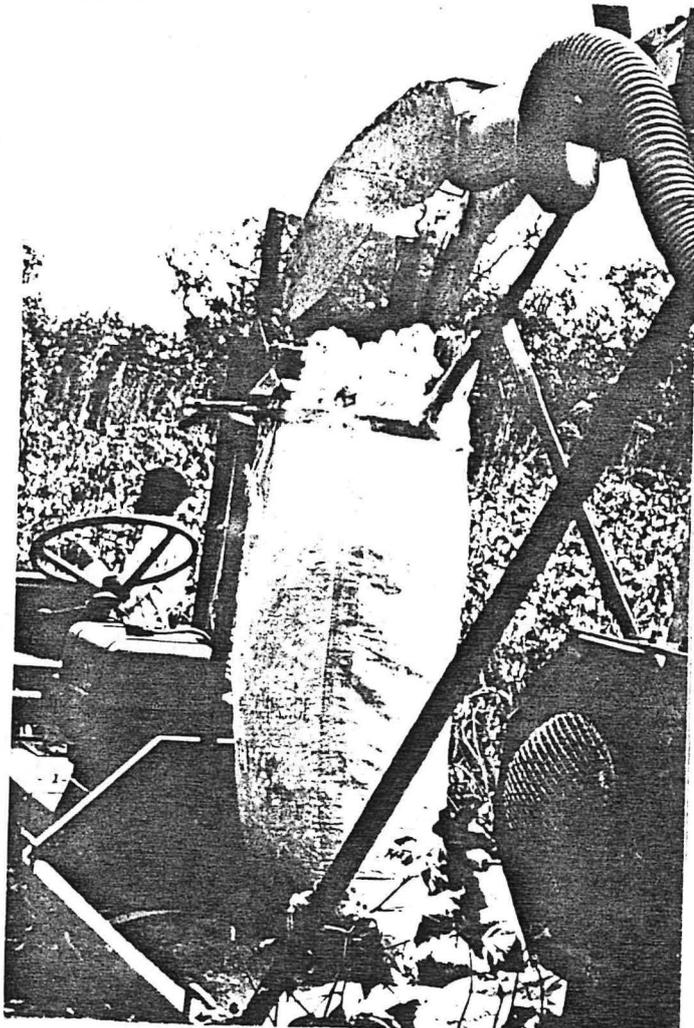
a) Schéma général de la récolteuse par aspiration CEEMA. Fixation sur le plateau du tracteur Bouyer

b) Aide à la récolte manuelle : décrochage manuel du coton + transport pneumatique

c) Aspiration directe du coton



a) Utilisation de la machine par quatre opérateurs



b) Ensachage directe du produit aspiré

Ce procédé a été beaucoup moins attrayant, ne répondant pas aux aspirations des paysans et à l'idée qu'ils se font de la mécanisation en général.

5.3.3.2. Récolte par aspiration directe du contenu de la capsule

Les entonnoirs sont remplacés par quatre embouts de diamètres différents et présentant une restriction. (\emptyset 30 - \emptyset 27 - \emptyset 25 - \emptyset 23) (Photos n° 11 c et 12).

Le tuyau est tenu à la main, la deuxième restant libre. Cette main libre est utilisée à l'immobilisation des capsules devant la bouche d'aspiration ou à la cueillette des capsules qui ne sont aspirées et qui demanderaient une dépression plus forte. Ici, la liberté des mouvements est plus grande.

1) Essais et résultats

BOUNDIALI

Q (kg)	16,6	16,4	
T (h)	1h10	1h05	
R (kg/h/bouche)	3,56	3,8	3,7

BOUAKE

Q (kg)	28	24	45,5	20	32,7	34,5	61	62	
T (h)	1h39	1h09	2h15	0h52	1h19	1h36	2,41	2,47	
R (kg/h/bouche)	4,24	5,22	5,05	5,77	6,21	5,39	5,68	5,57	5,4

Variation : 4,2 à 6,2 kg/h

2) Avantages et limites

Le principe de l'aspiration directe a eu l'adhésion de bon nombre de paysans et techniciens de la culture cotonnière, même s'il a relancé une certaine polémique. Ce fut l'occasion d'apprécier le chemin parcouru dans la voie de la récolte mécanique du coton et d'émettre de nombreuses critiques.

Aller chercher le coton de capsule en capsule n'est pas aisé, lorsque l'on veut atteindre une productivité élevée. La vitesse du bras d'une capsule à l'autre et la quantité ramassée à chaque passage deviennent alors des facteurs limitants.

La liberté de l'utilisation des deux mains à la cueillette étant une condition pour augmenter dans ce procédé la productivité du récolteur, il est nécessaire de maintenir à une position fixe le réceptacle. Ce réceptacle est un entonnoir dont la partie en contact avec le corps est aplatie. Il est emmanché sur la bouche d'aspiration. Une ceinture et une sangle en bandoulière permettent le maintien de l'entonnoir à la taille et du côté du ventre. (Photo n° 11 b).

2) Différences avec la récolte manuelle classique

Les impressions des travailleurs confirment l'aisance au travail et la liberté totale de tout mouvement. Par conséquent, le travail de récolte devient moins fatiguant et moins pénible. Nous serions donc tentés de conclure à l'obtention d'un meilleur rendement du cueilleur. Mais, soyons prudents car l'étude qui précède n'a pas permis de déceler beaucoup de temps passé au transport et à la vidange du produit.

3) Essais et résultats

Pour la commodité des essais et pour permettre d'entrevoir des possibilités quant aux systèmes adaptés (amélioration avec ou sans motorisation), le prototype a été monté sur le plateau avant d'un tracteur Bouyer. De plus, des sacs ont été utilisés pour réceptionner le produit après le transport pneumatique afin de procéder à une pesée immédiate après remplissage, et d'établir un suivi plus rapproché de l'évolution du rendement au cours de la journée. Le conducteur du tracteur remplace les sacs quand ils sont pleins. (Photo n° 11 a).

Les récolteurs travaillent sur deux demi-rangs. Au cours des essais, l'utilisation des deux mains à la cueillette n'a jamais été constatée, un entraînement préalable étant nécessaire.

BOUNDIALI (Nord de la Côte d'Ivoire)

Qté récoltée (kg)	44,5	86	17,5	76	28	59	39,4	38,5	65	44	
Temps mis (h)	2h15	4h15	0h55	4h17	1h32	3h	2h	2h	2h47	2h	
Rendement horaire (kg/h/bouche)	4,94	5,06	4,77	4,43	4,56	4,92	4,92	4,81	5,84	5,5	5

Fourchette de variation : 4,4 à 5;8 kg/h

BOUAKE (Centre)

Quantité (kg)	48,5	33	
Temps (h)	2h17	1h50	
R (kg/h/bouche)	5,31	4,5	4,9

De plus, quand on ne peut pas aspirer la totalité des capsules présentes sur le plant, le problème prend une autre envergure. Ainsi, dans le cadre des essais, au Nord notamment, la dépression dont on disposait, ne permettrait pas d'aspirer les capsules du tiers bas des plants, laissant penser à une influence des conditions climatiques, sur la force d'arrachage du coton.

La nécessité d'une défoliation préalable s'est faite sentir pour préserver la même qualité qu'en cueillette manuelle et peut-être accélérer le travail. Néanmoins, la propreté du produit aspiré reste largement dans les limites acceptables.

L'utilisation de quatre embouts de diamètres différents a permis de mettre en évidence l'impact de la restriction sur le décrochage du coton et la liaison avec l'efficacité de la dépression. En effet, la dépression maximale est obtenue dans le tuyau quand celui-ci est bouché.

Le rapport est de 2 à 1 entre dépression et pression du ventilateur. Plus l'embout est petit, plus nous sommes proches de ces conditions, tous les lobes de coton aspirés en même temps, bouchant instantanément l'entrée de l'embout. Les essais ont montré un décrochage plus net et plus rapide avec les diamètres 23 et 25 mm.

Les capsules difficiles à aspirer sont celles dont la force d'arrachage est très élevée, celles dont la dehiscence n'est pas complète et le coton ne floconne pas à l'extérieur, ou celles dont le coton s'effile et éloigne des conditions de bouchage de l'embout.

5.3.3.3. Confrontation de la récolte par aspiration...

1) Avec la récolte manuelle classique

Lors d'une première enquête dans la zone cotonnière, nous avons enregistré une moyenne horaire de 3,8 kg/h par cueilleur. Sur la ferme expérimentale du Centre Ivoirien de Machinisme Agricole à FORO-FORO, où les manoeuvres ont compris l'importance des essais, la moyenne a légèrement augmenté : 4,5 kg/h.

Les essais du prototype de récolte par aspiration ont conduit à l'obtention de résultats très médiocres à BOUNDIALI, 3,7 kg/h et très justes de 5,4 kg/h à FORO-FORO.

Comparée donc à la récolte manuelle classique, la récolte par aspiration n'apporte que 16 % à 29 % de gain, qui ne justifie pas du tout les moyens mis en oeuvre. Quand nous nous rendons compte que 38 % des récolteurs ont à peine atteint 3 kg/h au cours de l'enquête (gain 44,5 %) nous sommes tentés d'être moins pessimistes. Mais, il est aussi difficile de faire oublier que sur la parcelle d'essai de BOUNDIALI, l'aspiration s'est située à - 16 % par rapport à la récolte manuelle.

Avec certains systèmes de récolte par aspiration déjà expérimentées, les rendements horaires ont été les suivants :

RENDEMENTS HORAIRES - RECOLTE PAR ASPIRATION

	AFRIQUE DU SUD	BARBADE	CUBA (81)	CAMEROUN (80)
Aspiration directe	7kg/h par ouvrier	1 à 3 kg/h meilleur rendement = 3,6 kg/h	82 kg/h	5,4 kg/h
			(4 personnes)	
Rendement horaire de la machine	6 tuyaux d'aspiration 42 kg/h	8 tuyaux d'aspiration 8 à 24 kg/h (28,8 kg/h)		4 tuyaux d'aspiration 20 22,6 kg/h

Seuls les essais menés à CUBA et en Afrique du Sud sont plus satisfaisants (prototype sud-africain : 45,7 % de gain par rapport à la moyenne horaire issue de l'enquête 1981-1982).

Néanmoins, les essais de la récolteuse par aspiration ont montré une plus grande régularité dans la quantité récoltée et une variation plus réduite des rendements horaires.

De plus, le produit récolté est d'une qualité comparable à celle du produit récolté à la main.

En effet, l'essai comparatif entre récolte manuelle et récolte, réalisé par le laboratoire de technologie de l'IRCT, révèle que les qualités physiques de la fibre ne connaissent pas de différence significative, aucune altération n'étant constatée.

Les déchets éliminés par l'égreneuse ont été soigneusement examinés. Dans la récolte à la machine, on trouve des bouts de rameaux fructifères, des pétioles longs de 6 à 8 cm, quelques carpelles entiers ou partiels et de nombreux débris de feuilles, qu'on ne rencontre pas en récolte manuelle ou très peu. Mais les tests d'égrenage au rouleau à l'IRCI, et en vraie grandeur à l'usine d'égrenage de la CIDT, permettent de conclure qu'il n'existe aucune différence réelle entre les deux façons de récolter.

Donc, les qualités technologiques de la fibre et celles d'égrenage ne sont pas affectées par la machine de récolte par aspiration du contenu capsulaire.

2) Avec d'autres systèmes de récolte manuelle visant à améliorer la récolte

Il s'agit précisément des systèmes utilisant le long sac américain et la hotte. Les résultats que nous utilisons ont été relevés sur la même parcelle de FORO-FORO qui a servi aux essais.

Rappelons les données de l'aspiration :

- BOUNDIALI : 3,7 kg/h
- FORO-FORO : 5,4 kg/h

	SAC AMERICAIN		HOTTE	
FORO-FORO	5,25 kg/h	- 2,7 %	5 kg/h	- 7,4 %

La récolteuse par aspiration n'a contribué qu'à une amélioration des rendements horaires de 3,7 % et de 8,3 % par rapport respectivement au long sac américain et à la hotte.

3) Avec le système de transport pneumatique

	Transport Pneumatique	Récolte manuelle classique	Sac Américain	Hotte
Enquête (1981-1982)		3,8 kg/h		
BOUNDIALI	5 kg/h	4,4 kg/h		
FORO-FORO	4,9 kg/h	4,5 kg/h	5,25 kg/h	5kg/h

Les chiffres parlent en eux-mêmes. La différence entre aspiration directe et assistance à la récolte par transport pneumatique, elle, non plus, n'est pas significative.

Vu une situation très peu encourageante après les essais, nous avons pensé à une machine plus complète, éliminant tous les récolteurs et qui augmenterait la vitesse de travail et donc la productivité.

5.3.3.4. Compression du plant et création d'une zone d'aspiration autour du plant

1) Description

Le but de cette manipulation est de faire un pas dans la recherche d'une machine automotrice par aspiration.

Pour cela, deux tôles arrondies à l'avant pour mieux amener la végétation et les capsules dans la zone où sont disposés les tuyaux d'aspiration, sont montées face à face sur un bâti constitué de 2 tubes de fer pleins. L'une des tôles est soudée aux tubes et l'autre coulisse sur les tubes de manière à rendre variable l'écartement entre les deux tôles. La distance maximale de réglage est de 50 cm. Chaque tôle comporte une fente rectangulaire verticale. Tout le long de la fente, une glissière est aménagée en rivetant une lamelle de tôle sur les deux bords. Nous n'avions plus qu'à glisser les embouts dans la glissière pour les maintenir fixes dans la fente. Grâce à des plaques d'égales largeurs, de multiples positions ont pu être données aux embouts d'aspiration, en bouchant avec ces plaques, les vides laissés dans les fentes après disposition des embouts (*Photo n° 13 et Figure n° 49*)

2) Résultats

Le regroupement de la végétation des plants de cotonniers dans l'espace entre les deux tôles lorsque nous resserrons celles-ci, crée une masse si importante que les capsules de coton sont cachées pour la plupart ou mises dans des positions telles qu'elles ne se présentent pas coton vers les bouches d'aspiration. Les capsules, se présentant de dos, voient leurs carpelles aspirées et collées aux bouches, empêchant toute entrée de coton.

L'interposition des branches entre les capsules et les bouches d'aspiration provoque soit la non aspiration du contenu capsulaire, soit, quand il y a aspiration, un enroulement du coton sur les branches. Dans ce cas, le coton s'effile sans pouvoir passer dans la bouche d'aspiration.

La zone d'action des bouches d'aspiration est très faible. Par conséquent vu l'importance de la végétation, les capsules du milieu passent sans être aspirées. Dans ces conditions, la tentation est grande de chercher à resserrer les deux tôles. Alors on se heurte à la compacité de la masse végétale.

Lorsque nous disposons les bouches d'aspiration côte à côte, deux bouches consécutives aspirent quelquefois les mêmes lobes de coton qui se mettent en U sur les deux bouches et n'avancent plus. Dans la disposition en quinconce des embouts, la zone libre entre les bouches est sans effet d'aspiration du fait de la faible dépression et les capsules dans cette zone passent intactes ou partiellement aspirées.

La vitesse de passage de la zone d'aspiration par rapport aux capsules a une influence sur l'arrachage et l'aspiration des lobes.

En conclusion, les conséquences d'une telle utilisation de l'aspiration paraissent défavorables et nous amènent à y surseoir momentanément.

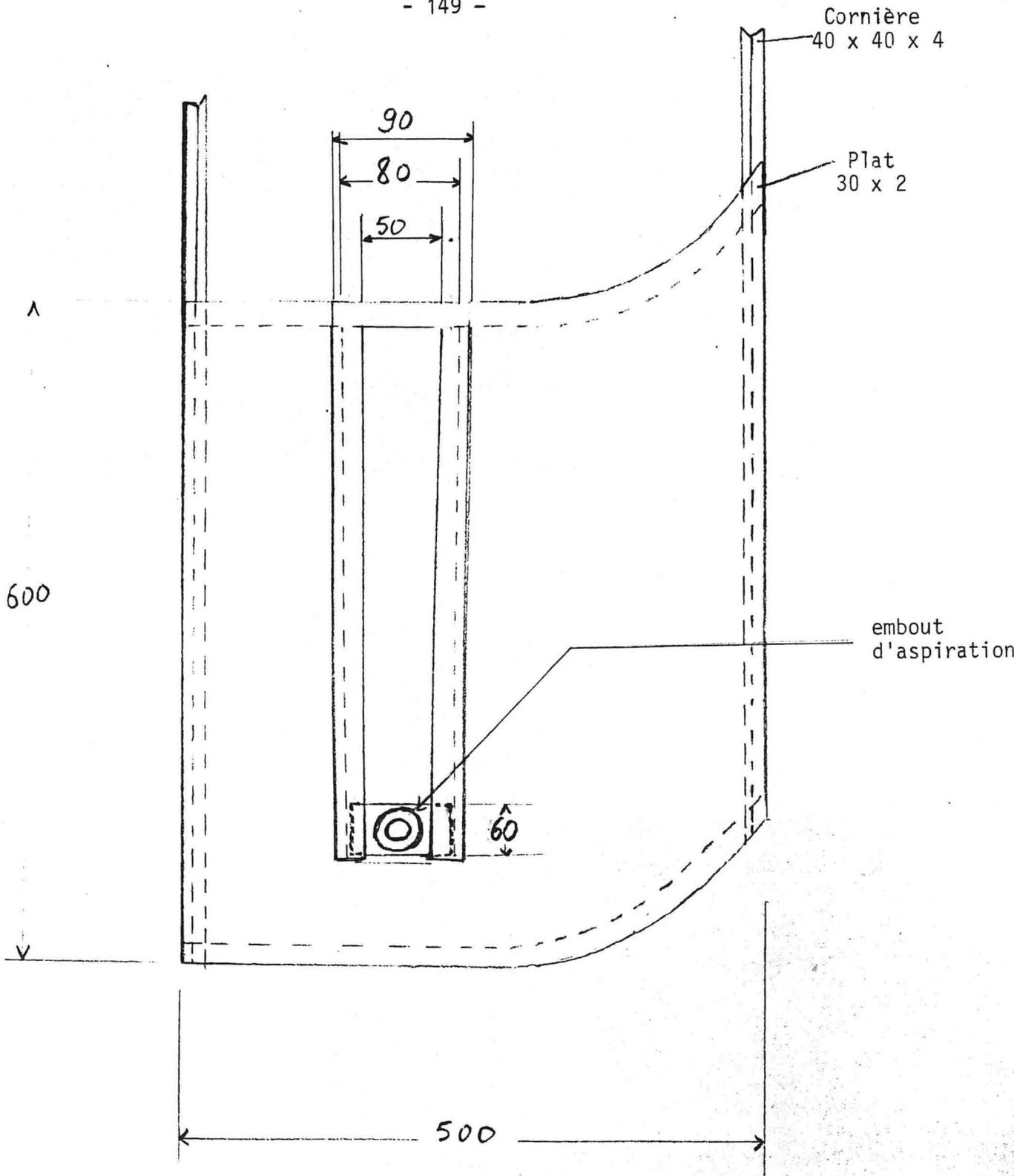
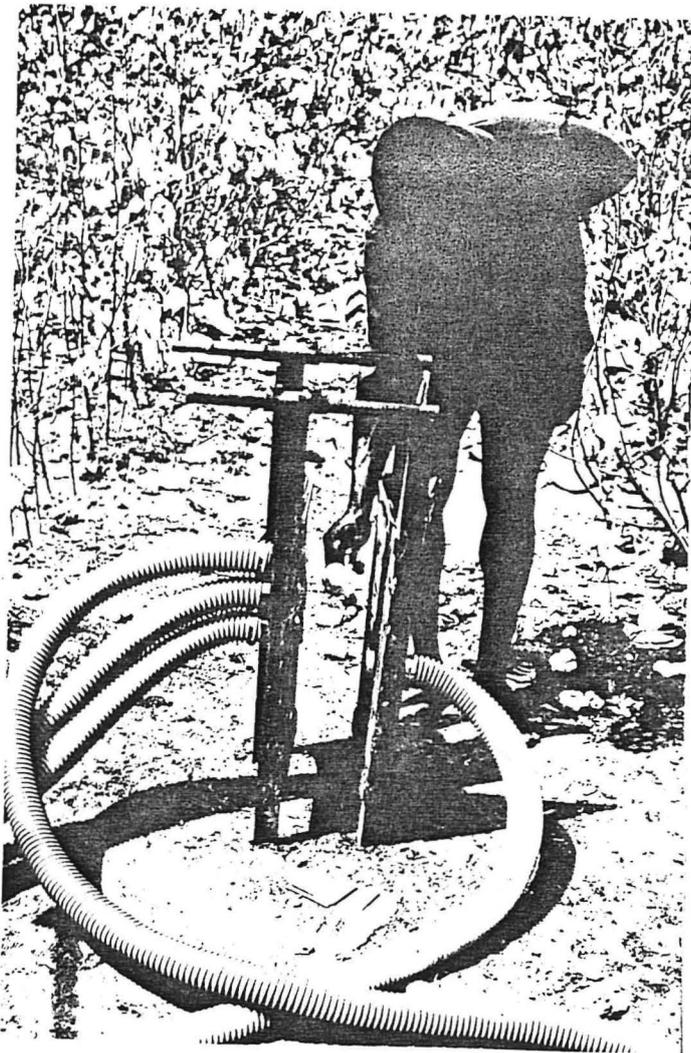
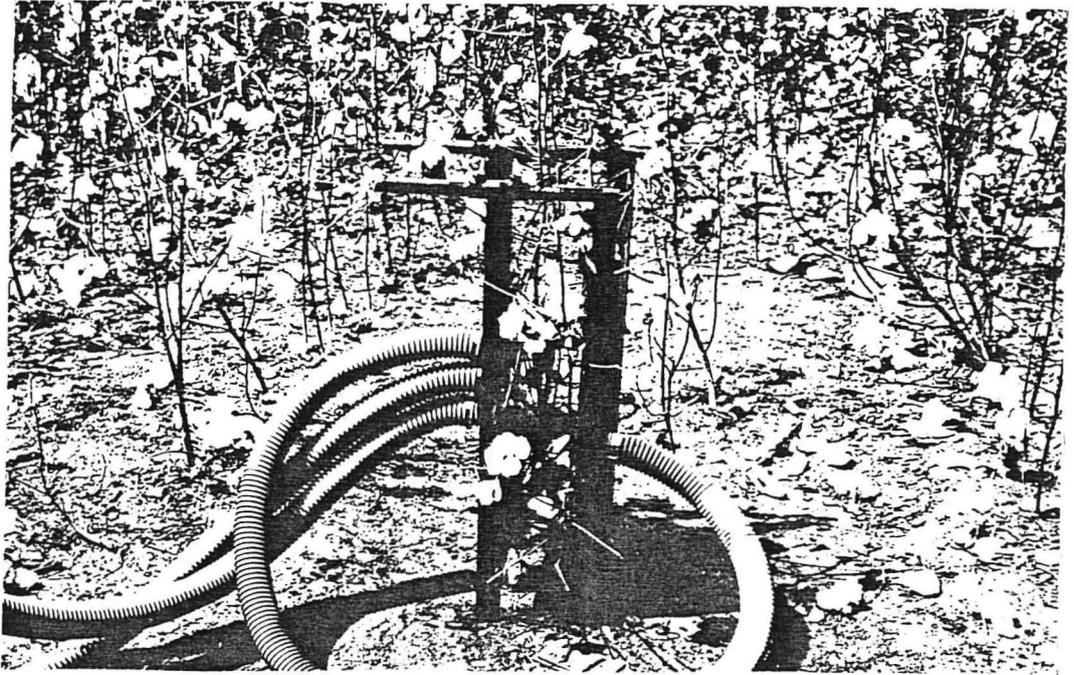


Fig. 49 : Plaque de compression des plants de cotonniers pour une aspiration automatique

Photos n° 13 : Essai de compression des plants et d'aspiration directe



5.4. Conclusions sur la récolte par aspiration

Le principe du venturi permet d'atteindre des niveaux de dépression suffisamment élevés pour provoquer le décrochage puis le transport du coton jusqu'à une trémie de stockage. L'inconvénient le plus sérieux, mais à jour par les essais (et nous amenant à conclure comme bien d'autres études antérieures) est la lenteur de ce procédé de récolte, ne permettant pas de conduire à une productivité supérieure à la récolte manuelle. La récolte par aspiration n'est donc pas une opération économiquement intéressante et même une multiplication du nombre de bouches d'aspiration pour améliorer le rendement global de la récolteuse ne me semble pas suffisante (utilisation en aide à la récolte manuelle ou aspiration directe du contenu capsulaire).

La seule voie qui pourrait aboutir à des résultats meilleurs devrait être celle qui éliminerait l'emploi des hommes pour tenir les tuyaux d'aspiration directe, et donc, qui disposerait les tuyaux de chaque côté des rangées de cotonniers pour décrocher et transporter le coton grâce à la dépression, l'engin de récolte étant automoteur.

Mais les nombreux problèmes de sortie du coton du feuillage n'ont pas encouragé une recherche plus poussée dans cette voie.

C- ETUDE D'UN MODELE DE RECOLTE PAR SOUFFLAGE

Après la mesure des efforts d'arrachage du coton graine de ses carpelles et l'étude des procédés de récolte par aspiration, l'idée d'une possible récolte grâce à un ou plusieurs jets d'air a commencé à germer. N'existerait-il pas, en effet, un rapprochement dans le procédé du reste, avec les effeuilleuses existantes qui utilisent de l'air comprimé d'un compresseur et des buses d'où l'air gicle à des vitesses élevées ?

Pour en avoir le coeur net, un test du principe de soufflage a été élaboré pour en apprécier l'efficacité dans le décrochage du coton et le comportement général de la plante.

1. MONTAGE REALISE (fig. 50)

Dans ce montage, le paramètre que l'on cherche à maximiser est la vitesse de sortie de l'air. Nous disposons pour cela trois restrictions successives de diamètre de plus en plus petit dans le circuit de la veine d'air provenant d'un ventilateur. Le ventilateur est le ventilateur FOUGAL HD 13 G MI débitant 0,3 m³/s sous 350 mm CE à 3000 tr/mn.

L'entraînement du ventilateur est fait par un moteur de 58 kw au régime nominal.

L'embout de sortie de l'air est interchangeable et nous disposons de quatre embouts de diamètre différents : 30, 27, 25 et 23,5.

2. MESURES DE PRESSION

Lors des mesures le ventilateur tourne à son débit maximum. Ces mesures sont prises à quelques millimètres à la sortie de la veine d'air dans la partie centrale du courant.

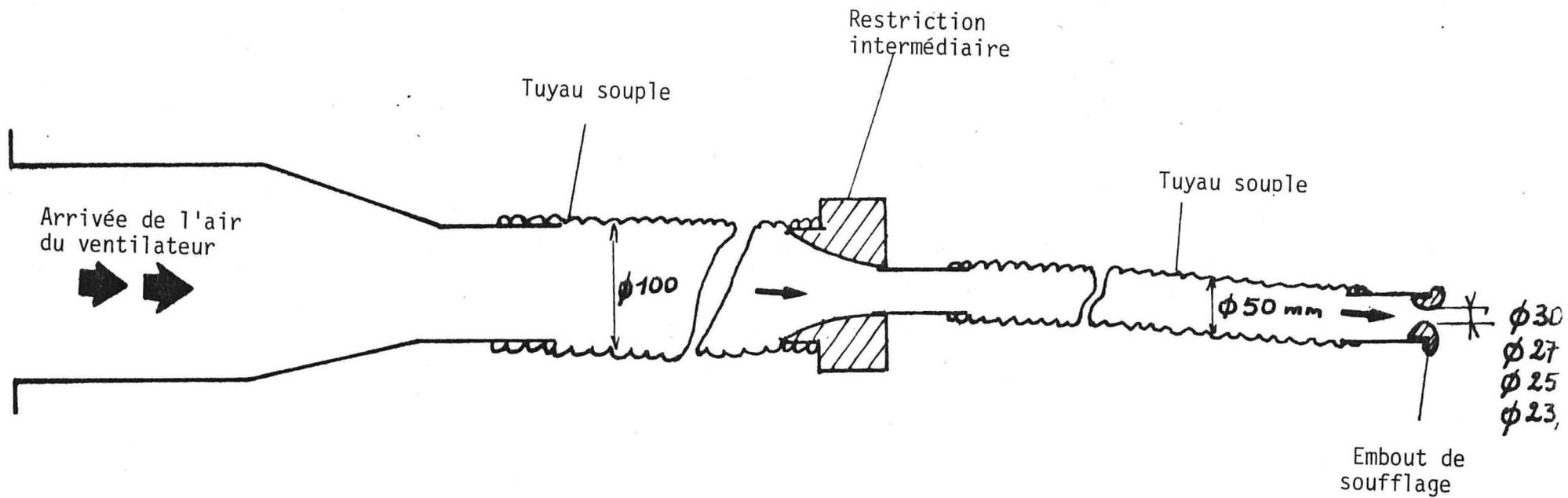


Figure n° 50 : DISPOSITIF DE TEST DE SOUFFLAGE

Vitesse de rotation du ventilateur tr/mn	Diamètre de sortie mm	Section m ²	Pression Totale mm/CE	Pression de sortie mm/CE	Vitesse de sortie m/s	Débit m ³ /s
4050	100	7,85 10 ⁻³	710	80	36	0,175
4180	60	2,82 10 ⁻³	760	300	70	0,122
4340	50	1,96 10 ⁻³	810	560	95,7	0,116
4500	30	0,7 10 ⁻³		770	112,2	0,0487
	27	0,57 10 ⁻³		820	115,8	0,0409
	25	0,49 10 ⁻³		890	120,8	0,0366
4780	23,5	0,43 10 ⁻³	850 ?	950	124,6	0,0332

Rappelons les relations que nous avons utilisé pour établir ce tableau :

$$\text{Vitesse de sortie (m/s)} = \sqrt{\frac{2gPd}{\rho}} \approx 4,033 \sqrt{Pd}$$

g = accélération de la pesanteur (9,81 ms⁻²)

ρ = densité de l'air (1,2 kg/m³)

Pd = pression dynamique = pression de sortie

$$\text{Débit (m³/s)} = m \text{ SV}$$

avec m = coefficient de débit ou de contraction

(ici nous avons pris m ≈ 0,62 valeur de l'écoulement par orifice circulaire)

Nous avons obtenu des pressions et des vitesses de sortie élevées comparées à celles que nous avons enregistrées avec le principe du Venturi. Ce qui montre que nous avons bien choisi les rapports de sections.

Mais des réserves doivent être faites concernant les faibles débits d'air qui pourraient être un facteur limitant. En effet, pour la réussite de ce principe, il importe d'avoir des pressions, des vitesses et des débits très élevés arrachant franchement le coton de sa capsule.

3. PERTES DE CHARGE

Pertes de charge au mètre linéaire de tuyau en mm CE :

$$P = \frac{Pd}{50 \text{ De}} = \frac{\bar{w} V^2}{100 \text{ g De}}$$

Pertes de charge causées par un accident tels les coudes et les changements de section :

$$P = K \bar{w} \frac{V^2}{2g} \quad K = \text{coefficient de résistance de l'acciden}$$

Le tableau de l'annexe XI récapitule les différentes valeurs de la vitesse et de pertes de charge dans le tuyau de soufflage.

4. EXPERIMENTATION DU PRINCIPE

4.1. Variété de cotonnier

Les essais ont eu lieu sur une variété d'origine bulgare, Paolikéni 73. C'est une variété de petite taille. Semée aux dates habituelles sur les parcelles IRCT de Montpellier, c'est-à-dire entre le 1er et le 5 Mai, la plante arrive à la première fleur entre le 17 et le 24 Juillet, soit en moyenne 77 à 80 jours après le semis. L'ouverture des premières capsules se situe entre le 25 Septembre et le 12 Octobre (147 - 160 jours après le semis). La fin d'ouverture des capsules s'échelonne entre le 1er et le 15 Novembre. La période d'ouverture des capsules est donc d'environ 35 jours.

L'adhérence du coton graine aux carpelles ou encore la résistance du coton graine à son décrochage des carpelles est moyenne. La variété Paolikéni 73 est donc moyennement stand-proof. Une mesure de l'effort d'arrachage du coton-graine grâce à un peson à traction donne un effort moyen d'environ 280 g.

4.2. Chronologie des essais

4.2.1. Sans embout à la sortie

Le diamètre de sortie de l'air est celui du tuyau de 50 mm de diamètre. A ce moment le moteur tourne à 3 600 tr/mn et le ventilateur à 4 000 tr/mn environ. Le jet d'air ne provoque presque pas de décrochage de coton-graine. C'est alors que nous avons pris conscience de l'acuité du problème et nous avons tout de suite mis le plus petit diamètre d'embout dont nous disposions à savoir 23 mm.

4.2.2. Montage de l'embout de \varnothing 23 mm

Le moteur et le ventilateur montent en vitesse de rotation : respectivement 3 800 tr/mn et 4 700 tr/mn.

Bien que la proportion de coton décroché des capsules soit assez importante, il faut être presque en contact avec la capsule pour obtenir un résultat notable. La faiblesse de cette distance capsule sortie du jet d'air est un handicap sérieux, référence faite à la disposition et au nombre des capsules, à la masse végétale, à la taille des plants.

4.2.3. Montage des autres embouts : \varnothing 30, \varnothing 27, \varnothing 25

Nous avons quand même voulu tester les différents diamètres de sortie. Naturellement, les résultats sont moins bons que ceux obtenus avec le diamètre 23 mm.

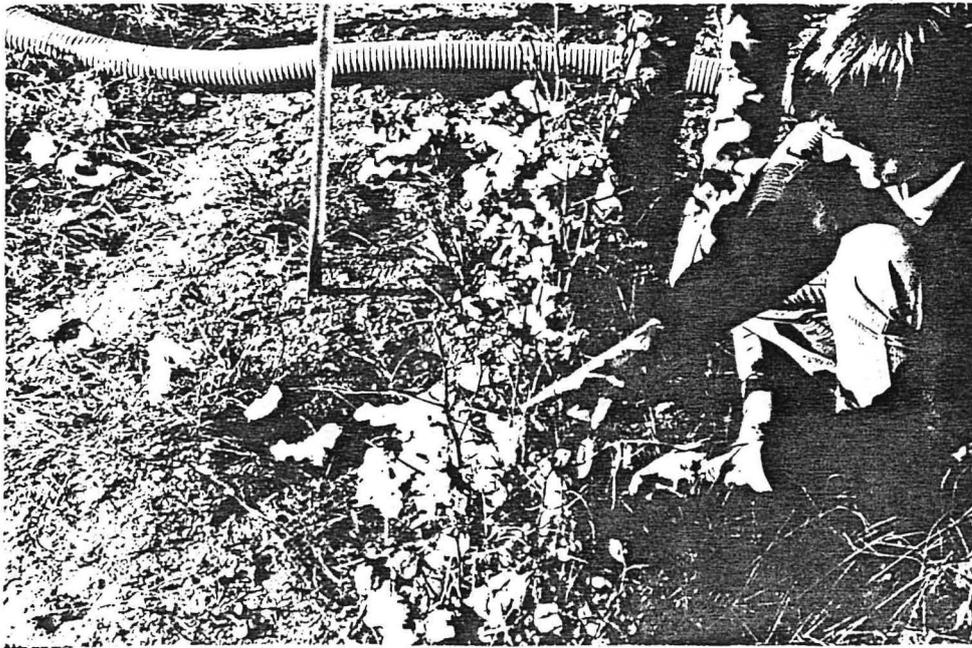
4.3. Observations générales

Les observations peuvent être regroupées en deux groupes.

4.3.1. Les difficultés de décrochage du coton

Nous l'avons déjà dit, le coton de la variété à récolter est caractérisé par une résistance moyenne à l'arrachage. Ceci ne remet nullement en cause les mauvaises performances de la soufflerie, même si l'on peut penser que des variétés d'arrachage plus aisés atténueraient dans une large mesure, les difficultés.

Photos n° 14 : Essai de récolte par soufflage



Cette photo montre bien
les difficultés que l'on
peut rencontrer dans
cette technique

La présentation de la capsule au jet d'air a son importance. Les capsules exposant les carpelles face au flux d'air ne sont pas séparées de leur contenu car ces carpelles empêchent le flux d'air d'atteindre le coton.

En général, la proportion de capsules entièrement séparées de leur contenu capsulaire est faible. En effet, les lobes du côté de la veine d'air sont décrochés, alors que ceux situés à l'opposé sont plus difficiles à faire partir la veine d'air subissant une légère déviation due aux carpelles.

L'arrachage est rendu d'autant plus difficile que les lobes de coton ne constituent pas une masse compacte et indéformable. Dès que l'on dirige la veine d'air sur une capsule, le coton, quand il ne peut se décrocher immédiatement, s'effile dans la direction de la veine d'air, ainsi la surface exposée diminue de sorte qu'il devient de plus en plus difficile de le décrocher. Nous n'avions pas tenu compte de ce phénomène dans nos calculs sur les vitesses d'air nécessaires au décrochage du coton, puisque nous avons donné à la capsule une forme ronde indéformable ou pisciforme.

D'autre part, la distance efficace, celle séparant la veine d'air de la capsule pour permettre un arrachage, étant très réduite, il n'a pas été possible de mener une bonne étude de l'orientation ou de l'incidence à donner à la veine d'air pour obtenir un arrachage maximum.

Il semble cependant que lorsque la veine d'air est dirigée obliquement de bas en haut, l'arrachage de coton soit plus aisé (bien que le pourcentage de coton sortant de la plante reste faible).

L'importance de l'effet de choc est indéniable. L'impact d'un déplacement alternatif de la main tenant le tuyau provoqua plus de départs de contenus capsulaires lors des essais que si l'on restait dans une position fixe face aux capsules.

Dans tous les cas, lors de ces essais, les pressions et les vitesses de sortie d'air nous ont fait défaut. En effet des pressions et des vitesses d'air plus élevées étaient nécessaires pour un meilleur résultat escompté.

4.3.2. Les difficultés de sortie du coton décroché à travers la végétation

La variété de cotonnier Paolikéni 73 est une variété naine : 50 à 60 cm en taille. Malgré la faible masse végétale, une partie du coton décrochée reste entremêlée aux branches du cotonnier. Le flux d'air ne parvient pas à l'en dégager, car lorsqu'on insiste ou qu'on essaie de souffler à l'opposé, il s'effiloche ou pivote autour des branches. Donc, non seulement la végétation provoque une perturbation de la veine d'air, mais elle constitue une source certaine de pertes de coton. Lorsque le coton décroché parvient à sortir de la végétation, il sort suivant la direction de l'air.

4.4. Conclusions

Il ressort des tests du principe de soufflerie que des pressions des vitesses et des débits importants sont indispensables pour l'utilisation de ce principe dans une récolteuse de coton. Lors des essais, une chute rapide de la vitesse à la sortie de l'embout a été constatée. Ceci ne permet pas bien évidemment de provoquer le décrochage du coton alors qu'une insuffisance s'est faite sentir.

Pour une efficacité de ce principe, synonyme de débits, vitesses et pressions élevées, seuls des compresseurs volumétriques peuvent le permettre.

De plus, les essais ont révélé une place capitale d'un effet de chocs des jets d'air sur la plante et les capsules. Cela serait possible en utilisant, comme dans les effeuilleuses, des buses rotatives dont les jets seraient interrompus à intervalles réguliers.

Pour améliorer aussi l'efficacité du principe, on pourrait envisager des jets d'air de chaque côté des plants et soufflant alternativement. On arriverait ainsi à séparer le maximum de coton des capsules et à augmenter les blancs de le sortir de la masse végétale.

Loin d'arrêter là ces essais, étant donné que nous avons été très loin des conditions optimales d'une telle utilisation, il faut penser à tester directement une effeuilleuse sur des cotonniers et envisager alors les chances possibles et les modifications éventuelles.

5. ESSAI D'ARRACHAGE DU COTON AVEC DE L'AIR SURPRESSE

Des pieds de cotonniers de la variété Paolikéni 73 avaient été ramenés de Montpellier après les essais de soufflage. De nouveaux essais ont été organisés cette fois-ci avec une effeuilleuse mécanique à air comprimé pour tenter la séparation, à poste fixe, du coton de ces plants de cotonniers (82)..

Signalons que les pieds de cotonniers avaient subi une période de stockage de près de deux mois et demi et qu'ils étaient devenus plus secs et que l'effort d'arrachage du coton n'était plus de même ordre de grandeur que lors des essais au champ. En effet, le coton s'arrachait beaucoup plus facilement. Mais cela n'empêchait pas de réaliser un test préalable de l'effeuilleuse mécanique.

5.1. Description de l'effeuilleuse à air comprimé

L'effeuilleuse comporte un couple de segments de tuyaux terminés par des buses en forme de cône ou de venturi. Les tuyaux tournent autour d'un axe horizontal et perpendiculaire à la direction d'avancement. Le support de ces tuyaux porteurs de buses est réglable en position verticale et en position transversale en fonction de la hauteur des arbustes à effeuiller.

Les buses sont recourbées et rapportées par soudure sur les tuyaux, soit à 90°, soit à 45° par rapport aux tuyaux (fig. 51 a et b).

L'alimentation des buses est fournie d'un surpresseur qui envoie sous une pression de 1 bar un important volume d'air. De ces buses mises en rotation par un système hydraulique fusent des jets d'air atteignant à la sortie une vitesse proche de 900 km/h. Le compresseur est entraîné par un tracteur (prise de force). Mais il peut être actionné par un moteur auxiliaire de 60 kw.

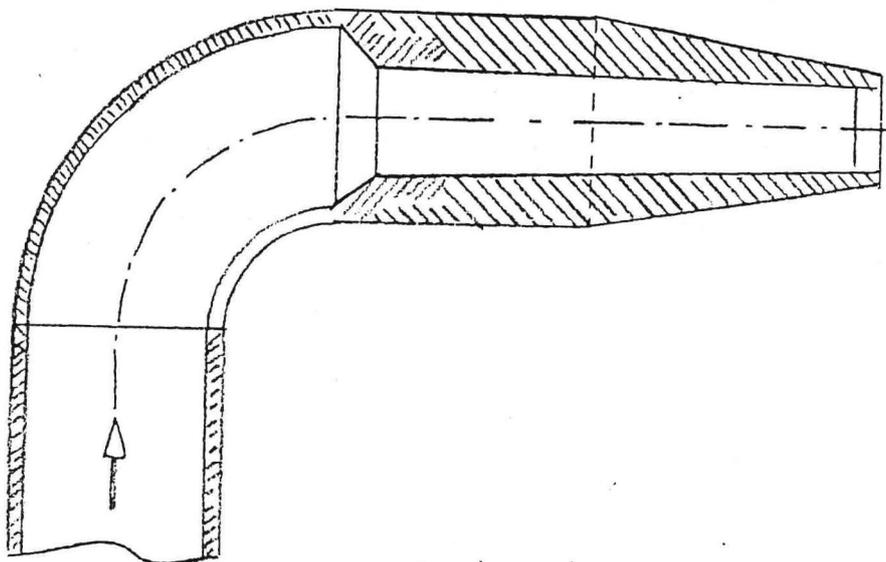
La pression d'alimentation en air comprimé des segments de tuyaux est réglable, de même que la vitesse de rotation des tuyaux de manière à atteindre une efficacité optimale. Les segments de tuyaux sont protégés dans un carter dans lequel est aménagée une fente circulaire de diamètre 500mm en face des buses pour permettre la sortie des jets d'air.

L'effet de chocs est obtenu grâce au moteur hydraulique qui fait tourner les buses. Ce moteur hydraulique comporte en effet des creux et bosses qui permettent ou obstruent l'arrivée de l'air comprimé.

5.2. Résultats d'essai de l'effeuilleuse à air comprimé pour la séparation du coton des plants de cotonniers

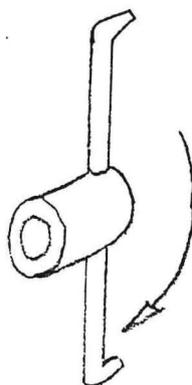
La machine est portée aux trois points de l'attelage d'un tracteur qui sert en même temps à animer le compresseur par la prise de force (82) (fig. 51 C)

Les essais ont eu lieu à poste fixe. Lorsque la machine est mise en fonctionnement l'on présente les pieds de cotonniers devant les jets d'air des buses. On simule le déplacement de la machine en déplaçant progressivement les plants dans la zone d'action des buses.



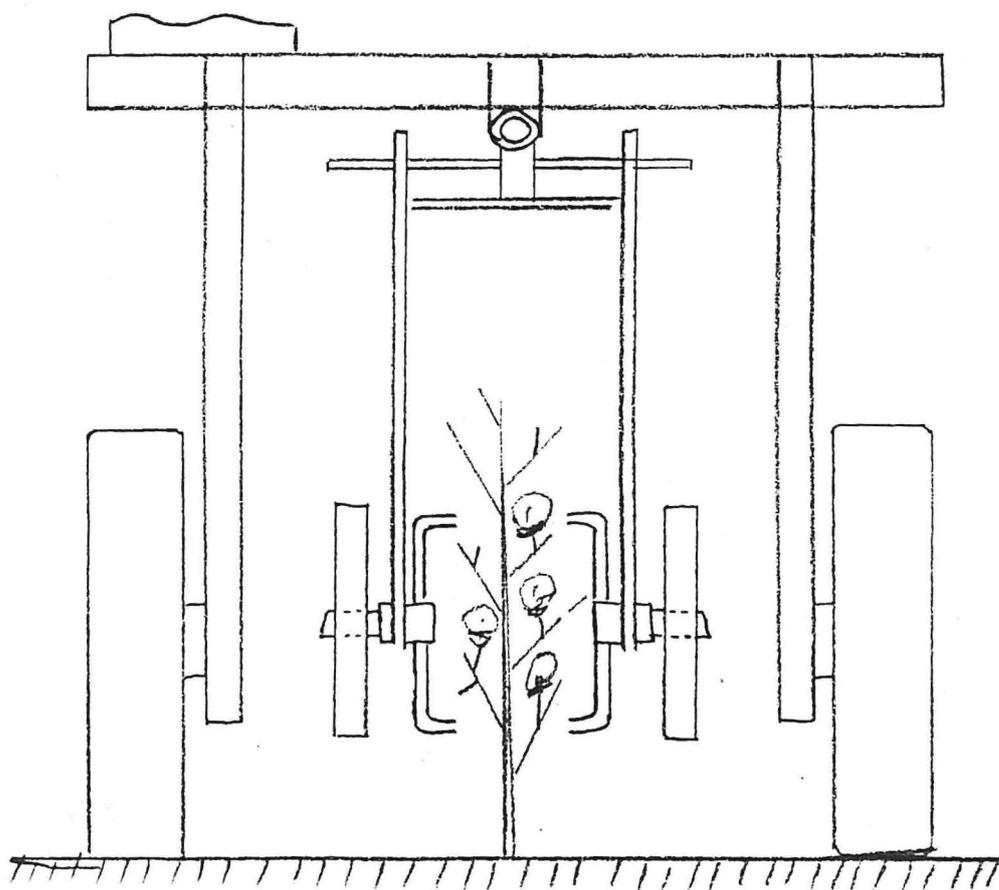
a - buse de soufflage

Fig. 51 : Effeuilleuse-Récolteuse à Air Comprimé



b - Couple de buses en rotation

c - Position de récolte



5.2.1. Les buses soufflent dans une seule direction et d'un même côté du plant

L'effeuilleuse montée sur le bâti pendulaire comporte des buses orientées à 45° par rapport à l'axe des segments de tuyaux.

Le coton est arraché avec une grande facilité. Plusieurs plants sont groupés pour avoir une idée sur l'impact de la densité de végétation. Le coton arraché sort des branches presque en totalité suivant la direction des jets d'air. Seuls quelques lobes restent accrochés aux branches. Des carpelles de capsules vides sont arrachés aussi. Les plants de cotonniers comportaient très peu de feuilles ; nous n'avons donc pas pu juger de la proportion de feuilles qui pouvait se retrouver avec le coton.

5.2.2. Des buses sont montées de chaque côté du plant

Deux boules d'effeuilleuse sont montées de façon que les jets d'air des buses soient face à face ou légèrement décalés transversalement. Les buses des deux boules essayées sont orientées à 90°.

Le résultat est beaucoup plus satisfaisant. Tout le coton est enlevé des plants. La récupération du coton décroché semble assez facile puisque les jets lui impriment une direction ascendante et arrière par rapport à la direction de marche.

Lors de cet essai, plus de coton n'est demeuré dans les branches. Il y a toujours eu un arrachage de capsules vides.

5.3. Conclusions

Sans optimisme exagéré, on peut affirmer que ce principe d'effeuillage à air comprimé permet l'arrachage du coton des capsules de cotonniers. Mais cette leur d'espoir ne doit pas faire oublier les conditions plus difficiles que l'on rencontrera sur un terrain et la variation de ces conditions d'une parcelle à une autre, d'une variété de cotonniers à une autre.

L'adaptation du principe à la récolte du coton reste entière. Il faudra tenir compte :

- de la variabilité des efforts d'arrachage,
- des pourcentages réels de coton récolté,
- des pourcentages de pertes dans la végétation,
- de la qualité du produit récolté (proportions des feuilles, brindilles et carpelles).
- du temps d'exposition des plants aux jets d'air des turbines. Cela conditionne la vitesse d'avancement et le rendement de la machine.
- de la récupération du produit récolté.

Concernant le décrochage du coton de son carpelle, la possibilité de disposer d'une pression suffisante ne présente pas de difficulté majeure, la disponibilité de compresseurs puissants étant acquise.

L'efficacité et la qualité de la récolte restent les points à incertitude. Dans les conditions ivoiriennes, la taille moyenne des plants de cotonniers est de 1,50 m. Une étude portant sur le diamètre des turbines pouvant couvrir la zone des capsules du plant est à envisager. Dans l'essai de l'effeuilleuse le diamètre utile des jets d'air est de 50 cm. Il faudrait donc quatre turbines par rangée à raison de deux de chaque côté.

Insistons sur le fait que l'utilisation du principe de récolte par soufflage n'est guère concevable sans défoliation préalable.

Si techniquement il apparaît très probable de déboucher sur une solution acceptable, l'handicap le plus sérieux est économique. Le prix d'achat d'une machine de récolte par soufflage d'air comprimé sera très élevé, car le compresseur est un matériel qui coûte cher et de plus, pour le faire tourner et assurer le déplacement de la machine, une puissance d'environ 60 kw est nécessaire.

En ajoutant à cela les coûts supplémentaires occasionnés par les dispositifs nécessaires pour canaliser le coton, les systèmes de convoyage et de stockage, le coût d'utilisation d'une telle machine sera certainement très élevé. Le coût d'1 kg de coton récolté par une machine de ce type sera probablement sans commune mesure avec le coût d'une même quantité récoltée manuellement calculé sur la base de 6 à 10 FF (300 à 500 F CFA) par jour pour une production moyenne de 22 kg par jour et par récolteur.

Malgré l'intérêt technique du procédé de récolte par air surpressé, la faiblesse des moyens financiers des planteurs de coton freinera toute réalisation. Néanmoins, la poursuite des études pour la conception d'un prototype serait souhaitable, une appropriation collective étant imaginable.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

L'étude de la récolte manuelle en Côte d'Ivoire a permis d'examiner les contraintes de cette opération et de dégager les limites de l'introduction de la récolte mécanique.

Le geste de cueillette du coton, répétitif de capsule en capsule, les parcours répétés de la main entre l'instrument de collecte et la plante, la gêne que constitue la masse végétale et qui nuit à l'aisance du récolteur, le port de l'instrument de collecte du coton cueilli, les va-et-vient incessants entre le lieu de récolte et l'aire de stockage sont autant de facteurs qui rendent la récolte contraignante et réduisent la productivité des cueilleurs. La lenteur et la pénibilité de la récolte manuelle conjuguées avec une raréfaction progressive de la main-d'oeuvre entraveront à terme l'extension des parcelles cotonnières et même vivrières.

Dans l'attente de solution technique satisfaisante, des améliorations sans motorisation et relatives à l'instrument de collecte du coton, à l'organisation du chantier, peuvent être mises en oeuvre très facilement. Dans cette optique, la généralisation du long sac américain permettant une plus grande capacité de stockage et par conséquent un temps de cueillette plus important du fait de la réduction des déplacements peut améliorer la productivité par cueilleur. Les essais de récolte manuelle ont permis d'enregistrer 5,3 kg/h/récolteur utilisant le long sac américain contre 3,8 kg/h/récolteur équipé du sac d'engrais communément utilisé dans les exploitations paysannes. Le partage des tâches sur le chantier de récolte peut conduire également à une légère amélioration de la quantité journalière récoltée par récolteur. Une mesure incitative liée au système de rémunération peut représenter aussi un facteur d'augmentation de productivité.

Ces propositions d'amélioration de la récolte manuelle, ne tiennent pas compte de l'évolution prévisible de la main-d'oeuvre vers une restriction, de l'évolution générale des techniques de culture et de la technicité des paysans. De toute façon, elles ne peuvent pas être une révolution, n'étant pas porteuses de gains très importants. D'autre part, le nombre de plus en plus élevé de jeunes volontaires pour un retour à la terre, doit inciter à rechercher des techniques plus productives et à éliminer les tâches les plus ingrates comme la récolte du coton. L'amélioration ou l'assistance de la récolte manuelle par des procédés techniques lèvera par conséquent de nombreux obstacles.

Le problème de la récolte mécanique du coton en Côte d'Ivoire préoccupe les responsables de la culture cotonnière depuis longtemps. Déjà en 1973, un essai de récolte mécanique par "cotton-picker" à deux rangs, avait été mené pour trois variétés. (une variété témoin américaine DP-16, deux variétés locales dont la variété cultivée à l'époque, la 444-2). Si le fonctionnement de la récolteuse a permis une très bonne efficacité de travail dans l'ensemble (89 à 94 %), des réserves sont formulées concernant la variété locale 444-2. Le développement végétatif important dont elle peut faire preuve serait un facteur limitant pour une récolte mécanique. La forte teneur des déchets et des débris végétaux contenus dans le coton récolté mécaniquement, n'a pas permis un nettoyage satisfaisant. Par conséquent, il en a résulté une plus forte teneur de matières étrangères dans la fibre et une coloration importante, accompagnées d'un rendement en fibre inférieur à celui de la récolte manuelle.

Donc, non seulement une méthode de mécanisation exige des changements de mode de culture (motorisation), des techniques précises de culture, des variétés cotonnières nouvelles, des superficies importantes (50 à 80 ha pour une récolteuse à un rang, 80 à 120 ha pour une à deux rangs), mais implique des traitements appropriés de nettoyage et de séchage avec acquisition d'équipements complémentaires dans les usines d'égrenage. Il ne faut pas oublier non plus, les disponibilités financières et les connaissances techniques indispensables.

A partir de ces essais, les idées de mécanisation de la récolte cotonnière pour la Côte d'Ivoire, se sont dirigées vers la voie pneumatique. Le principe retenu est la création d'une dépression en vue d'assurer l'aspiration du contenu capsulaire au moment de la récolte. Deux tendances se dégagent à partir des prototypes qui ont vu le jour : les machines destinées à aider la récolte manuelle (décrochage manuel + transport pneumatique du coton jusqu'à un sac ou trémie de stockage) et celles qui aspirent directement le coton de capsule en capsule.

En 1981, le CEEMAT décide de la construction d'une machine d'aide à la récolte manuelle, basée sur le principe du Venturi qui, jusqu'à ce jour n'avait pas été utilisé dans un prototype de récolte par aspiration. C'est dans le cadre de ce programme que s'inscrit la présente étude. Le prototype définitif de base est conçu avec un venturi circulaire sur lequel sont branchées quatre tuyaux légèrement à l'avant de la zone du col (ou à l'entrée du divergent). Il a permis d'atteindre un important gain de dépression dans un rapport de 1 à 2,5 environ. La pression initiale du ventilateur étant de 370 mm CE, on a obtenu une dépression de près de 800 mm CE (mesure tuyaux fermés). Les essais du prototype d'aide à la récolte manuelle, en Côte d'Ivoire, ont donné un rendement de 5 kg/h/récolteur contre environ 4 kg/h/récolteur en récolte manuelle. C'est la preuve que l'idée initiale de rentabiliser le temps consacré en récolte manuelle au transport du coton jusqu'à l'aire de stockage, et qui a guidé la construction est erronée. Effectivement, les relevés des temps de transport lors de l'enquête sur la récolte manuelle, ont montré que ceux-ci sont négligeables par rapport à celui passé à la cueillette.

Les essais de récolte par aspiration directe du coton, de capsule en capsule, en montant à la place des entonnoirs, des embouts munis de restriction, n'ont pas été plus concluants que les précédents : 3,7 kg/h/récolteur à Boundiali et 5,4 kg/h/récolteur sur la ferme de Foro-Foro (Bouaké).

Compte tenu du fait que la machine mobilise 5 personnes dont 4 cueilleurs et 1 conducteur pour le tracteur et chargé du remplacement des sacs, et compte tenu de l'investissement que représente une telle machine, la récolte par aspiration n'est donc pas envisageable. Bien que techniquement satisfaisant, le principe du Venturi est inadapté à la récolte du coton. Les raisons sont les suivantes :

- une chute rapide de la dépression dès qu'il y a passage d'air dans le tuyau, alors que celle-ci est élevée quand le tuyau est fermé,
- la lenteur de l'opération : mode de récolte capsule par capsule occasionnant des pertes de temps énormes.
- l'insuffisance de la dépression pour arracher pneumatiquement le coton de toutes les capsules. Il existe en effet une grande dispersion des efforts d'arrachage du coton. Et même si la dépression était suffisante, la différence entre l'aspiration directe et la récolte manuelle ne peut pas procurer un gain de productivité important.
- l'impossibilité de l'automatisation de l'aspiration autour du plant.

Le deuxième procédé de récolte pneumatique envisagé est le décrochage du coton par soufflage d'un jet d'air dans le plant.

Alors que l'aspiration ne nécessitait pas une défoliation préalable, la récolte par soufflage exige la chute des feuilles pour mieux exposer les capsules au jet d'air mais aussi pour limiter l'importance de la teneur de déchets et de débris végétaux.

L'utilisation d'un ventilateur pour alimenter le jet d'air est inadaptée à ce mode de récolte, le niveau de pression atteint étant insuffisant pour provoquer le décrochage du coton. Le décrochage doit être rapide et franc sinon on constate un effilochage du coton. Des essais avec des jets d'air comprimé à haute pression (4 kgf/cm² ou plus) et à vitesse élevée (plusieurs centaines de mètres/seconde) ont donné des résultats plus prometteurs qu'il faut prendre néanmoins avec réserve les cotonniers testés ayant été stockés plus d'un mois. La particularité de ces essais est la combinaison d'un effet de vibration et de choc avec le décrochage. L'efficacité du décrochage en dépend assez nettement. Cette voie de récolte par soufflage d'air comprimé ne fait que s'ouvrir. Des études futures sur le mode de décrochage, le comportement des plants et la direction du flux de coton arraché, permettront de décider des conduites (forme, emplacement) et de la récupération du coton.

Le problème majeur qui va à l'encontre du développement de cette méthode de récolte dans les conditions ivoiriennes demeurera son coût de revient.

Pour terminer, il faut admettre que les méthodes classiques de récolte mécanique ne sont pas à rejeter systématiquement, en particulier la méthode du stripper. Elle devrait constituer avec la technique par soufflage d'air comprimé les deux pôles de la recherche future sur la récolte cotonnière.

La récolte par stripper est un sujet d'actualité pour toutes les céréales. Elle peut se concrétiser pour le coton par la construction d'un modèle réduit pour une taille moyenne d'exploitations de 15 à 20 ha. La réalisation d'un prototype utilisant des rouleaux écapsuleurs à six ou huit bandes de brosses à fil de nylon ou des rouleaux à bandes de brosses en alternance avec des bandes de caoutchouc. Il faudrait envisager, pour une question de propreté du produit, une étude simultanée sur le nettoyage du coton, lors de la récolte.

Notons enfin que la conception même du stripper peut faire envisager des machines "modulaires" c'est-à-dire extensibles à la demande et par suite adaptables à plusieurs systèmes de production.

ANNEXE I : QUELQUES EXEMPLES DE COMPOSITION DE LA MAIN-D'OEUVRE DANS LES ZONES COTONNIERES

MODE DE CULTURE	L I E U	SUPERFICIE	NOMBRE D'HOMMES	NOMBRE DE FEMMES	NOMBRE D'ENFANTS	MANOEUVRES	TOTAL
CULTURE MANUELLE	MANKONO	9 ha	2	3			5
		5 ha	4	1	1		6
	BOUAKE	1 ha	2	1			3
		3 ha	2	2			4
CULTURE ATTELEE	ODIENNE	4,5 ha	3	5			8
	BOUNDIALI	6 ha	4	6	2		12
		6 ha	3	3			6
6 ha	2	5	2			9	
MOTORISATION INTER MEDIAIRE	SEGUELA	10 ha	3	10	4	1	18
		10 ha	10	9			19
	ODIENNE	19 ha	1	6	3		10
		18 ha	4	12			16
	KORHOGO	23 ha	3	6		1	10
		20 ha	4	3			7
			47	72	12	2	133

ANNEXE II

QUELQUES EXEMPLES DE TEMPS DE TRANSPORT-PESEE-VIDANGE

REGION	Nom du chef d'exploitation	Nombre de récolteurs suivis	Fourchette de variation du temps de transport-pesée-vidange (en % du tps de cueillette)
ODIENNE	Daouda Bamba	6	3,25 à 8,25 %
	Koné Bouaky	6	10,25 à 11,15 %
BOUNDIALI	Léfouhoro	8	Négligeable (0 %)
	Karim	6	Négligeable (0 %)
	Zoumana	8	1 à 3,15 %
KORHOGO	N'Golopé	13	1,75 à 5,35 %
	Zanafouhongon	7	3,30 à 5,20 %
MANKONO	Bartin'Golo	9	3 à 7,4 %
	Tièdjougou	12	5,6 à 9,57 %
SEGUELA	Méité Messéni	7	2,75 à 8,10 %
	Touré Blamassi	8	1,9 à 4 %

d'essai	Nombre de cueilleurs	Poids total récolté (kg)	Temps de travail (h)	Rendement horaire par cueilleur (kg/h/c)	Diamètre de buse (mm)	Vitesse Ventilateur (tr/mn)	Dépression de la machine (mm eau)	Dépression à la buse (mm eau)	Vitesse d'air à la buse (m/s)
1	4	24,1	5,0	1,2	25,4	2 400	333	419	324
2	8	28,7	4,0	1,0	25,4	2 100	264	360	309
3	8	49,1	4,9	1,3	25,4	2 100	264	360	309
4	8	67,3	5,1	1,6	25,4	2 400	333	419	324
5	8	38,2	2,6	1,8	25,4	2 850	452	> 508	387
6	8	11,4	1,6	1,0	25,4	2 850	452	> 508	387
7	4	35,5	3,0	3,0	25,4	2 400	333	419	324
8	8	37,7	2,5	1,9	25,4	2 620	409	> 508	351
9	8	31,8	1,75	2,3	25,4	2 620	409	> 508	351
10	8	60,5	4,8	1,6	19	2 620	401	> 508	477
11	8	79,1	6,5	1,5	25,4	2 620	409	> 508	351
12	8	54,5	5,3	1,6	32	2 620	411,5	503	268
13	8	58,2	5,25	1,4	19	2 620	401	> 508	477

ANNEXE IV

MESURES DE DEPRESSION EN FONCTION DE L'OUVERTURE DU COL DU VENTURI

Pression totale	170 mm	310	380
Ouverture du col du venturi	50 mm (maxi)	30 mm (moyen)	10 mm (mini)
Points de mesure	A 205	250	180
	B 205	270	245
	C 220	300	320
	D 230	350	420
	E 183	220	147
	F 145	155	65
	G 125	120	40
	H 128	130	60
	I 150	180	80
	J 180	255	150
	K 220	350	420
	L 206	300	300
	M 200	270	210

ANNEXE V

Tuyau A - Angle d'incidence 45°

Largeur du col du venturi (mm)	Pression totale du ventilateur (mm CE)	Dépression tuyau fermé (mm CE)	Dépression tuyau ouvert (mm CE)	Vitesse de l'air (m/s)
10	390	240	25	10,5
20	370	310	50	14,5
30	310	260	90	20
40	240	250	85	22
50	175	200	75	18

Tuyau B - Angle d'incidence 90° (tuyau I bouché)

Largeur du col du venturi (mm)	Pression totale du ventilateur (mm CE)	Dépression tuyau fermé (mm CE)	Dépression tuyau ouvert (mm CE)	Vitesse de l'air (m/s)
20	375	230	40	12,5
30	315	280	60	17,5
40	230	260	80	20
50	185	185	75	18

Tuyau C - Angle d'incidence 45° (tuyaux I et D bouchés)

Largeur du col du venturi (mm)	Pression totale du ventilateur (mm CE)	Dépression tuyau fermé (mm CE)	Dépression tuyau ouvert (mm CE)	Vitesse de l'air (m/s)
20	380	260	25	11
30	315	245	36	12
40	240	240	35	14,5
50	185	195	40	13

Tuyau D - Angle d'incidence 60° (tuyaux I, D et G bouchés)

Largeur du col du venturi (mm)	Pression totale du ventilateur (mm CE)	Dépression tuyau fermé (mm CE)	Dépression tuyau ouvert (mm CE)	Vitesse de l'air (m/s)
20	370	340	50	16,5
30	300	305	60	18,5
40	225	250	60	18
50	185	205	60	17,5

Tuyau E en aval du col - Angle d'incidence 45° (tuyaux I, D et G bouchés)

Largeur du col du venturi (mm)	Pression totale du ventilateur (mm CE)	Dépression tuyau fermé (mm CE)	Dépression tuyau ouvert (mm CE)	Vitesse de l'air m/s
20	370	280	85	20
30	305	250	90	22
40	230	210	75	18
50	140	170	70	16

ANNEXE VI

TABLEAU MONTRANT LES INTERFERENCES ENTRE LES DIFFERENTES ARRIVEES D'AIR

Ouverture du col du venturi	20 mm	30	40	50
Dépression en S fermé (G fermé)	245	300	260	185
Dépression en S fermé (G ouvert)	100	140	135	130
Dépression en S fermé (D ouvert)	210	220	190	150
Dépression en D fermé (I fermé)	305	315	265	210
Dépression en D fermé (I ouvert)	170	190	195	170
Dépression en E fermé (I fermé)	280	250	210	170
Dépression en E fermé (I ouvert)	270	240	190	165

Nous remarquons une chute de dépression dans le tuyau considéré lorsque le tuyau situé sur la face adjacente du venturi est ouvert. La perturbation est prononcée quand la largeur du col du venturi est faible (S et G).

Quand il s'agit de tuyaux sur des faces adjacentes la chute de dépression est plus faible dans l'un, l'autre étant ouvert (D et G).

Le tuyau E placé en aval du col subit moins l'influence du tuyau qui n'est pas en face.

ANNEXE VII

Lieu	Variétés	Moyenne		Ecart-type	
		(m)	(g)	(σ)	(g)
Boundiali	T 120 - 76	Haut (H)	: 152	H	: 62
		Milieu (M)	: 169	M	: 70
		Bas (B)	: 298,5	B	: 154
FORO-FORO (CIMA)	T 120 - 76	H	: 212,8	H	: 58
		B	: 280	B	: 93
FORO-FORO (IRCT)	A 476 - 3	H	: 154,5	H	: 59
		B	: 145	B	: 74
	Glandless BC ₄	H	: 154	H	: 44
	I S A 205	H	: 190,8	H	: 46
		B	: 176,8	B	: 51
	A 266. 15	H	: 147	H	: 40
		B	: 155,8	B	: 49,3
ISA 193.81	H	: 163,4	H	: 56	
	B	: 163,4	B	: 56	
T120 - 79	H	: 171	H	: 41	
	B	: 226	B	: 61,3	

ANNEXE VIII

BOUNDIALI VAR T 120-76

H

CLASSES	30-69	70-109	110-149	150-189	190-229	230-269	270-309	310-349	350 +
FREQUENCE	4	17	27	29	14	4	3	1	1 = 100

$$M = 152 \text{ g}$$

$$\sigma_{n-1} = 62 \text{ g}$$

M

CLASSES	70-109	110-149	150-189	190-229	230-269	270-309	310-349	350-389	390 +
FREQUENCE	18	22	23	21	7	2	4	2	1 = 100

$$M = 169 \text{ g}$$

$$\sigma_{n-1} = 70 \text{ g}$$

B

CLASSES	80-119	120-159	160-199	200-239	240-279	280-319	320-359	360-399	400-439	440-479	480-519	520 +
FREQUENCE	3	4	12	20	13	15	10	12	4	0	1	6 = 100

$$M = 298,5 \text{ g}$$

$$\sigma_{n-1} = 154 \text{ g}$$

ANNEXE

FORO-FORO CIMA

VAR T 120-76

H

CLASSES	100-139	140-179	180-219	220-259	260-299	300-339	340 +
FREQUENCE	4	9	15	9	7	5	1 = 50

$$M = 212 \text{ g}$$

$$\sigma_{m-1} = 58 \text{ g}$$

B

CLASSES	90-129	130-169	170-209	210-249	250-289	290-329	330-369	370-409	410-449	450-489	490 +
FREQUENCE	2	4	3	10	9	9	5	4	2	1	1 = 50

$$M = 280 \text{ g}$$

$$\sigma_{m-1} = 92 \text{ g}$$

ANNEXE

FORO-FORO - IRCT

VAR ISA 205

H

CLASSES	120-159	160-199	210-239	240-279	280-319	320-359	360-399
FREQUENCE	8	25	14	1	2	1	1

$$M = 190 \text{ g}$$

$$\sigma_{n-1} = 46 \text{ g}$$

B

CLASSES	60-99	100-139	140-179	180-219	220-259	260-299	300 +
FREQUENCE	1	7	16	15	6	4	1 =

$$M = 177 \text{ g}$$

$$\sigma_{n-1} = 51 \text{ g}$$

ANNEXE

FORO-FORO - IRCT

VAR T 120-79

H

CLASSES	80-119	120-159	160-199	200-239	240-279	280-319
FREQUENCE	4	10	19	15	1	1

$$M = 171 \text{ g}$$
$$\sigma_{n-1} = 41 \text{ g}$$

B

CLASSES	100-139	140-179	180-219	220-259	260-299	300-339	340 +
FREQUENCE	2	7	17	10	8	5	2

$$M = 226 \text{ g}$$
$$\sigma_{n-1} = 61 \text{ g}$$

ANNEXE IX

BOUNDIALI : HISTOGRAMME DES EFFORTS
D'ARRACHAGE DU COTON DES CAPSULES
DE LA PARTIE BASSE DU
PLANT
VARIETE T120-76

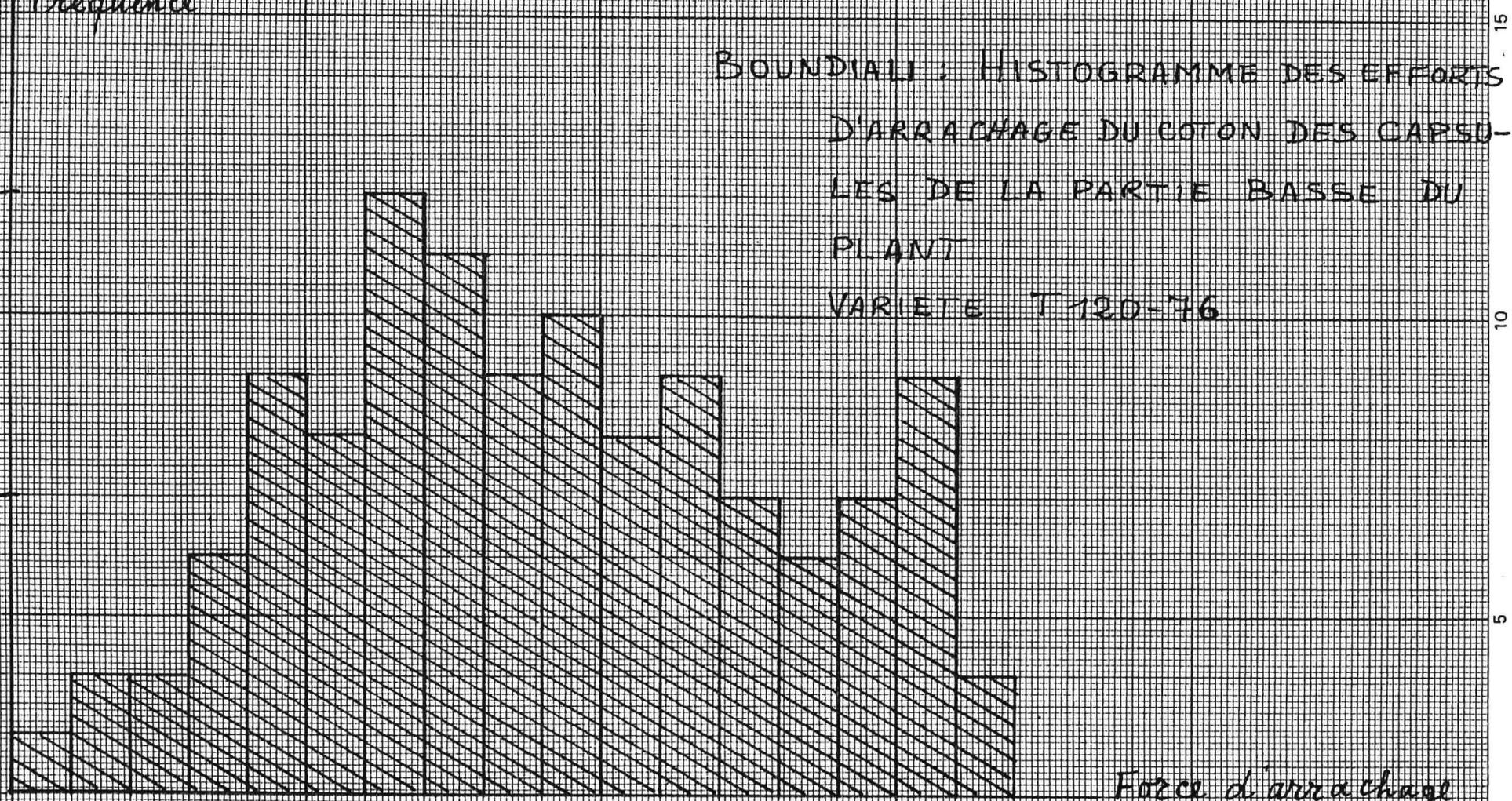
Fréquence

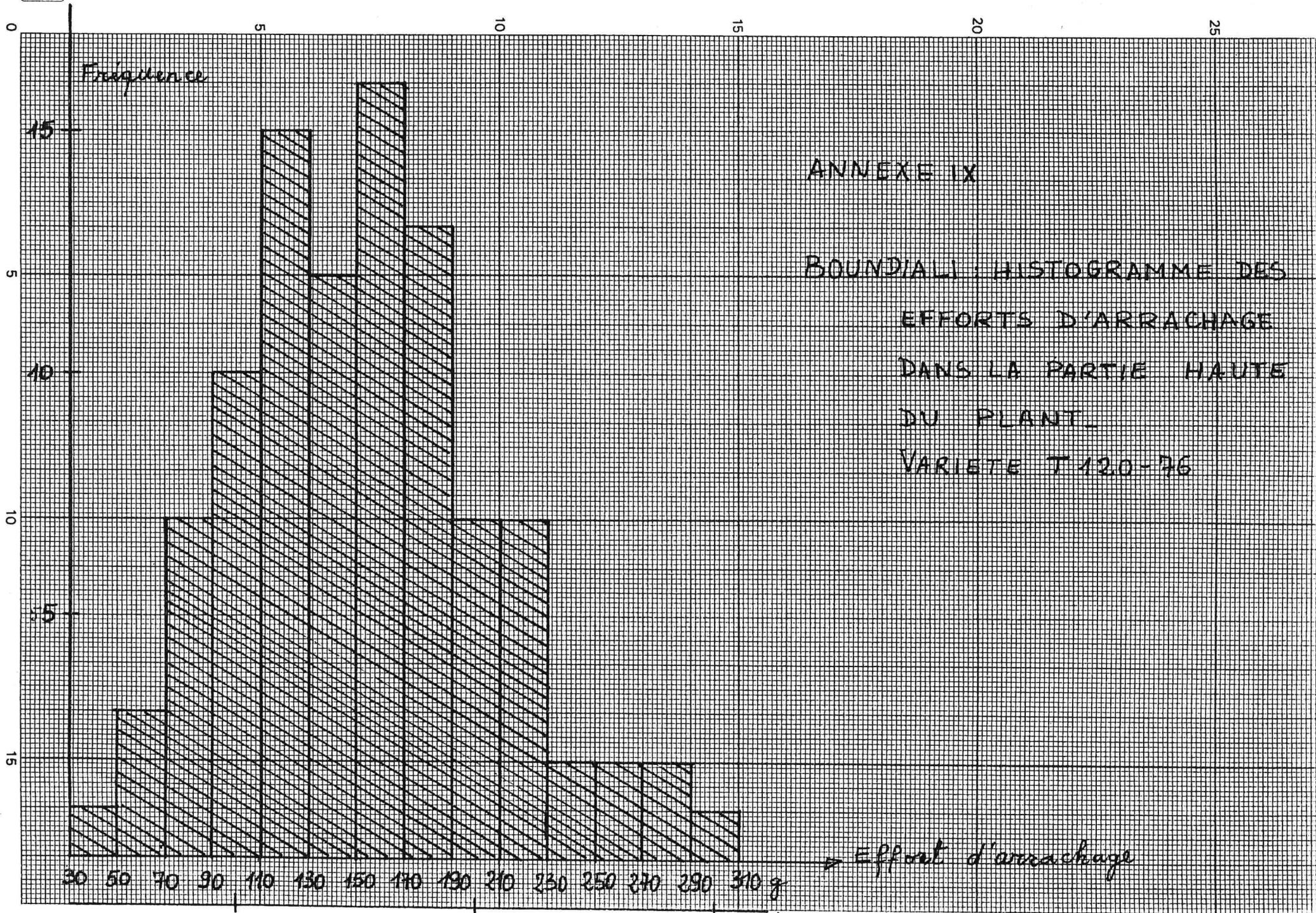
10

5

110 130 150 170 190 210 230 250 270 290 310 330 350 370 390 410 430 g

25 1 20 2 15 3 10 4 Newton 5 0





La force vibratoire est appliquée pendant 5 secondes et on observe l'effet de l'amplitude et de la fréquence de la vibration

Amplitude (mm)	Fréquence (cycles/secondes)	Pourcentage de coton séparé des carpelles	Pourcentage de coton resté dans les branches	Observations
6	3,6 7,5 12,5 18,6 26,0	0 %	0 %	L'amplitude est trop faible
13	26,0	50 à 100 %	30 à 50 %	- Des branches se cassent et restent pendantes - D'autres se cassent et tombent
19	3,6	0 à 50 %	0 %	Pas de branches cassées (ou très peu)
	7,5	30 à 45 %	90 %	Les branches se cassent, la majorité du coton reste suspendu dans les branches
	12,5	90 à 100 %	65 à 90 %	La plante se casse le coton séparé reste accroché dans les branches
	18,6	-	-	La plante se casse complètement
	26	-	-	La plante se casse complètement

ANNEXE XI

TABLEAU RECAPITULATIF DES PERTES DE CHARGE

Diamètre de sortie mm	Vitesse de sortie m/s	Vitesse dans le tuyau ϕ 100 m/s	Vitesse dans le tuyau ϕ 50 m/s	Pertes de charge Tuyau ϕ 100 mm CE	Pertes de charge tuyau ϕ 50 mm CE	Pertes de charge changement de section mm CE			Total	Pression sortie mm CE	Pression totale mm CE
						R ₁	R ₂	R ₃			
60	70	25	-	76,5		374,6	-	-	451	+ 300	760
50	95,7	23,9	95,7	70	179,2	-	12,23	-	261,4	560	810
30	112,2	10	40	12,2	31	-	2,14	107,7	153	770	
27	115,8	8,4	33,6	8,6	22,2	-	1,5	76,23	108,3	820	
25	120,6	7,5	30	6,88	17,6	-	1,2	60,55	86,2	890	
23,5	124,6	6,8	27,3	5,65	14,6	-	1	50,15	71,4	950	-

Pression totale = Pression de sortie + Pertes de charge.

R₁ = Pertes de charge causées par la première restriction aboutissant au diamètre 100

R₂ = " " " " le changement de section de ϕ 100 à ϕ 50

R₃ = " " " " l'embout de soufflage.

GLOSSAIRE DE TERMES COTONNIERS

Capsule : gousse dans laquelle la fibre et les graines de coton se développent. A maturité, la capsule s'ouvre en 3 à 5 lobes, contenant chacun un flocon de coton.

Carpelles : parties de la gousse qui sépare les lobes de la capsule de coton.

Bractées : feuilles triangulaires à la base des carpelles, qui recouvraient le bouton floral avant son développement en fleur.

Coton-graine : ensemble graines + fibres. Les fibres adhèrent et couvrent les graines.

Résistance du coton-graine : les lobes de coton des capsules sont liés aux carpelles, de sorte que le coton oppose une force à toute action tendant à le décrocher, notamment la tempête et le vent.

Délintage : processus qui enlève la peluche de coton des graines.

Cueilleur ou cueilleuse de coton : personne ou machine enlevant le coton des capsules laissant les carpelles sur le plant.

Broches ou aiguilles : dans le cas de cueilleuse mécanique, les broches servent à retirer le coton des capsules après l'avoir enroulé autour d'elles.

Ecapsuleuse : machine qui arrache les capsules (coton + carpelles) du plant à l'aide de rouleaux en rotation et placés à environ 30° de l'horizontale.

Egrenage du coton : procédé mécanique qui permet la séparation de la fibre des graines.
L'équipement des égreneuses se compose de scies (60 à 80 scies par unité) dont les dents transportent le coton. Un frein placé tangentiellement aux scies empêche le passage des grains et provoque la séparation entre graines et fibre, celle-ci restant tenue par les dents de scie.

Rendement en fibre : quantité de fibre obtenue à partir de coton-graine en relation avec le poids total de fibre et de graines.
Il varie généralement de 33 à plus de 40 %, selon les variétés cotonnières.

Balle de coton : après égrenage, la fibre est pressée en balles rectangulaires ou rondes. La balle rectangulaire pèse plus de 200 kg (215 à 230 kg).

Nettoyeurs de coton : unité de nettoyage utilisé en égrenage pour séparer la poussière et la portion fine des matières étrangères.

Extracteur : unité utilisée en égrenage pour séparer le coton des larges particules de matières étrangères telles les carpelles et les tiges. Certains modules d'extracteurs peuvent se monter sur les écapsuleuses.

Grade : c'est la classification de la fibre en fonction de la couleur, de la teneur en matières étrangères, de l'appareillage d'égrenage, des caractéristiques technologiques (longueur, finesse, résistance de la fibre...) par comparaison avec des classes standards.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

I - Culture cotonnière

- 1 - CIDT, secteur de Boundiali
Rapport annuel campagne 1980-1981
Rapport mensuel Novembre 1981.
- 2 - CIDT, secteur d'Odienné
Rapport mensuel Août 1981
- 3 - CIDT, secteur de Mankono
Rapport annuel de motorisation campagne 1980-1981.
- 4 - DEAT M., 1982
Le désherbage chimique du cotonnier en Côte d'Ivoire. Point des travaux de recherche et les perspectives de développement en milieu rural
Coton et Fibres Tropicales Vol. XXXVII, fasc 4.
- 5 - GOEBEL S., 1983
Essais agro-variétaux et variétaux en Côte d'Ivoire
IRCT-IDESSA, Bouaké Côte d'Ivoire
- 6 - GOEBEL S., HAU B. et SCHWENDIMAN J., 1979
L'amélioration du cotonnier en Côte d'Ivoire par sélection massale pedigree.
IRCT-IDESSA, Bouake, Côte d'Ivoire
Coton et Fibres Tropicales Vol. XXXIV fasc. 2.
- 7 - KALMS J.M, 1974
Influence des propriétés physiques et hydrodynamiques sur la fertilité du sol.
IRAT-IDESSA, Bouaké, Côte d'Ivoire.
- 8 - LOMBARD P., 1972
Besoins alimentaires du cotonnier
Coton et Développement. Bulletin de liaison des Sociétés Cotonnières et de Développement régional.
- 9 - PARRY G., 1982
Le cotonnier
Editions Maisonneuve et Larose Collection Techniques agricoles et Productions Tropicales, Paris.
- 10 - PRETOT C., 1976
La modernisation des exploitations agricoles de savane en Côte d'Ivoire
Coton et Développement. Bull. de liaison des Sociétés cotonnières et de Développement régional, 4^e trimestre.

- 11 - SEMENT G., 1981
Eléments pour l'établissement de fiches techniques concernant la culture du coton en Côte d'Ivoire.
Conditions culturales et maintien de fertilité.
IRCT-IDESSA, Bouaké, Côte d'Ivoire.
- 12 - SEMENT G. et TOURE Y., 1982
Mise au point sur la densité du cotonnier en Côte d'Ivoire
IRCT-IDESSA, Bouaké, Côte d'Ivoire.
- 13 - XAVIER LE ROY, 1980
L'introduction des cultures de rapport dans l'agriculture vivrière Sénoufo. Le cas de Karakpo (Boundiali)
ORSTOM - Centre de Petit-Bassam, Côte d'Ivoire
- 14 - XAVIER LE ROY, 1981
Migrations cotonnières Sénoufo.
ORSTOM - Centre de Petit-Bassam, Côte d'Ivoire

II - Récolte manuelle du coton en Côte d'Ivoire

- 15 - ADEGBIDI J. RAPHAEL, 1981
Protocole d'essai " Récolte du coton ". Aide à la récolte manuelle
Centre Ivoirien du Machinisme Agricole, Bouaké, Côte d'Ivoire
- 16 - DE JONG J., 1965
Results of a preliminary investigation into cotton picking
Rhodesia Agricultural Journal, Vol.62 n° 1
- 17 - MORROW D.K., 1964
Resultats of a preliminary work study investigation into the operation of cotton picking carried out in Northern Rhodesia.
Reprinted from Emp. Cotton Grower Research, 42, 1, page 72.

III - Récolte mécanique du coton

(A) - DEFOLIATION

- 18 - BATCHELDER D.G., PORTERFIELD J.G. et GALEN Mc LAUGHLIN
Thermal defoliation of cotton
Beltwide Cotton Production Research Conferences
Proceedings, Jan. 1971.
- 19 - GARY L. BARKER, CHARLES S. SHAW, KIRK E. LUCKETT et FRED T. COOKE
Effects of defoliation, plant maturity and ginning setup on cotton quality and value in the Midsouth
Agricultural Research Service - S - 120, June 1976.
- 20 - GEORGE W. CATHEY
Acceleration of boll dehiscence with dessicant chemicals.
Agronomy Journal Vol.71, May-June 1979
- 21 - GEORGE CATHEY et KIRK LUCKETT
Using growth regulator chemicals to enhance cotton harvest
Reprinted from 1980 Plant Growth Regulator

- 22 - GURBAKSH SINGH et SANJIV KUMAR
Effect of some chemical defoliant on boll opening and yield of cotton
Punjab Agricultural University. Ludhiana - The Indian Journal of Agricultural Sciences Vol. 48 n° 11
Nov. 1978 p. 632-636.
- 23 - KIRK LUCKETT et GEORGE CATHEY
Effect of harvest-aid chemicals on cotton earliness and yield
USDA - SEA - AR and MAFES, Stoneville, Mississippi
Reprinted from 1979 Beltwide Cotton Production Research Conferences Proceedings.
- 24 - MOUSSAEV T.S. et KOROBATOV V.A.
Influence des époques de défoliation sur la productivité du cotonnier et la qualité des graines à la récolte mécanique.
Khlop, 1973, 7, p. 12-13.
- 25 - WILLIAMSON E.B et RILEY J.A., 1961
Interrelated effects of defoliation, weather and mechanical picking on cotton quality
Transactions of the ASAE, Vol. 4 p. 164-165 et 169.
- 26 - ZAKIROV T.S et KADRALIEV S.I
Defoliation et dessiccation des cotonniers (traduction du russe).
Khlop Xovodstvo n° 8, 1969 p. 25-26.

(B) - RECOLTE MECANIQUE AUX ETATS-UNIS

- 27 - ALLIS - CHALMERS 880 cotton harvester
The total harvest system.
- 28 - BAKER ROY V, 1971
Comparative performances of a stick machine and a bur machine on machine stripped cotton.
USDA Agricultural Research Service Techn.Bull n° 1437, 16 pages.
- 29 - BAKER ROY V. et WELDOM LAIRD, 1973
Extracting sticks from machine-stripped cotton
Transactions of the ASAE, p. 497-499.
- 30 - BAKER ROY V. et WELDOM LAIRD, 1973
An evaluation of the VSDA Limb and Stalk remover for cleaning machine-stripped cotton
USDA - ARS, S-3.
- 31 - BARKER G.L., C.S. SHAW et KIRK E LUCKETT
A seed cotton cleaning attachment for mechanical pickers.
Agri. Eng. Research Division - Agri. Res. S^{ce}, 1969, 21 pages.

- 32 - BARKER G.L., K.E LUCKETT, F.T. COOKE, R.O. THOMAS et E.B. WILLIAMSON
 Comparaison of cotton preharvest and harvest methods in the
 Mid-South, 13 pages
 Agri Eng. Research Division, Jan. 1972.
- 33 - BATCHELDER D.G., TAYLOR W.E et PORTERFIELD J.G.
 Stripper rolls for cotton harvesters. Tests of roll
 materials, speeds, arrangements and designs.
 Oklahoma Agric. Exp. Station Bull B.589, 1961.
- 34 - BATCHELDER D.G, TAYLOR W.E et PORTERFIELD J.G.
 Cotton stripper conveyors
 Oklahoma Station Project 578 et 753.
- 35 - BEN PEARSON SALES CORPORATION, EXPORT OFFICE
 . La incomparable Modelo 827. Cosechadora de Algodon
 . Las cosechadora de Algodon.
- 36 - CARTER L. et TAVERNETTI J.R
 Effet of pressure plate adjustments on cotton picker
 performance
 Cotton Gin and Oil Mill Press, May 1960.
- 37 - CEEMAT
 Manuel de motorisation des cultures tropicales
 Tome 2, p. 302 - 333
 Ministère de la Coopération, France
- 38 - COLWICK R.F.
 Mechanized harvesting of cotton. (70 pages)
 USDA-ARS, Southern Cooperatives Series, Bull 100, March 1965
- 39 - CORLEY T.E.
 Correlation of mechanical harvesting with cotton plant characteri:
 Transactions of the ASAE, Vol. 13, n° 6, Nov.Dec. 1970 p. 768-778
- 40 - CORLEY T.E.
 Basic factors affecting performance of mechanical cotton pickers
 Transactions of the ASAE, vol 9 n° 3, 1966. p. 326-327 et 332.
- 41 - CORLEY T.E.
 Research shows that for mechanical picking you get best
 results from early maturing, fluffy, weather resistant bolls.
 World Farming, IX, 1967, p. 21-23 et 34.
- 42 - GARNER T.H., DAVIS J.B. et RAYBURN S.T.
 Influence of harvest date on yield and quality of spindle -
 picked cotton
 Beltwide Cotton Production Research Conf. Proceedings, Jan. 1978
- 43 - HEDGES T.R et HOOVER M.
 Mechanical cotton harvesters : Acreage controls, changes in
 cultural practices and price affect economics of machine
 harvesting in individual Jarms
 California Agric. June 1958.

- 44 - INTERNATIONAL HARVESTER (I.H.) EXPORT COMPANY.
 - Growing and harvesting cotton
 - I.H. 1400 cotton harvester
- 45 - JAMES A. FRIESEN, KIRK I.W. et BRASHEARS A.D.
 A cotton stripper with air-belt conveyors for harvesting
 variable row-width research plots (3 pages).
 Texas A et M University Agric. Research and Extension Center, 1972.
- 46 - JOHN DEERE EXPORT
 - Cotton pickers and strippers (1978)
 - Cotton pickers and strippers : 9910 Picker, 484 Stripper,
 283 stripper (47 pages)
 - Cotton pickers and Strippers : New 7440 Stripper, 9940 Picker
 9920 Picker (55 pages)
- 47 - KEPNER R.A., CURLEY R.G, BROOKS C.R et WALHOOD V.T
 A brush-type stripper for double-row cotton.
 Transactions of the ASAE - Nov.Dec. 1979, p. 1234-1237.
- 48 - KIRK I.W., BRASHEARS A.D et HUDSPETH E.B.
 Field performance of cleaners on cotton stripper harvesters
 Transactions of the ASAE, Nov.Dec. 1972 p. 1024 - 1027.
- 49 - KIRK LUCKETT, ANDERSEN J.M. et RAYBURN S.T.
 Comparaison of a spindle picker and a brush-roll stripper for
 harvesting cotton on mixed clay soils.
 USDA-ARS and US cotton Ginning
 Beltwide Cotton Production Research Conferences Proceedings, 1977
- 50 - LAFFERTY D.G, 1964
 Cost of owning and operating cotton strippers
 Arkansas Farm Research, XV, fasc. 2.
- 51 - LAFFERTY D.G. et FRED DELZELL
 Cost of owning and operating cotton stripper machines.
 Univ.of Arkansas - Agric. Exp. Station, Report 169, May 1968.
- 52 - LOWREY A. SMITH et WILLIAM T. DUMAS.
 A cleaner for cotton strippers.
 Transactions of the ASAE, vol. 2, 1982, p. 291-296.
- 53 - PARKER R.E, EDWARD H. SHANKLIN et C. SCOTT SHAW.
 Hexadecyl alcohol as a spindle moistening agent for
 mechanical cotton pickers.
 Agric. Research S^{ce} (ARS) 42-110, March 1965.
- 54 - RAINGEARD J.
 Influence du mode de récolte sur les caractéristiques technologiques
 du coton.
 Coton et Fibres Tropicales Vol XXIII, fasc.3, 1968.
- 55 - RAY L.L. et JONES D.L.
 Comparaison of cotton harvesting systems on the high Plains.
 Texas Agric. Exp. Station. MP.403. Jan. 1960.
- 56 - RILEY J.A. et WILLIAMSON E.B.
 Relative humidity in cotton fields at harvest time (7 pages)
 Mississippi State Univ.- Agric. Exp. Station, Bull 581, July 1959

- 57 - ROCH J.
Récolte mécanique de trois variétés de cotonniers en Côte d'Ivoire
Coton et Fibres Tropicales, Vol XXX, fasc. 4, Déc. 1975, p.475-47
- 58 - SMITH L.A.
Differential action extraction comb
U.S. Patent and Trademark Office, Nov. 1969
- 59 - STANLEY W. ANTHONY et RICHARD A. WESLEY
Influence of gin machinery on monetary returns to cotton producer
Ginners Journal and yearbook, 1982.
- 60 - TELGEMEIER K. et METCALF V.A.
Mechanical stripping v.s. mechanical picking of cotton.
Univ. of Missouri - Agric. Exp. Station, 1965, 24 pages.
- 61 - TIPPIT O.J.
Cotton varieties for stripper harvesting in central Texas.
Texas Agric. Exp. Station. Feb. 1960, Dec. 1961.
- 62 - X...
Coming : Better cotton pickers
World Farming. April 1967, p. 12.
- 63 - X...
Sources of moisture in mechanically harvested seed cotton and its
effects on cotton quality.
ARS - USDA - Technical bull. n° 1373, 25 pages.
- 64 - X...
Premier essai de récolte mécanique du coton en Côte d'Ivoire
Coton et Fibres Tropicales Vol.XXVIII. fasc. 2. Juin 1973, p. 339
- 65 - X...
" Jet " moves picked cotton
Cotton, 4, n° 1, Jan. 1968. p. 18

(C) - AUTRES RECOLTEUSES DE COTON

- 66 - ALBERTO DOS SANTOS OLIVIERA, 1974
Cueilleuse de coton
Troisième Salon International des Inventions et des Techniques
Nouvelles (Suisse).
- 67 - I.N.T.A.
- Experimental brush cotton harvester
- Experimental bar picker unit
Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria
Rep. Argentina -

IV - Récolte du coton par voie pneumatique

(A) - RAPPELS DE MECANIQUE DE FLUIDES

- 68 - CARLIER M.
Hydraulique générale et appliquée
Eyrolles Editeur - Paris
- 69 - CEEMAT, 1974
Materiels de ventilation - p. 168
Manuel de conservation des produits tropicaux
Techniques Rurales en Afrique.
- 70 - FOCH A.
Introduction à la mécanique des fluides
Collection Armand Colin, Paris.
- 71 - NEKRASSOV B.
Cours d'hydraulique
Traduit du russe par G. DOUNTCHEVSKI
Editions MIR.
- 72 - OSBORNE W.C. et TURNER C.B.
Guide pratique de ventilation
Traduit par D. LAVARACK et C. SCHIMPF
Editions DUNOD, Paris

(B) - RECOLTE DU COTON PAR ASPIRATION

- 73 - ADEGBIDI J. RAPHAEL, 1979
Etude de la mécanisation de la récolte du coton dans les régions
tropicales africaines.
C.E.E.M.A.T. Antony.
- 74 - ALBERT KIENZ, 1982
Contraintes socio-économiques et développement de la mécanisation
en Région Nord, Côte d'Ivoire.
Centre Ivoirien du Machinisme Agricole (CIMA), Côte d'Ivoire.
- 75 - DUCREUX A., 1979
Test de récolte du coton par aspiration
CEEMAT, Montpellier
- 76 - DU PLESSIS H.E. et BRUWER J.J., 1966
An inexpensive cotton picker
Farming in South Africa
- 77 - FRANÇOIS VIALLET
Statistique et recherche appliquée
Chotard et Associés, Editeurs, Paris.

- 78 - KEMP D.C., 1970
Note on a visit to Barbados
Overseas Liaison Department - National Institute of Agric.
Engineering (N I A E), London.
- 79 - LITTLE T.M. et HILLS F.J.
Statistical methods in agricultural research.
UCD Books Store, University of California.
- 80 - MAROUZE C., 1982
Construction et essai d'une machine d'aide à la récolte manuelle
du coton.
C E E M A T, Antony.
- 81 - SMITH D., 1961
A new vacuum cotton harvester
Implement and Tractor, Kansas City, vol. 76, n° 6, p. 22-23.

(C) - RECOLTE DU COTON PAR SOUFFLAGE

- 82 - GALLAY M., SABOURIN H. et SIRVENTON R., 1974
Effeuilleuse mécanique à air comprimé
Institut National de la Propriété Industrielle, Paris.

