

CT 21053

Un Symposium sur le Désherbage des Cultures Tropicales a été organisé, les 7 et 8 septembre 1971 à ANTIBES, par le Comité français de lutte contre les mauvaises herbes (COLUMA).

Nous publions ici trois communications présentées par les agronomes de l'I.R.C.T., ainsi que la discussion à laquelle elles ont donné lieu.

## LE DÉSHERBAGE DU COTONNIER A MADAGASCAR : TECHNIQUES CULTURALES, HERBICIDES

par

**G. SÉMENT**<sup>(1)</sup>

L'importance de l'enherbement en culture de saison des pluies est analysée ainsi que son évolution suivant les conditions écologiques et l'intensité culturale. Plusieurs techniques de désherbage sont considérées, dont les désherbants chimiques : ceux-ci sont très souvent rentables et même, dans certains cas, indispensables.

L'expérimentation en matière d'herbicides s'est attachée d'abord à répondre aux besoins immédiats des utilisateurs en ce qui concerne les matières actives, les doses et les modalités d'emploi adaptées à un certain nombre de cas d'espèce; dès maintenant, les herbicides sont employés sur la moitié des surfaces cultivées en saison des pluies. Mais l'aspect dynamique de la recherche, concernant pour commencer des problèmes de modification floristique et d'accumulation de résidus, n'a pas été négligé pour autant et doit demeurer une des préoccupations essentielles du chercheur.

La vulgarisation des herbicides en petit paysannat n'a pu se réaliser que dans le cas de structures d'encadrement bien adaptées.

### INTRODUCTION

Les mauvaises herbes en culture cotonnière de saison des pluies, irriguée ou non, constituent un facteur limitant très important de la production que l'on ne parvient pas toujours à éliminer en exploitant toutes les ressources disponibles en matériel et en main-d'œuvre; ce facteur limitant, qui s'exerce à la fois sur le rendement et les surfaces, est incontestablement plus difficile à éliminer que d'autres, concernant par exemple la nutrition minérale ou la protection phytosanitaire, problèmes qui sont réglés de façon satisfaisante dans la plupart des cas.

Quant à la culture de saison sèche en décrue, telle qu'elle est pratiquée dans le nord-ouest, elle ne présente de gros problèmes de désherbage qu'en cas de semis précoces réalisés avant les dernières pluies: le sol y restant en principe sec en surface, il y a peu de levée d'herbes et les binages mécaniques, toujours possibles, s'imposent pour des raisons

d'aération du sol; l'emploi des herbicides n'y a pas encore dépassé le stade des essais.

C'est pourquoi il sera surtout question ici de désherbage en culture de saison des pluies, où les traitements de pré-émergence tiennent déjà une place très importante. On considérera également les traitements de post-émergence, qui ont tout juste donné leurs premiers résultats positifs en essais.

### PROBLÈME DES SARCLAGES ET ÉVOLUTION DE L'ENHERBEMENT

Le désherbage du cotonnier de saison des pluies réclame un travail manuel important, très souvent de l'ordre d'au moins 250 heures à l'hectare, pouvant même dépasser 1000 heures à l'hectare, en particulier lorsque l'humidité persistante du sol interdit ou retarde les façons d'entretien mécanique dans les interlignes et diminue l'efficacité des sarclages. L'enherbement est plus ou moins aigu suivant le passé cultural et suivant les conditions écologiques qui sont assez différentes d'une région à l'autre à l'intérieur du sud-ouest malgache.

(1) Chef de la section d'Agronomie de la station de TULÉAR (Madagascar).

## 1) Evolution de l'enherbement au cours des années

Ainsi, sur sols de bonne qualité et à saison sèche longue et bien caractérisée, la flore avant mise en culture étant principalement à base d'espèces à cycle court, surtout des Graminées telles *Rotboellia exaltata* et *Sorghum verticilliflorum* en sols très riches, il est extrêmement difficile et souvent même impossible, en première et en deuxième année, de mener à bien la culture sans le secours d'un herbicide: on a, dans les conditions de MORONDAVA par exemple, abandonné aux herbes pendant plusieurs années d'importantes surfaces semées, avant de généraliser l'emploi des désherbants chimiques. Ensuite, au fur et à mesure des années de culture, lorsque celle-ci est bien conduite, l'enherbement peut diminuer jusqu'à un point où le traitement herbicide n'est plus payant.

Au contraire, en conditions de sols moins riches et de saison sèche plus courte ou moins aride, la flore spontanée avant défrichage est à plus long cycle, et son équilibre est détruit par la mise en culture; l'enherbement peut y être très réduit au début, puis les espèces à cycle court se multiplient avec les années de culture, d'autant plus que la fertilité du sol est faible, le cotonnier n'arrivant pas à couvrir le sol de façon suffisante et assez rapidement pour limiter cette reproduction: c'est le cas de la région d'IKOSY. Naturellement, en culture très bien nettoyée, l'enherbement peut, là aussi, s'atténuer par la suite, mais une telle amélioration est plus difficile à obtenir qu'en conditions de fertilité élevée et de saison sèche marquée.

Dans le cas d'un assolement, l'enherbement de la sole en cotonnier est plus ou moins important suivant que la plante en rotation était peu ou très couvrante, à cycle court ou long, mal ou bien cultivée.

Il semble en définitive que, l'enherbement au départ étant conditionné par l'écologie, son évolution au cours des années résulte essentiellement du potentiel des sols et de la qualité de la culture. L'herbicide trouve sa justification, suivant les conditions, soit dans les premières années, soit au contraire au bout de quelques années de culture, ou même en permanence dans certains cas, tels celui de la culture irriguée, où l'eau apporte régulièrement des graines de mauvaises herbes.

## 2) Evolution de l'enherbement au cours de la saison

Celui-ci peut être différent suivant le régime des pluies, ou encore suivant la dominance de telle ou telle adventice: certaines espèces, comme par exemple *Rotboellia exaltata*, germent de façon très groupée à la première pluie, mais la plupart, et en particulier les petites Graminées, germent de façon très étalée tant que les conditions d'humidité à la surface du sol sont favorables et tant que le cotonnier ne couvre pas le sol; en outre, certaines espèces germent de préférence assez tard en saison,

pour des raisons soit de dormance, soit de température: c'est le cas de *Parthenium hysterophorus* et surtout d'*Argemone mexicana*, par exemple.

## TECHNIQUES CULTURALES DE LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES

Les moyens de lutte dont dispose le cultivateur sont de nature assez diverse, et plus ou moins directs; nous en considérerons quelques-uns, qui ont été expérimentés ou sont pratiqués avec plus ou moins de succès.

Les binages mécaniques des interlignes réduisent les sarclages manuels et sont réalisés dans la mesure du possible, mais en saison des pluies, l'humidité du sol en limite l'emploi et l'efficacité.

En culture irriguée, dans un essai réalisé à TANAN-DAVA en 1962-63 (2), l'irrigation des vieux billons pour faire germer de l'herbe avant le labour n'a pas réduit l'enherbement du cotonnier. Par contre, avec la méthode pratiquée à TULÉAR, consistant à faire démarrer le cotonnier par irrigation assez longtemps avant le début des pluies, méthode qui favorise par ailleurs le rendement pour des raisons d'ordre climatique, on est assuré d'avoir pour le premier sarclage des conditions de facilité et de bonne efficacité; en outre, après séchage de la surface du sol, les herbes ne lèvent plus jusqu'à l'irrigation suivante que l'on donne après un mois ou jusqu'aux premières pluies; on a même observé, en cas de sarclage retardé, une croissance très ralentie de la plupart des herbes, surtout des Graminées, qui se flétrissaient, tandis que le cotonnier poursuivait normalement sa croissance grâce à son enracinement plus rapide et plus profond. C'est, entre autres, le cas des essais de 1969-1970 figurant dans le tableau 3 (12), où les temps de sarclage et la concurrence des herbes étaient réduits par rapport aux autres années, comme le fait apparaître la réponse très atténuée des traitements herbicides.

En culture pluviale, à MORONDAVA en 1968-69 (18), la technique du semis reporté après levées massives d'herbes (surtout *Rotboellia exaltata*) et disquage pour les détruire, s'est révélée très efficace, mais entraîne une chute de rendement liée à la date de semis, ainsi que le risque de voir les semis retardés exagérément par des pluies ininterrompues.

A ANKAZOABO, l'introduction dans l'assolement d'une légumineuse fourragère très couvrante et à long cycle, *Dolichos lablab*, s'est traduite sur le cotonnier suivant par un effet nettoyant très apprécié des cultivateurs dans le cas où elle avait été semée assez tôt et de façon assez dense pour empêcher la reproduction des herbes (21); il se trouve que cette plante est intéressante à d'autres titres (appoints vivrier et fourrage de contre-saison, apport d'azote au sol, et peut-être aussi amélioration physico-chimique du sol actuellement à l'étude), mais son intérêt économique n'est pas démontré dans le cadre d'une ex-

exploitation intensive de terres dont la surface est limitée.

En culture de saison sèche sur décrue, il est possible de limiter l'euhébergement par une préparation appropriée du sol tendant à assécher au maximum la surface avant le semis, même si l'on doit faire celui-ci en « sillonnant » afin de mettre les semences au contact de l'humidité.

### DÉVELOPPEMENT PRIS PAR LE DÉSHÉBAGE CHIMIQUE EN PRÉ-ÉMERGENCE

L'emploi de désherbants chimiques est apparu indispensable pour compléter les moyens de lutte et se substituer partiellement aux sarclages manuels en cas de coût très élevé ou de disponibilités en main-d'œuvre limitées. Le début de vulgarisation des herbicides de pré-émergence en saison des pluies date de 5 ou 6 ans et la proportion des surfaces traitées par rapport à l'ensemble du cotonnier de saison des pluies augmente chaque année; elle est actuellement de 50 pour 100 environ et le tableau 1 en donne le détail par type de culture.

On constate, d'après ce tableau, que l'emploi des herbicides n'est pas encore développé dans tous les types d'exploitation: la vulgarisation en est assez délicate chez les petits cultivateurs préparant eux-mêmes leur sol, faute de structures adaptées. A ce propos, on peut se demander si le retour à la culture attelée constitue un facteur d'évolution favorable au développement de techniques nouvelles de ce genre, et s'il ne faut pas l'assortir d'un effort spécial en

ce sens, portant par exemple sur le recyclage de l'encadrement ou l'équipement en petit matériel de traitement.

En culture de saison sèche sur décrue, qui occupait en 1970 environ 6 500 hectares dans le nord-ouest et le centre-ouest, les herbicides ne sont pas employés pour le moment.

### EXPÉRIEMENTATION SUR LES HERBICIDES DE PRÉ-ÉMERGENCE

L'acuité du problème des mauvaises herbes a conduit à étudier le déshébergement chimique tout d'abord de façon assez hâtive, comme on l'a d'ailleurs fait en Europe (9) pour répondre aux besoins immédiats des utilisateurs, et, par la suite, à entreprendre des études plus approfondies sur le choix des produits, les doses optimales, les modalités d'application, la spécificité d'action et les effets résiduels.

#### 1) Tests d'efficacité des produits et doses

Au cours de six ans d'essais à la station de TANANDAVA (1, 2, 3, 4, 24, 25) et de cinq ans à la station de TULÉAR (5, 10, 11, 12, 13), l'accumulation d'observations souvent détaillées a permis de classer les herbicides de pré-émergence en trois catégories suivant leurs réponses qui figurent dans le tableau 2 avec, pour les formules retenues, les doses optimales. Ces résultats ont été recoupés par plusieurs essais implantés en diverses zones cotonnières, parfois même par des essais à grande échelle (14 à 23).

Tableau 1. — Surfaces cultivées en cotonnier de saison des pluies en 1970-71 à Madagascar, et importance des surfaces traitées à l'herbicide par type de culture (source : C.F.D.T. Madagascar).

Type d'exploitation	Irrigation	Surface cultivée ha	Surface traitée à l'herbicide	
			ha	%
Salarial	avec .....	95	53	57,1
	sans .....	1 483	837	56,4
	total .....	1 578	892	56,5
Paysans associés préparant eux-mêmes leurs sols	avec .....	440	0	0
	sans .....	765	9	0,1
	total .....	1 205	9	0,1
Paysannat étroitement associé	avec .....	1 160	1 160	100,0
	sans .....	513	253	49,3
	total .....	1 673	1 413	84,5
Total avec irrigation .....		1 695	1 215	71,7
Total sans irrigation .....		2 761	1 099	39,8
Total général .....		4 456	2 314	51,9

Tableau 2. — *Herbicides de pré-émergence classés en trois catégories, suivant la qualité de leurs réponses en essais sur cotonnier.*

Produits éliminés	Efficacité moyenne	Bonne efficacité avec sélectivité suffisante	Dose optimale kg/ha	
Chlorprophame (effet fugace)	Monuron (phyto-toxique)	Diuron	0,8 à 0,1	
Simazine (phyto-toxique)		Prométryne	1,0 à 1,2	
Diquat (effet fugace)	Amétryne	Prométryne + Amétryne	0,6 + 0,6 à 0,8 + 0,8	
Paraquat (effet fugace et phyto-toxique)	Fluorodifène	Trifluraline	1,2 à 1,8	
Nitroféne (effet fugace)		Terbutryne	1,4 à 1,8	
Noréa (effet insuffisant)		Fluométuron (bonne rémanence)		2,4 à 2,8
Néburon (effet insuffisant)				
Chlorthal-diméthyl (effet insuffisant) + divers produits expérimentaux				

En outre, sont actuellement testées plusieurs matières actives telles que l'alachlore, la nitraline et plusieurs produits expérimentaux, dont l'étude n'est pas encore assez avancée pour qu'on puisse les classer dans l'une ou l'autre catégorie.

Un herbicide est jugé convenable lorsqu'il est efficace et sélectif vis-à-vis du cotonnier. En fait, on peut tolérer une certaine phyto-toxicité passagère : en effet, mis à part les herbicides de pré-semis à enfouir qui possèdent une sélectivité « physiologique » au sens défini par LHOSTE (9), tels que trifluraline et nitraline, l'ensemble des produits à appliquer en post-semis et pré-levée ont une sélectivité plutôt « mécanique », dont bénéficient les plantes à grosse graine et à enracinement profond comme le cotonnier, du fait qu'elles sont moins en contact avec la couche superficielle du sol : cette forme de sélectivité est généralement moins satisfaisante et on assiste très souvent à des décolorations ou des brûlures entraînant une certaine mortalité ; mais ces dégâts sont généralement annulés par le démaillage, et l'on a constaté à plusieurs reprises, sur des essais réalisés en conditions très sales (16, 19), que l'enherbement du témoin avait fait lui-même disparaître plus de cotonniers que les traitements les plus virulents : beaucoup de plants avaient été éliminés non seulement par la concurrence, mais aussi du fait du sarclage réalisé en conditions difficiles.

La détermination de la dose optimale demande des tests assez nombreux, répétés dans des conditions écologiques différentes et aussi dans le temps pour éliminer l'effet des variations climatiques. Suivant

LHOSTE (9), les herbicides agissent surtout par la partie qui se solubilise dans l'eau, mais, par contre, l'excès d'eau peut aussi les entraîner au-delà de la zone de contact avec les herbes. On a également constaté ici des réponses très différentes suivant la température et l'humidité du sol et de l'air qui accompagnent ou qui suivent l'application : dans un même sol, telle dose peut avoir un effet insuffisant lorsqu'elle est appliquée sur terrain trop peu humide, ou, au contraire, lorsqu'un excédent d'eau l'entraîne par percolation, et c'est ce qui explique que les triazines considérées comme rémanentes en conditions extra-tropicales (9) le sont beaucoup moins ici, en milieu souvent saturé ; par contre, la même dose peut se révéler très phyto-toxique lorsque la température et le pouvoir évaporant de l'air sont très élevés : on a ainsi observé à TULÉAR et à MORONDAVA (10, 17), avec l'association prométryne-amétryne à dose modérée, une mortalité tout à fait anormale, en conditions d'aridité passagère à la fin du stade cotylédonaire, de même lorsque la première pluie après le traitement met de l'herbicide au contact des feuilles en ricochant sur le sol.

L'interaction avec les conditions climatiques peut s'exercer différemment d'un herbicide à l'autre, suivant sa rémanence : en cas de gros excédents de pluie survenant peu après l'application, l'effet des triazines peut se trouver annulé ou presque, tandis que le fluométuron ne descendrait que de quelques centimètres dans le sol, hors de la zone d'enracinement des herbes, mais juste dans celle des pivots des jeunes cotonniers ; on a ainsi constaté à ANKAZOABO (23), après une pluie de 60 mm suivant l'application de 2,4 kg/ha de fluométuron, des jaunisse-

ments assez prononcés sur cotonnier, alors que l'effet herbicide était lui-même insignifiant : la sélectivité mécanique s'était inversée.

Finalement, les doses retenues pour les recommandations aux utilisateurs résultent d'un compromis et correspondent à celles qui, d'après tous les résultats accumulés en essais et en pré-vulgarisation, semblent présenter le moins de risques à la fois dans le sens d'une efficacité suffisante et dans celui d'une phytotoxicité limitée. Les doses recommandées, qui varient en fonction de la texture du sol, sont indiquées dans le tableau 2 et les produits utilisés sont : en pré-semis la trifluraline, en post-semis sur sol humide l'association prométryne-amétryne, maintenant en voie de remplacement par le fluométron.

## 2) Etude des modalités d'application

On trouvera ci-après les principaux résultats d'essais ayant trait aux modalités d'application.

Pour la trifluraline en pré-semis, l'efficacité obtenue soit avec hersage, soit avec disquage est comparable, mais elle est insuffisante avec un billonnage direct (3) ; la nécessité, en cas de semis sur billons, d'un enfouissement profond a été démontrée (3). Une baisse d'efficacité a été observée pour des délais d'enfouissement dépassant une heure par temps ensoleillé (4) ; la bonne efficacité se maintient pour des applications réalisées 15 jours avant le départ des pluies (4). Toutefois, en cas de germination provoquée par irrigation précoce avant les pluies (10, 11, 12), la trifluraline, ainsi d'ailleurs que l'ensemble des herbicides appliqués avant semis, n'ont qu'un effet très limité, sans doute à cause d'un lessivage accentué par les fentes de retrait.

Pour la prométryne ou l'association prométryne-amétryne, on a observé, comme dans le cas d'épandages terrestres, une efficacité correcte de l'épandage par avion (4, 21), avec volume réduit à moins de 100 l/ha ; de même, le fluométron appliqué par avion sur sol humide pendant la germination (20) a donné les mêmes résultats satisfaisants qu'en application manuelle. On a constaté, lorsque l'application de prométryne-amétryne a lieu en sol sec avant les pluies (8), une baisse d'efficacité d'autant plus forte que le traitement se fait plus longtemps avant la germination. La prométryne incorporée au sol avant semis, lorsqu'elle n'est pas lessivée par des pluies excédentaires, présente une phytotoxicité accrue (10) puisqu'il n'y a pas de sélectivité mécanique dans ces conditions.

## 3) Observations sur la spécificité d'action des herbicides

L'inventaire des herbes avec classement par groupe, famille, genre et espèce est pratiqué autant que possible dans les essais, avec le souci de parer à une modification de la flore, qui s'opère non seulement sous l'effet des herbicides mais aussi de la culture par elle-même ; c'est l'un des aspects dynamiques de la recherche. Ces observations ont décelé une certaine évolution de la flore.

On avait ainsi remarqué à TANANDAVA en 1966 (3) que la prométryne s'attaquait surtout aux dicotylédones, alors que le diuron et la trifluraline étaient également efficaces sur mono- et dicotylédones, et c'est pourquoi on a associé pendant les trois années suivantes, sans bien la connaître encore, l'amétryne à la prométryne, pour renforcer l'action de celle-ci contre les Graminées dans le traitement de vastes ensembles cotonniers ; on s'est alors aperçu, à MORONDAVA en 1969 (18) et à TANANDAVA en 1971 (8), que la prométryne était plus efficace que l'amétryne, même contre les Graminées. Il reste que l'action plus prononcée contre les Graminées du diuron et de la trifluraline résulte peut-être d'une meilleure rémanence, celle-ci s'exerçant principalement sur les Graminées parce que leur levée se poursuit plus longtemps que celle des dicotylédones en général.

En fait, le spectre d'action ne semble pas très différent pour l'ensemble des produits de pré-émergence expérimentés : ce sont pratiquement toujours les mêmes herbes qui résistent, soit : *Rynchosia minima*, *Euphorbia hirta*, *Commelina* sp. et surtout *Ipomoea* sp. Toutefois, on a reconnu avec certitude à MORONDAVA (18, 19) que la trifluraline avait un meilleur effet que les autres herbicides essayés sur *Rotboellia exaltata*, adventice dominante au départ, et un effet moins bon sur les Légumineuses et Malvacées.

On continue d'observer la spécificité d'action comparée des produits, en particulier de ceux nouvellement essayés. Mais on peut penser, puisque l'on continue de pratiquer des sarclages complémentaires, que la modification de la flore vers des espèces résistantes aux herbicides sera moins rapide que si les travaux manuels étaient tout à fait supprimés.

## 4) Etude des effets résiduels des herbicides

Ce deuxième point concernant le côté dynamique de la recherche a été abordé dans le but de connaître les risques de phytotoxicité par accumulation des résidus en traitements répétés.

Deux études ont été réalisées à TULÉAR (6, 10) concernant la vitesse de dégradation de la prométryne, d'une part, et de l'amétryne, d'autre part : dans les deux cas, on avait incorporé au sol en une seule fois, donc accumulé artificiellement pour gagner du temps, des doses croissantes allant jusqu'à 20 et 30 fois la dose normale d'utilisation, et constaté, au bout de quelques mois, la disparition de leur effet tant sur herbes que sur cotonniers. L'analyse des résidus, faite par les laboratoires du fabricant, et portant sur des échantillons de sol prélevés à divers horizons, montre que :

— pour la prométryne, on retrouve au bout de 16 mois moins de 10 % des fortes doses entre 0 et 120 cm de profondeur ;

— pour l'amétryne, on retrouve après 4 mois et demi 15 % de la plus forte dose entre 0 et 60 cm de profondeur, avec 4 % entre 30 et 60 cm.

Ces résultats indiquent pour ces deux produits une disparition très rapide, dans laquelle la migration en profondeur n'est pas négligeable.

Une étude du même genre est actuellement en cours à TULÉAR (13) en milieu irrigué sur le fluométuron, dont les risques d'accumulation semblent a priori plus sérieux que pour les triazines, vu sa plus grande rémanence. Cette étude s'imposerait également en milieu non irrigué, donc en régime hydrique différent.

### 5) Justification économique des herbicides en culture de saison des pluies

Pour situer le seuil de rentabilité de l'herbicide, disons que son coût actuel, épandage compris, est de l'ordre de 7 000 à 8 000 francs FMG à l'hectare, et correspond à peu près à celui de 400 heures de main-d'œuvre, ou encore à la valeur de 180 à 200 kg de coton-graine sur pied, suivant le prix d'achat de la variété cultivée.

Le traitement herbicide appliqué dans de bonnes conditions parvient à réduire les sarclages manuels de 58 % en moyenne, et cette proportion ne semble pas en relation avec le degré de l'enherbement, ainsi que le fait apparaître le tableau 3 dans lequel on a regroupé les formules qui se sont révélées les meilleures dans les essais ayant fait l'objet d'observations sur les temps de sarclage et les rendements (3, 10, 11, 12, 13, 19, 20, 23). La rentabilité du traitement, qui se réalise à la fois par l'économie de

sarclage et par l'augmentation de rendement qu'il procure, est, quant à elle, en relation avec le degré d'enherbement. C'est ainsi que, dans certains cas, dont les essais de TULÉAR de 1969-70, démarrés par irrigation 45 jours avant les premières pluies, l'enherbement était naturellement réduit en dessous du seuil de rentabilité de l'herbicide.

En exploitation familiale, où l'on ne peut normalement pas considérer la réduction du temps de sarclage comme participant à la rentabilisation du traitement, encore que certains paysans fassent appel à de la main-d'œuvre rémunérée, l'augmentation de rendement apportée par l'herbicide suffit généralement à elle seule pour le rentabiliser, parce que la date moyenne des sarclages y est presque toujours plus tardive et la concurrence des herbes s'y exerce plus longtemps que dans les grandes exploitations. À ce propos, on peut signaler les augmentations de rendement très substantielles obtenues grâce aux herbicides dans les essais de TANANAVA en 1964 et 1965 (1) en conditions de sarclages retardés (tabl. 4), où les traitements ont, en outre, réduit de 4 à 1 le nombre des sarclages.

Enfin, il ne faut pas perdre de vue que le traitement herbicide peut permettre au cultivateur de mener à bien la culture de surfaces plus importantes en cotonnier ou encore de reporter une partie de son effort sur d'autres cultures.

Tableau 3. — Effet de l'herbicide sur le temps de sarclage et le rendement en conditions de sarclages non retardés.

Essai	Meilleure formule	Sarclage du témoin h/ha	Réduction du sarclage		Supplément de rendement kg/ha de coton-graine (c.v.)
			h/ha	% du T	
TANANAVA 1966			(pas d'observations)		316
TULÉAR 1968 (essai A)	trifluraline prométryne + amétryne	176	121,5	(69)	—
TULÉAR 1968 (essai B)	idem	250	160,1	(64)	202 n.s. (15,1 %)
TULÉAR 1969 (essai A)	fluométuron	231	166,7	(72)	716 n.s. (15,6 %)
TULÉAR 1969 (essai B)	terbutryne	260	153,5	(59)	181 n.s.
TULÉAR 1970 (essai A)	alachlore	127	47	(37)	—
TULÉAR 1970 (essai B)	alachlore	191	99,5	(52)	—
TULÉAR 1970 (essai C)	fluométuron	167,5	67	(40)	247 sign. (4,4 %)
TULÉAR 1970 (essai D)	fluométuron	323,8	136	(42)	350 n.s. ( 8,8 %)
MORONDAVA 1970	fluorodifène	483,3	391,5	(81)	313
TULÉAR 1971	fluométuron	188,3	114,9	(61)	187,5 n.s.
TULÉAR 1971 (grande parcelle assez propre)	idem	78,9	40,2	(51)	non observé
MORONDAVA 1971	alachlore	310,6	157,8	(51)	101 n.s.
SAKARAHÀ 1971 (propre)	fluométuron	40,5	25,5	(63)	202 n.s. (19,9 %)
ANKAZOANO 1971 (assez propre)	fluométuron	89,8	47,0	(52)	149 n.s. ( 4,6 %)

Tableau 4. — *Effet des herbicides sur le rendement du cotonnier de saison des pluies en conditions de sarclages retardés.*

Essai	Traitement	Dose kg/ha	Supplément de rendement kg/ha
1964	monuron	1,6	1 466
1964	diuron	1,6	1 956
1964	prométryne	1,0	788
1964	prométryne	1,0	1 098
1965	trifluraline	1,0	563

## 6) Rôle des herbicides en culture de saison sèche sur décrue

Quelques éléments d'appréciation nous sont fournis par des résultats d'essais réalisés de 1964 à 1967 (26, 27, 13). L'action positive de deux produits, la prométryne et surtout la trifluraline, a été mise en évidence dans certains essais, mais non dans ceux où la dessiccation du sol en surface avait atteint un certain stade. Le tableau 5 rassemble les résultats des essais d'AMBIVIHY en 1964, en l'absence de binage mécanique et en conditions de sarclages retardés.

Dans les essais de 1965 et 1967, dont les résultats figurent dans le tableau 6, les sarclages ont été

Tableau 5. — *Effet des herbicides sur le cotonnier de décrue en conditions de sarclage retardé.*

Traitement	Dose kg/ha	Effet herbicide (temps de sarclage non observés)	Supplément de rendement		
			kg/ha de coton-graine	seuil de signi- fication	coefficient de variation
Trifluraline	1	très bon	284	197	3 %
	2	très bon	373		
Prométryne	0,5	bon	304	200	7,5 %
	1	bon	211		
	1,5	bon	311		

Tableau 6. — *Effet de l'herbicide sur le cotonnier de décrue en conditions de sarclages faits à temps.*

Essai Traitement	Dose kg/ha	Effet herbicide	Effet sur rendement kg/ha de coton-graine	
(1965 - ANTANIMALANDY) trifluraline .....	0,960	(temps de sarclage non mesurés) très bon	+ 23	n.s.
(1965 - AMBIVIHY, sol sa- bleux) trifluraline .....	0,480	bon	- 23	n.s.
	0,960	très bon	- 55	
	1,440	très bon	+ 85	
(1965 - AMBIVIHY, sol limo- neux) trifluraline .....	0,480	bon	- 13	n.s.
	1,920	très bon	- 223	
(1967 - AMBIVIHY) trifluraline .....	0,960	Réduction du temps de sarclage		(rendements non observés)
		h/ha	% du T	
(1967 - AMBIVIHY) trifluraline .....	0,720	48	70	
		8,8	16	
		20,3	36	
		31,2	53	
(1967 - AMBIVIHY) trifluraline .....	2,880	31,8	56	

exécutés à temps et des observations chiffrées ont été faites, soit sur les temps de sarclage seuls, soit sur les rendements seuls.

Il semble, d'après ces résultats, que le seuil de rentabilité du traitement herbicide ne soit pas atteint en culture de décrue, sauf peut-être dans des cas extrêmes d'humidité prolongée ou de manque de main-d'œuvre. On n'a pas envisagé le cas où il pleut après les semis, ce qui est assez rare et justifierait plutôt un traitement de post-émergence à n'appliquer que dans cette éventualité. L'expérimentation herbicide en culture de décrue a été reprise cette année.

### CONDITION D'EMPLOI DES HERBICIDES

Le choix des produits et des moyens d'application doit s'adapter à une grande variété de situations, suivant que la culture est irriguée ou non, suivant que l'irrigation a lieu avant les pluies ou seulement après, suivant la structure des exploitations, le degré de mécanisation, les moyens de traction motorisée ou animale, et aussi suivant les qualités du sol et la nature des adventices dominantes. Ces conditions très variées présentent toutefois, en culture de saison des pluies, un point commun que l'on retrouve souvent dans l'ensemble des cultures annuelles intertropicales : c'est que les pluies sont très souvent excédentaires et tendent à lessiver (ou peut-être même à dégrader rapidement) l'herbicide, tandis que l'humidité quasi permanente à la surface du sol renouvelle constamment la levée des herbes tant que la culture ne couvre pas complètement le sol : la qualité première exigée de l'herbicide est alors une rémanence suffisante.

On doit même ménager au maximum cette rémanence et, dans ce but, attendre pour traiter que le sol soit déjà réhumidifié par une pluie ou une irrigation qui déclenchera la germination, les semis ayant été faits en sol sec, comme cela se pratique de plus en plus.

L'avion étant utilisé sur la plus grande partie des surfaces en cotonnier pour les traitements insecticides, il est normal qu'on l'utilise aussi au maximum pour les herbicides : il donne, en effet, à la fois un épandage rapide et régulier et la possibilité de travailler sur un sol non ressuyé. Mais son intervention est limitée aux herbicides qui ne nécessitent pas l'enfouissement : de plus, ses limites d'utilisation après pluie se restreignent encore du fait qu'un appareil ne peut guère traiter plus de 400 à 500 hectares (à 100 litres de solution à l'hectare) au cours des 2 ou 3 jours qui séparent la pluie de la levée ; enfin, la première pluie arrive généralement en même temps sur des régions assez éloignées, à la faveur d'une première dépression tropicale. Si l'on veut traiter davantage de surfaces par avion, il faut le faire en grande partie avant les premières pluies, mais avec une certaine perte d'efficacité, comme on l'a vu plus haut (8).

Si l'en est pas ainsi, il faut appliquer un traitement de pré-semis, à base de trifluraline pour le

moment, qui nécessite l'incorporation dans le sol et doit se réaliser au tracteur. Ce traitement est plutôt à réserver aux conditions de semis à plat, ou alors demande pour être efficace une dose assez élevée et un enfouissement assez profond, afin que le billonnage ne remonte pas de terre non traitée.

Enfin, les pulvérisations à la rampe à main sont encore assez peu courantes, mais c'est la seule formule possible dans toutes les conditions, y compris en sol non ressuyé, et tout particulièrement en petites surfaces et en cas de levée échelonnée. La rampe à main s'utilise surtout pour le moment en culture démarrée par irrigations précoces. Elle est susceptible d'un développement important en paysannat où la préparation des sols est faite par les particuliers, donc avec des dates de semis très échelonnées sur un même ensemble ; mais, dans ces conditions précises, les herbicides ne sont pas encore vulgarisés.

### EXPÉRIMENTATION SUR LES HERBICIDES DE POST-ÉMERGENCE

On vient d'obtenir à TULÉAR (13) des résultats positifs encourageants avec des traitements de post-émergence en application dirigée, 11 jours après le début de germination par mise en eau ; ces résultats sont présentés dans le tableau 7.

Tableau 7. — *Effet des herbicides de post-émergence à TULÉAR, en 1970-71.*

Traitement	Dose kg/ha	Réduction du temps de sarclage		Supplément de récolte kg/ha
		h/ha	% du T	
MSMA	1,690	64,1	36,5	372
fluometuron	0,660	65,3	37,2	306
+ MSMA	1,330			
DSMA	2,790	37,6	21,4	358
Seuil de signification		30,8		311
Coefficient de variation		24,5 %		6,8 %

Les mêmes herbicides essayés auparavant en application à 19 jours avaient eu des effets insignifiants. L'efficacité de ces traitements semble liée à une application réalisée très tôt après la levée, peut-être même avant le 10<sup>e</sup> jour.

On peut penser que, malgré leur absence de rémanence, de tels traitements seraient justifiés en culture pluviale chez des paysans préparant eux-mêmes leurs sols, et ceci pour des raisons de vulgarisation plus facile. D'autre part, ces herbicides se sont montrés efficaces contre certaines espèces résistantes aux produits de post-émergence, en particulier contre *Euphorbia hirta*, *Rynchosia minima* et surtout *Ipomaea* sp., et pourraient être envisagés

comme traitements complémentaires, ce qui apporterait une solution au problème de la modification floristique. Enfin, ils seraient peut-être indiqués en culture de saison sèche sur décrue dans l'éventualité d'une pluie tardive survenant après le semis. Il y aurait là de nouvelles orientations à donner à la poursuite de l'expérimentation.

## CONCLUSION

On a pu déplorer pendant un certain nombre d'années que l'intensification de la culture cotonnière ait été freinée par une concurrence souvent très sérieuse de la part des mauvaises herbes, contre lesquelles il était très difficile, et même dans certains cas impossible, de lutter sans les techniques modernes du désherbage chimique. Après quelques années d'une expérimentation suivie consacrée à ce problème, les solutions mises au point pour une bonne partie des nombreuses situations particulières que l'on peut rencontrer en culture cotonnière à Madagascar, sont dès maintenant satisfaisantes et, en attendant d'être encore précisées et améliorées, ont permis des progrès sensibles de la production chez les utilisateurs. C'est ainsi que l'essor de la production cotonnière dans la région de MORONDAVA, où les problèmes de désherbage étaient très graves sur des sols de très bonne qualité, n'a pu se réaliser que grâce aux herbicides, le pilier qui manquait pour étayer l'ensemble des facteurs classiques de production.

La vulgarisation des herbicides est malheureusement moins facile dès que l'on sort des conditions des grandes exploitations ou des associations de métayers fortement structurées. Pourtant, tous les planteurs ont besoin de l'herbicide : il existe dans une zone cotonnière du sud-ouest des sols très riches que le cultivateur n'ose pas aborder parce qu'il se sait incapable de lutter seul contre les grandes Graminées particulièrement agressives qui les caractérisent ; le désherbage chimique, qui fait partie des techniques très élaborées dont l'efficacité dépend étroitement des conditions d'emploi précises et strictement respectées, ne peut être mis à la disposition du cultivateur et porter ses fruits que grâce à un effort particulier du vulgarisateur.

## BIBLIOGRAPHIE

1. BERGER M. (1966). — Etude des herbicides en culture cotonnière en Afrique et à Madagascar. *Journées d'agronomie*, I.R.C.T. Paris.
2. BERGER M. — Rapport annuel 1962-63, section d'agronomie, I.R.C.T.-Samangoky, Tanandava.
3. BERGER M. — Rapport annuel 1965-66, section d'agronomie, I.R.C.T.-Samangoky, Tanandava.
4. BERGER M. — Rapport annuel 1966-67, section d'agronomie, I.R.C.T.-Samangoky, Tanandava.
5. BLANGUERNON F., S. CRETENET, G. SEMENT et D. THIERRY. — Rapport annuel 1966-67, section d'agronomie, I.R.C.T. Tuléar.

6. CRETENET S. (1966). — Note sur la recherche d'une méthode rapide d'étude de la phytotoxicité par l'accumulation des herbicides dans le sol. Application à la prométryne, I.R.C.T. Tuléar.
7. DEBRICON P. et J.Y. DURAND. — Rapport annuel 1967, station I.R.C.T. de Majunga.
8. KAISER R. et A. ROUSSEL. — Rapport annuel 1970-71 section d'agronomie, I.R.C.T. de Tanandava (en préparation).
9. LHOSTE J. *et al.* — Les possibilités d'utilisation des herbicides dans les cultures (C.R. du Colloque « Herbicides et techniques de culture », Versailles, février 1969).
10. SEMENT G. — Rapport annuel 1967-68, section d'agronomie, I.R.C.T. Tuléar.
11. SEMENT G. — Rapport annuel 1968-69, section d'agronomie, I.R.C.T. Tuléar.
12. SEMENT G. — Rapport annuel 1969-70, section d'agronomie, I.R.C.T. Tuléar.
13. SEMENT G. — Rapport annuel 1970-71, section d'agronomie, I.R.C.T. Tuléar (en préparation).
14. SEMENT G. — Rapport annuel, 1967-68, expérimentation Ihosy, I.R.C.T. Tuléar.
15. SEMENT G. — Rapport annuel 1968-69, expérimentation Ihosy, I.R.C.T. Tuléar.
16. SEMENT G. — Rapport annuel 1969-70, expérimentation Ihosy, I.R.C.T. Tuléar.
17. SEMENT G. — Rapport annuel 1967-68, expérimentation Morondava, I.R.C.T. Tuléar.
18. SEMENT G. — Rapport annuel 1968-69, expérimentation Morondava, I.R.C.T. Tuléar.
19. SEMENT G. — Rapport annuel 1969-70, expérimentation Morondava, I.R.C.T. Tuléar.
20. SEMENT G. — Rapport annuel 1970-71, expérimentation Morondava (en préparation).
21. SEMENT G. — Rapport annuel 1968-69, expérimentation Ankazoabo, I.R.C.T. Tuléar.
22. SEMENT G. — Rapport annuel 1969-70, expérimentation Ankazoabo-Sakaraha, I.R.C.T. Tuléar.
23. SEMENT G. — Rapport annuel 1970-71, expérimentation Ankazoabo-Sakaraha, I.R.C.T. Tuléar (en préparation).
24. THIERRY D. — Rapport annuel 1967-68, section d'agronomie, I.R.C.T.-Samangoky, Tanandava.
25. THIERRY D. — Rapport annuel 1968-69, section d'agronomie, I.R.C.T.-Samangoky, Tanandava.
26. TRELLU A. — Rapport annuel 1964, station I.R.C.T. de Majunga.
27. TRELLU A. — Rapport annuel 1965, station I.R.C.T. de Majunga.

## SUMMARY

*The importance of weed growth in rainy season farming is analyzed as well as its evolution according to the ecologic conditions and to the cultural intensity. Several weed control techniques are considered, amongst which chemical weed killers: these are very often profit-earning and in some cases indispensable.*

*In herbicides experimentation, the first concern has been to meet the users immediate requirements as regards active matters, the doses and the modalities of use adapted to a certain number of particular cases; already now, herbicides are used on half the acreage cultivated during the rainy season. But the dynamic aspect of research concerning first the problems of floristic modification and of residues accumulation, has not been neglected for all that and should remain one of the essential preoccupations of research workers.*

*The extension of herbicides in small farm areas has only been possible in the case where well adapted supervising structures exist.*

#### RESUMEN

*Se analiza la importancia del enyerbado en cultivo de estación de lluvias, así como su evolución según las condiciones ecológicas y la intensidad del cultivo.*

*Se consideran diversas técnicas de desherbado, entre ellas los herbicidas químicos: estos son muy a menudo rentables y, en ciertos casos, indispensables.*

*La experimentación en materia de herbicidas ha tenido por objeto, en primer lugar, responder a las necesidades inmediatas de los utilizadores por lo que se refiere a las materias activas, habiéndose adaptado las dosis y las modalidades de empleo a un cierto número de casos de especie; desde ahora, los herbicidas se emplean en la mitad de las superficies cultivadas en la estación de lluvias. Pero el aspecto dinámico de la investigación, relativo en el comienzo a los problemas de modificación florística y de acumulación de residuos, no ha sido descuidado, a pesar de todo, y debe constituir una de las preocupaciones esenciales del investigador.*

*La vulgarización de los herbicidas entre los pequeños campesinos no ha podido realizarse más que en el caso de estructuras de encuadramiento bien adaptadas.*