

La lutte contre les mauvaises herbes

À partir d'une contribution de T. Le Bourgeois (CIRAD)
et P. Marnotte (CIRAD)

LES MAUVAISES HERBES

La lutte contre les mauvaises herbes, ou plutôt la gestion à long terme de l'enherbement d'une parcelle dans un contexte agroécologique donné, représente l'un des principaux enjeux permettant la durabilité des systèmes de production. La mise en place de cette gestion nécessite une connaissance approfondie de ces enherbements, notamment de leur composition floristique, de leur diversité spécifique, et de l'écologie et la biologie des espèces qui les composent. Cette démarche permet de connaître de façon précise les organismes contre lesquels il faut lutter et les facteurs écologiques et agronomiques qui vont influencer leur développement. Ainsi, il devient possible d'agir sur ces facteurs pour maintenir les communautés de mauvaises herbes en dessous d'un seuil de nuisibilité globale.

● Une définition délicate

Mauvaises herbes et *adventices* en français, *weeds* en anglais et *unkraut* en allemand sont peut-être les termes les plus importants de la malherbologie. Cependant leur définition pose des difficultés insurmontables. Si le terme adventice a un sens écologique (plante introduite accidentellement dans des milieux modifiés par l'homme), le terme mauvaise herbe a un sens malherbologique (plante indésirable là où elle se trouve)¹. Les termes anglais et allemand, eux, véhiculent les deux notions.

Même en français, le terme de *mauvaise herbe* n'est pas toujours satisfaisant. En effet, la définition de l'AFNOR peut susciter des ambiguïtés dans sa compréhension. Aussi, il est nécessaire de préciser que le statut de *mauvaise herbe* ne devrait être attribué qu'à une plante installée postérieurement à une activité humaine et ayant un effet nuisible direct ou indirect.

Cette notion de *mauvaise* n'a pas une valeur absolue et certains auteurs, de façon plus objective, qualifient les *mauvaises herbes* d'éléments *commensaux* du cultivar, sans préjuger d'un effet positif ou négatif. Pour d'autres, il s'agit de plantes plus nuisibles qu'utiles, même si un effet bénéfique leur est reconnu : diminution de l'érosion du sol, fertilisation, intérêt médicinal ou alimentaire...

¹ AFNOR.

D'ailleurs, dans les agrosystèmes traditionnels, au Mexique par exemple, les agriculteurs maintiennent en association avec la culture certaines espèces qu'ils appellent *buen monte* (bonnes plantes) et n'éliminent que les *mal monte* (mauvaises plantes). En effet, dans de nombreux systèmes traditionnels en région tropicale, différentes *mauvaises herbes* sont maintenues dans les champs et utilisées à des fins diverses : nourriture, médecine, cérémonies religieuses, amélioration du sol, limitation de l'érosion, apport de matière organique...

Aussi le terme général de *mauvaise herbe*, utilisé en français pour nommer les espèces végétales croissant dans les parcelles cultivées sans y avoir été intentionnellement plantées est assurément peu adéquat, mais la langue française n'en possède pas encore d'autre. D'une façon générale, le terme de mauvaise herbe peut être utilisé pour désigner l'ensemble des espèces appartenant à la flore des parcelles cultivées, sans préjuger de leur action sur la culture, même si certains définissent les mauvaises herbes comme des plantes dont on n'a pas encore trouvé d'utilité.

● **Biologie et écologie des mauvaises herbes**

Toute plante n'est pas mauvaise herbe. La capacité d'une espèce à devenir une mauvaise herbe ou une plante envahissante, dépend d'un certain nombre de caractères adaptatifs de l'espèce par rapport au contexte agricole.

● **Les caractères d'adaptation aux pratiques culturales :**

- > ressemblance morphologique ou physiologique avec les plantes cultivées :
 - *plantes mimantes* : pas ou peu distinguables de la culture, surtout au stade jeune (les riz adventices en riziculture irriguée) ;
 - *plantes tolérantes ou résistantes aux herbicides* (*Euphorbia heterophylla* ou *Commelina benghalensis* en culture cotonnière) ;
- > maturité des grains synchrone de la récolte (riz adventices ou *Rottboellia cochinchinensis* en riziculture) ;
- > dormance des graines et longévité dans le sol (les graines de *Striga hermonthica* peuvent rester viables vingt ans dans le sol) ;
- > polymorphisme des graines et des besoins germinatifs (*Commelina benghalensis* produit quatre types de graines ayant des niveaux de dormance différents) ;
- > germination discontinue pendant de longues périodes (la germination des graines d'*Ipomoea eriocarpa* est possible tout au long de la saison des pluies) ;
- > dormance induite/innée (en région soudano-sahélienne, les graines de *Cucumis melo* ne germent que de mai à juillet quelles que soient les conditions expérimentales) ;
- > adaptation aux travaux culturaux :
 - *multiplication* à partir de rhizomes ou autres propagules végétatives, favorisée par le travail du sol, notamment le labour aux disques (*Cyperus rotundus*, *Imperata cylindrica*) ;
 - *redémarrage* par bouturage à partir des andains de sarclage (*Commelina benghalensis*, *Portulaca oleracea*).

● Les caractères d'adaptation liés à la phase reproductive

- > système de fécondation généralement auto-compatible (*Commelina benghalensis* possède des fleurs aériennes auto ou allogames et des fleurs souterraines cleistogames);
- > pollinisation par le vent ou des insectes généralistes (Poaceae, Asteraceae...)
- > production de graines importante en conditions favorables, mais également possible en condition de stress (de façon limitée) (cf. tableau 1).
- > Cumul de plusieurs types de reproduction (*Cyperus rotundus*, *Imperata cylindrica* : graines et rhizomes ; *Portulaca oleracea*, *Commelina benghalensis* : graines et boutures)

Tableau 1. Production de graines de quelques espèces de mauvaises herbes

Espèce	Nombre de graines par plante
<i>Bidens pilosa</i>	3 000 - 6 000
<i>Digitaria horizontalis</i>	12 000
<i>Ageratum conyzoides</i>	40 000
<i>Echinochloa colona</i>	42 000
<i>Striga hermonthica</i>	40 000 – 100 000
<i>Eleusine indica</i>	50 000 – 135 000
<i>Amaranthus spinosus</i>	235 000

● Les adaptations liées à la physiologie, la croissance et la compétition

- > croissance rapide au stade plantule (*Rottboellia cochinchinensis*) ;
- > taux de photosynthèse élevé ;
- > développement rapide du système racinaire ;
- > allocation rapide des photosynthétats vers de nouvelles surfaces foliaires ;
- > arrivée précoce en phase de reproduction (*Euphorbia heterophylla* peut produire des graines quatre semaines après germination) ;
- > armes spéciales pour la compétition : nitrophilie (*Amaranthus spinosus*, *Eleusine indica*) ; port couvrant (*Commelina benghalensis*) ; allélopathie (*Cucumis melo*, *Tithonia diversifolia*) ;
- > indépendance vis-à-vis des contraintes environnementales : forte capacité d'acclimatation à des conditions variables (plasticité phénotypique et génotypique).

● Biologie des mauvaises herbes, enherbement et désherbage

Seules les espèces possédant des types *bionomiques*², compatibles avec les contraintes du milieu cultural particulier, seront susceptibles d'acquérir le statut de *mauvaise herbe*. C'est pourquoi l'étude d'une mauvaise herbe particulièrement envahissante doit porter sur l'analyse de sa stratégie biologique. Il s'agit de comprendre l'ensemble des caractères qui lui confèrent cette capacité d'adaptation et d'envahissement dans un contexte agroécologique donné.

2 C'est-à-dire un ensemble de caractères biologiques, démographiques, génétiques coadaptés, régis par les lois de la sélection naturelle.

La gestion raisonnée de l'enherbement à long terme passe par la compréhension des processus de développement de la flore des parcelles et d'évolution de cette flore en fonction des facteurs agroécologiques. Cette compréhension peut être acquise à travers une analyse phyto-écologique en milieu réel, précisant l'effet des facteurs écologiques et agronomiques sur la distribution, le développement et l'abondance des espèces. Cette analyse globale doit être complétée par une étude analytique des espèces ayant un rôle agronomique majeur, décrivant la stratégie biologique de ces espèces en fonction des itinéraires culturaux utilisés. La synthèse de ces approches permet ensuite d'intervenir sur le ou les éléments du système de production favorisant le développement de telle ou telle espèce particulièrement indésirable.

Des études phyto-écologiques réalisées sur les enherbements en zone tropicale, il ressort que la présence des espèces est principalement liée à la nature physico-chimique du sol et à son humidité. Seules les plantes parasites sont strictement inféodées à un hôte. Au cours des années suivant la mise en culture de la parcelle, la composition de la flore évolue. Les toutes premières années, la flore est composée d'espèces issues du milieu naturel, peu compétitives, nécessitant peu d'action de désherbage, mais également peu adaptées biologiquement aux perturbations répétées du milieu agricole. Rapidement cette flore est remplacée par des espèces biologiquement mieux adaptées au contexte agricole et qui, au cours du temps, deviennent de plus en plus abondantes.

Ces nouvelles espèces sont apportées dans les parcelles par les semences contaminées, les outils, les animaux³, l'eau d'irrigation, le vent... Les pratiques culturales, en fonction de leur degré d'intensification⁴, influent sur la rapidité d'évolution de la flore et de sélection des espèces les plus adaptées au contexte. En quelques années apparaissent des enherbements quasiment monospécifiques, contre lesquels les agriculteurs n'ont plus aucun moyen de lutte dans le cadre des itinéraires classiques.

Exemple d'enherbement monospécifique

L'utilisation répétée d'herbicides de pré-levée du cotonnier, combinée à un labour au moment du semis et à l'utilisation d'engrais, a favorisé le développement d'espèces comme *Euphorbia heterophylla* en Côte d'Ivoire ou *Commelina benghalensis* au Cameroun. En quelques années, ces espèces sont devenues totalement dominantes. La préconisation d'un labour précoce (quatre à cinq semaines avant le semis) provoquant une levée massive de *C. benghalensis*, suivi de l'épandage d'un herbicide total au moment du semis, sans autre travail du sol, a permis de passer de quatre sarclages avec évacuation du champ à un seul sarclage.

Au cours d'une saison culturale, on peut également observer une évolution de la composition floristique de la parcelle ou de l'abondance des espèces. Les espèces de début de cycle ne sont pas les mêmes que celles de fin de cycle ou ont une abondance différente. Aussi l'étude de l'enherbement doit-elle prendre en compte à la fois les espèces de début de cycle et celles de fin de cycle. Les premières sont responsables de l'essentiel de la compétition vis-à-vis de la culture, tandis que les secondes agissent sur la pénibilité du travail de récolte, la dépréciation qualitative de la récolte et

³ Notamment lors du pâturage de fin de cycle.

⁴ Travail du sol, engrais, herbicides...

l'augmentation du stock semencier du sol. C'est pourquoi l'élaboration d'une démarche de gestion raisonnée de l'enherbement doit tenir compte de différents seuils de nuisibilité :

- > *nuisibilité biologique directe* : compétition avec la culture et baisse de rendement ;
- > *nuisibilité indirecte* : dépréciation de la récolte ou augmentation de la pénibilité du travail ;
- > *nuisibilité écologique locale* : gestion du flux du stock semencier du sol de la parcelle ;
- > *nuisibilité écologique régionale* : diffusion possible d'une espèce nouvellement introduite à l'ensemble de la région.

La mise en œuvre d'une action de désherbage doit être décidée en comparant le coût du désherbage avec le gain apporté par cette action sur le rendement, la qualité de la production, la culture subséquente, le maintien du potentiel de la parcelle et la préservation de l'environnement.

● **Les mauvaises herbes et leur identification**

L'étude du fonctionnement des communautés végétales dans les agrosystèmes nécessite en premier lieu d'identifier de façon précise les espèces concernées. L'identification des mauvaises herbes par les agronomes se heurte à quatre contraintes majeures :

- > les plantes doivent être identifiées dès le stade végétatif, or les flores classiques utilisent le principe de classification linéenne basé sur la structure florale ;
- > l'utilisation des clés dichotomiques oblige à répondre à un grand nombre de questions selon un cheminement imposé par l'organisation de la clé. Lorsqu'une question porte sur un caractère absent de l'échantillon, il n'est pas possible de poursuivre l'identification ;
- > une erreur de réponse à une question n'est pas tolérée lors de l'utilisation de ces clés. L'utilisateur ne s'en rend compte qu'au moment où il parvient à une question ne correspondant pas à l'échantillon. Pour autant, il ne sait pas à quel moment l'erreur a eu lieu. Il doit donc reprendre la démarche depuis la première question de la clé ;
- > les questions des clés d'identification utilisent un grand nombre de termes techniques, pas toujours connus des non-botanistes. Cela rend leur utilisation difficile, notamment lorsqu'il faut manipuler ces termes dans différentes langues.

Quelques flores des zones tropicales

Pour les zones tropicales, différents outils d'identification existent, plus ou moins performants et faciles d'utilisation.

En Afrique de l'Ouest, seule la *Flora of West Tropical Africa* est complète du point de vue systématique, mais elle ne permet pas d'identifier les plantes sans fleurs et elle est en anglais.

D'autres flores régionales ou nationales sont incomplètes, toutes les familles n'étant pas traitées. Pour certaines, l'édition est inachevée⁵. D'autres sont toujours en cours d'édition⁶. Pour d'autres encore, seule une famille est traitée⁷.

La *Flore du Sénégal* présente l'avantage de posséder une clé d'identification portant d'abord sur des caractères végétatifs, permettant d'identifier ou d'approcher l'identification d'échantillons non fleuris. Certaines flores ne comportent qu'une clé d'identification, tandis que d'autres comprennent également une description botanique complète de chaque espèce. C'est généralement le cas pour les flores nationales.

Certains ouvrages portent spécifiquement sur les mauvaises herbes d'une région ou d'une culture. Ainsi on peut trouver :

- > des plaquettes portant sur vingt à cinquante espèces comportant une photographie ou un dessin et une description sommaire des plantes⁸. Les illustrations de ces plaquettes et les descriptions sont parfois insuffisamment précises pour permettre une bonne identification ;
- > des manuels plus complets, portant sur un plus grand nombre d'espèces⁹. Dans ce type d'ouvrage, les descriptions sont souvent précises et bien illustrées (photographies ou planches botaniques), mais il n'y a pas de système d'identification. Il est donc nécessaire d'avoir une idée de la plante recherchée.

Certains manuels comportent un système d'identification par clé dichotomique¹⁰ ou par clé graphique¹¹. Ces clés graphiques portent principalement sur des caractères végétatifs et permettent d'identifier des plantes sans fleur. Elles sont compréhensibles par des non-spécialistes car elles utilisent des dessins sans terminologie technique.

La mise au point récente de cédéroms d'aide à l'identification et de description des mauvaises herbes tropicales¹² permet de pallier la plupart des contraintes des flores classiques pour la majorité des utilisateurs. Ces outils permettent une identification des plantes à partir d'un portrait robot. Cette méthode présente plusieurs avantages :

- > elle n'utilise que des dessins, sans terminologie technique ;
- > elle laisse à l'utilisateur le choix des caractères à décrire ;

5 Flore du Cameroun, Flore du Congo.

6 *Flora of Tropical East Africa*, Flore du Zambèze, Flore des Mascareignes, *Flora of Thailand*.

7 Flore des Poaceae du Niger, Flore des Poaceae de Côte d'Ivoire, Flore agrostologique de Madagascar.

8 *Field guide to important arable weeds of Zambia*, Les principales adventices de la canne à La Réunion, Guide des principales adventices des cultures maraichères de Nouvelle-Calédonie.

9 Guide des adventices d'Afrique de l'Ouest, Adventrop : les adventices d'Afrique soudano-sahéliennes, *Weeds of soybean field in Thailand*, *Weeds of rice in Indonesia*, *Plantas infestantes e nocivas-Brasil*.

10 *Manual of ricefield weeds in the Philippines*.

11 Adventices tropicales, AdvenRun : principales mauvaises herbes de La Réunion.

12 Adventrop : les adventices d'Afrique soudano-sahélienne ; AdvenRun : les principales mauvaises herbes de La Réunion.

- > elle tolère le manque d'information, donc permet l'identification d'échantillons incomplets ;
- > elle tolère les erreurs d'observations.

À chaque étape de l'identification, une probabilité de vraisemblance est calculée pour chaque espèce. Les espèces sont alors triées par ordre décroissant de vraisemblance. À tout moment, il est possible d'accéder à la fiche de l'espèce qui comporte des photographies, une planche botanique et des textes descriptifs botaniques et écologiques. Tous les termes techniques utilisés dans les textes sont gérés en hypertexte, qui fait appel aux définitions illustrées du glossaire.

Ces cédéroms sont couplés à des manuels de terrain et constituent des outils de travail, mais aussi d'enseignement et de formation, très intéressants et faciles d'utilisation pour les étudiants, les techniciens, les agents de développement, les agronomes et les malherbologues.

Tous ces outils sont complémentaires et le choix de l'un ou l'autre dépendra de leur disponibilité pour une zone d'étude donnée et de l'utilisateur concerné.

● **Les contraintes dues à l'enherbement**

Les mauvaises herbes constituent l'une des principales contraintes biologiques qui affectent la production alimentaire mondiale et plus particulièrement celle des pays en voie de développement. C'est en effet en zone tropicale que l'estimation des pertes de production est la plus élevée, avec 25 % contre 5 % dans les pays développés. Déjà, en 1967, la première analyse sur les pertes mondiales de production dues aux mauvaises herbes montrait qu'en Afrique ces pertes étaient de l'ordre de 10 à 56 %.

● **Les pertes de production**

En premier lieu, les mauvaises herbes peuvent avoir un effet négatif direct par compétition avec la culture vis-à-vis des éléments nécessaires à la croissance : eau, nutriments, lumière, espace de développement. Cette compétition est d'autant plus importante en début de cycle qu'aux premiers stades de développement les mauvaises herbes absorbent plus vite les nutriments que la culture. De nombreuses estimations de perte de production ont été recensées pour les cultures tropicales.

Estimations de pertes de production

Les pertes en culture cotonnière en Afrique sont évaluées à 35 % si les mauvaises herbes ne sont pas contrôlées pendant le premier mois après le semis. Elles peuvent s'élever à 90 % dans le cas d'une compétition avec *Cyperus rotundus* en culture irriguée, au Soudan.

Au Togo, une culture de maïs sarclée à deux reprises présente des pertes de rendement de 15 %, tandis que la même culture non sarclée accuse 85 % de pertes.

En culture d'arachide pluviale au Soudan, des pertes de 63 à 88 % peuvent être enregistrées.

En Asie, les pertes de rendement en riz pluvial peuvent varier entre 40 et 100 %, si l'enherbement n'est pas correctement géré entre 40 et 60 jours après semis.

Toutes ces valeurs ne sont qu'indicatives. En effet, une même culture peut réagir différemment à la compétition des mauvaises herbes en fonction des conditions écologiques du site et des conditions climatologiques de l'année. De même, l'importance de la compétition varie en fonction des espèces dominantes de la flore adventice et de la culture considérée. Cette compétition sera d'autant plus importante et préjudiciable à la culture, que les conditions de milieu sont limitantes : faible disponibilité en eau en période sèche ou en nutriments dans les sols dégradés.

Le parasitisme

Un cas particulier de dégât direct occasionné par les mauvaises herbes est le parasitisme. Le principal problème dans ce domaine, en zone tropicale, est dû au genre *Striga* et plus particulièrement à trois espèces de ce genre : *S. hermonthica*, *S. lutea*, *S. gesnerioides*. En Afrique, le genre *Striga* est présent dans 40 % des terres arables sub-sahariennes et occasionne des pertes moyennes de production céréalière (maïs, sorgho, mil) de 48 %. *S. asiatica* induit des pertes de récolte en maïs de 15 à 65 %, tandis que les pertes de production de sorgho dues à *S. hermonthica* au Nigeria s'échelonnent entre 10 et 90 %. Globalement, les attaques de *Striga* en Afrique étaient évaluées en 1991 à une perte directe de revenus estimée à 2,9 milliards \$US.

Les phénomènes d'allélopathie¹³ entre les mauvaises herbes et les cultures interviennent également dans les pertes de rendement. Cependant, ils sont rarement différenciés des phénomènes de compétition car au champ il est impossible de dissocier les deux mécanismes. Différentes espèces sont reconnues pour avoir un effet allélopathique sur les cultures. Par exemple, *Cyperus esculentus* a un effet dépressif sur le maïs et le soja, par émission de substances allélopathiques.

Les mauvaises herbes peuvent également jouer un rôle négatif indirect sur la production agricole. La présence de semences ou de débris végétaux peut réduire la qualité de la récolte et en diminuer la valeur commerciale. La présence de graines de *Rottboellia cochinchinensis* dans une récolte de maïs ou de riz en réduit le prix de vente ou peut empêcher son utilisation pour la semence. D'autre part, les mauvaises herbes peuvent servir d'hôtes secondaires pour différents ravageurs des cultures, insectes ou maladies. Au Soudan, une cinquantaine de mauvaises herbes donnent refuge à *Bemisia tabaci*, ravageur du cotonnier.

● Un coût élevé en temps de travail

La lutte contre les mauvaises herbes représente également un coût très important, notamment en temps de travail.

¹³ L'allélopathie correspond à l'ensemble des phénomènes qui sont dus à l'émission ou à la libération de substances organiques par divers organes végétaux, vivants ou morts et qui s'expriment par l'inhibition ou la stimulation de la croissance des plantes se développant à leur voisinage ou leur succédant sur le même terrain.

Calcul de temps de travail au Togo

Le sarclage et le buttage de la culture cotonnière représentent 18 à 42 % du temps total consacré à la culture. Ce temps varie beaucoup en fonction de l'âge de la parcelle et du nombre de sarclages effectués. De même, le temps de sarclage varie de 10 à 16 j/ha en fonction du degré d'enherbement. Les observations faites au Togo depuis 1982 montrent que le nombre de sarclages n'augmente pas de façon significative avec le nombre d'années de culture d'une parcelle. En revanche, la durée du sarclage augmente significativement. Le sarclage est également d'autant plus long qu'il est effectué tardivement.

Au temps de sarclage effectué durant la culture doit s'ajouter le temps de nettoyage de la parcelle en début de cycle. En zone tropicale à une saison des pluies et saison sèche marquée, l'enherbement de la parcelle en début de cycle est très faible et peut être éliminé correctement par une préparation de sol bien faite. Mais, dans les régions à deux saisons des pluies (climat guinéo-soudanien) ou dans les régions à hiver froid à forte condensation (régions montagneuses d'Asie du Sud-Est), la végétation se développe de façon importante durant l'inter-culture et les temps de nettoyage sont importants. En Asie du Sud-Est, le sarclage du riz pluvial de montagne représente 30 % des temps de travaux, auxquels viennent s'ajouter 28 % pour le nettoyage de la parcelle en début de cycle. C'est donc près de 60 % du temps qui est consacré à la lutte contre les mauvaises herbes, ce qui représente 140 à 190 j/ha de travail.

En culture attelée ou motorisée, l'utilisation du corps sarcléur permet de réduire considérablement les temps de travaux. Le sarclage ne nécessite que $1,5 \text{ j} \cdot \text{ha}^{-1}$, auquel s'ajoutent 3 à 6 $\text{j} \cdot \text{ha}^{-1}$ de sarclage manuel sur la ligne.

Le désherbage chimique de pré-levée permet un gain de temps important en éliminant ou en retardant le premier sarclage ou tout au moins, en le facilitant considérablement. Il permet ainsi d'améliorer le calendrier agricole en dégageant du temps au moment des sarclages, qui peut être reporté sur d'autres activités.

Le coût réel du désherbage dans les petites exploitations traditionnelles est difficile à chiffrer dans la mesure où la main-d'œuvre est essentiellement familiale ou organisée en travaux collectifs villageois, donc non rémunérée. À Madagascar, le coût du désherbage de la culture cotonnière représente 15 à 35 % des dépenses de production. Il en est de même pour l'entretien des cultures vivrières et cela ne représente que 10 à 20 % des dépenses en riziculture irriguée, culture pour laquelle le sarclage est souvent délaissé ou tardif.

Dans le calendrier de travail de l'exploitation, les premiers sarclages des cultures vivrières précoces entrent en concurrence avec la préparation des sols et les semis des cultures cotonnières et vivrières tardives. Ainsi, en culture traditionnelle, il est fréquent que l'un ou l'autre de ces travaux soit mal réalisé du fait de l'enherbement trop développé. Le sarclage est l'activité la plus consommatrice de temps pendant la saison de culture, notamment à une période où certains labours et semis sont encore à réaliser. La priorité est donnée à ces derniers au détriment des sarclages. Ceci se traduit par de forts enherbements donc par un travail ultérieur plus pénible et plus exigeant en temps.

L'intensification des cultures et la valorisation des intrants nécessitent une bonne maîtrise de l'enherbement. De nombreuses études montrent que la fertilisation est d'autant plus efficace que la maîtrise de l'enherbement est meilleure.

Le choix des itinéraires techniques et des rotations doit parfois être élaboré en fonction de certaines contraintes d'ordre malherbologique. C'est ainsi qu'au Bénin, l'apport de fumure organique (terre de parcage des zébus) n'est plus préconisé sur le cotonnier mais sur le maïs désherbé chimiquement, car les infestations d'*Ipomoea erio-carpa*, liées à l'apport de ce type de fumure, sont mieux maîtrisées par l'atrazine en culture de maïs. La rotation des cultures et des pratiques qui leur sont associées prend alors toute sa signification pour une gestion des enherbements. Par exemple, la culture continue de sorgho est proscrite sur les parcelles très infestées de *Striga* spp. : on préconise une rotation avec des plantes pièges *faux hôtes* (cotonnier, arachide...) qui permettent la germination mais pas la croissance complète du parasite et l'utilisation de variétés tolérantes voire résistantes.

LA MAÎTRISE DE L'ENHERBEMENT DES CULTURES

La lutte contre les mauvaises herbes ne pose pas de problème tant qu'on a la capacité de travail suffisante pour désherber manuellement par arrachage, sarclage ou rabatage à la machette. Cependant deux facteurs conduisent à des situations où l'enherbement n'est plus maîtrisé : l'augmentation des surfaces mises en culture et l'allongement de l'âge des parcelles avec l'abandon des jachères nettoyantes.

À la période de mise en place des cultures, au début de la saison des pluies, les activités de semis des cultures tardives et de désherbage des cultures précoces ne peuvent souvent être conduites simultanément, d'où l'apparition de goulets d'étranglement dans le calendrier cultural. Ce désherbage est d'autant plus pénible qu'il est effectué tardivement sur des populations de mauvaises herbes très développées.

L'augmentation de la production et la diminution de la pénibilité du travail sont liées à la limitation de l'enherbement précoce. La maîtrise de l'enherbement est un élément de l'itinéraire technique, raisonné par l'agriculteur en fonction de ses objectifs de production. Il est nécessaire de développer la notion de gestion de l'enherbement dans le système de culture en diversifiant les méthodes de lutte, par exemple, par l'utilisation du sarclage mécanique, avec l'emploi d'herbicides à diverses périodes du cycle cultural, ou encore par l'introduction de plantes de couverture dans la rotation.

● **Les méthodes indirectes de maîtrise**

● **Le travail de préparation du sol**

Le labour, qui enfouit les mauvaises herbes et leurs semences, a un rôle nettoyant si la couche travaillée est suffisamment profonde, ce qui est rarement le cas en culture manuelle ou même en culture attelée. Par ailleurs, le type de matériel joue un rôle déterminant : par exemple, les outils à disques favorisent la multiplication des espèces vivaces, comme *Imperata cylindrica*, *Cyperus rotundus*, *Cynodon dactylon*, etc. en culture pluviale ou *Oryza longistaminata* en riz irrigué. Chaque fragment de rhizome ou de stolon, multiplié par sectionnement, donne une nouvelle plante, de même que chaque tubercule isolé de ses voisins.

● L'implantation de la culture

La fourniture de semences indemnes de graines de mauvaises herbes évite leur installation dans les parcelles. C'est le cas de la production semencière de riz, qui suit des règles précises pour les seuils de présence de graines de riz adventices en riz irrigué ou de *Rottboellia cochinchinensis* en riz pluvial. Dans les pays, où a été mis en place un contrôle strict des semences, la riziculture est indemne de riz adventices ; au contraire, là où le contrôle des semences est moins strict, les parcelles nouvellement mises en culture sont très rapidement infestées. Si la gamme variétale est suffisamment large, il y a également toujours avantage à semer une variété vigoureuse à port élevé, au feuillage recouvrant et à croissance rapide ; une telle variété aura des avantages dans la compétition avec les riz adventices.

L'augmentation de la densité de semis est souvent préconisée pour réduire l'enherbement, sous réserve que la fertilité du sol soit suffisante ou qu'une fertilisation minérale soit apportée en complément. Cet avantage dans la compétition entre la culture et la mauvaise herbe se retrouve également dans les systèmes de culture où le riz est repiqué ; si, au moment du repiquage, la parcelle vient d'être mise en eau ou bien si le sol vient d'être travaillé, les riz adventices commenceront seulement à germer, alors que la culture sera déjà bien développée. A contrario, les riz adventices prolifèrent dans les zones où l'on passe du repiquage au semis direct ; c'est le cas actuellement en Asie où, faute de main-d'œuvre, le repiquage manuel est abandonné au profit du semis direct.

● La gestion de l'eau en riziculture irriguée

En riziculture irriguée, la gestion de l'eau et la qualité du planage participent à la maîtrise de l'enherbement. Une pré-irrigation suivie d'un assèchement provoque la germination des mauvaises herbes et leur élimination ; ce cycle peut être répété si l'eau est disponible. La submersion des casiers donne de bons résultats sur *Echinochloa colona* et *Ischaemum rugosum*, si le planage est parfait et si la lame d'eau atteint 10 à 15 cm. Par ailleurs, l'entretien des canaux améliore la propreté des eaux d'irrigation et réduit les sources d'infestation, par exemple avec *Scirpus maritimus* ou *Typha domingensis*.

● Le paillage du sol

Utilisé parfois en culture de manioc, d'igname ou de canne à sucre, le paillis (ou mulch) maîtrise bien l'enherbement, sauf par certaines espèces telles que *Rottboellia cochinchinensis* ou *Cyperus rotundus*. Hormis en canne à sucre où le paillis est constitué par l'effeuillage à la récolte, la contrainte majeure de cette technique est l'approvisionnement en paille : il est nécessaire de prévoir au moins sept tonnes de paille pour couvrir une parcelle d'un hectare.

Le paillage du sol au moyen de bâches plastiques est surtout employé en culture maraîchère ; il agit par ombrage et solarisation.

● Les plantes de couverture

L'utilisation des plantes de couverture répond à deux priorités : la lutte contre l'érosion et la maîtrise de l'enherbement. L'utilisation de couvertures de graminées ou de légumineuses modifie assez profondément l'ensemble des composantes physiques, chimiques et biologiques de l'écosystème cultivé. On peut citer notamment la

modification du bilan hydrique, des flux minéraux et de l'activité biologique, ainsi que la libération de substances chimiques par les plantes.

Un couvert fermé et permanent protège en effet le sol de l'action mécanique des gouttes de pluie, phénomène important en milieu tropical, car les pluies sont fréquemment intenses. Ainsi, par la préservation de la structure du sol et leur rôle d'absorption, les couvertures favorisent l'infiltration de l'eau au détriment du ruissellement (cf. chapitre 434). Par ailleurs, une couverture permanente du sol réduit la prolifération des mauvaises herbes par effet d'ombrage, par la compétition pour les ressources du milieu et, aussi, par des effets allélopathiques fréquemment suggérés par l'expérience.

Quelques plantes de couverture, actuellement testées dans différentes situations en zone tropicale, se sont montrées particulièrement intéressantes pour leur comportement agronomique ; il s'agit notamment de légumineuses comme *Arachis pintoï*, *Calopogonium mucunoides*, *Canavalia ensiformis*, *Cassia rotundifolia*, *Centrosema pubescens*, *Mucuna pruriens* var. *utilis*, *Pueraria phaseoloides* ou de graminées, telles que *Paspalum notatum*, *Pennisetum clandestinum*, le mil, *Pennisetum glaucum* ou le sorgho, *Sorghum bicolor*.

Ces espèces sont connues pour leur bon comportement et des semences sont facilement disponibles. Cependant, il serait également bon de s'intéresser aux espèces que l'on peut trouver localement.

● La rotation des cultures

La pratique de successions culturales sur une même parcelle permet de rompre les infestations des espèces difficiles à maîtriser, en diversifiant à la fois les conditions culturales et les moyens de lutte propres à chaque culture. Par exemple, en riziculture irriguée, la prolifération des riz adventices est stoppée par une rotation avec une culture pluviale.

● La lutte mécanique

● Le sarclage manuel

En zone tropicale, le sarclage manuel reste la méthode la plus répandue de lutte contre les mauvaises herbes. Cette opération, techniquement la plus simple à réaliser, se heurte néanmoins à de nombreuses contraintes :

- > le sarclage manuel est très souvent réalisé trop tard, alors que les mauvaises herbes ont déjà exercé une forte concurrence sur la culture ;
- > si le sol est humide au moment du sarclage, de nombreuses espèces, telles que *Commelina benghalensis*, ne se dessèchent pas et parviennent à repousser après le sarclage ;
- > les repousses des plantes mal enfouies par le labour, comme *Digitaria horizontalis*, nécessitent un premier sarclage dès la première semaine après le semis, alors que le délai normal est de trois semaines ;
- > le désherbage manuel est parfois délicat contre certaines espèces, quand l'espèce se confond avec la culture, comme le riz adventice annuel, *Oryza barthii* en riz irrigué ;

> le sarclage manuel demande entre dix et vingt jours de travail par hectare, d'après les normes obtenues en zone de savanes pour des cultures semées en rangs. C'est une activité très pénible et la main-d'œuvre, qu'elle soit familiale ou salariée, n'est souvent pas disponible. À la fin de la période d'installation des cultures, qui s'étale sur plus d'un mois, il y a concurrence dans l'organisation du calendrier de travail entre les derniers semis et les premiers sarclages.

La période critique de nuisibilité se situe généralement entre quinze et soixante jours après le semis pour les cultures annuelles à cycle court (cotonnier, maïs, sorgho, etc.) et entre trente et quatre vingt dix jours après la plantation pour les cultures à cycle long (igname, manioc, canne à sucre, etc.). Les sarclages précoces évitent à la culture de subir la nuisibilité des mauvaises herbes qui exercent leur concurrence même à des stades jeunes : on estime que la nuisibilité de cet enherbement précoce cause environ 30 % de pertes, aussi bien en culture cotonnière qu'en culture vivrière.

Si les interventions sont précoces, la végétation est moins développée ; le travail est donc moins pénible et son efficacité est meilleure, car on évite le bouturage de certaines espèces, comme *Commelina benghalensis*, ou bien le repiquage des souches de graminées. De plus, on empêche les espèces à cycle court, comme *Digitaria horizontalis* ou *Dactyloctenium aegyptium*, d'arriver à graines et d'accroître le stock semencier.

● Le sarclage mécanique

Pour les cultures à grands écartements (cotonnier, maïs, sorgho, mil, manioc, canne à sucre, etc.), le sarclage mécanique apporte les avantages suivants :

- > *gain de temps* : même s'il faut faire un sarclage complémentaire sur la ligne en début de cycle, l'opération mécanique sur l'inter-rang prend cinq à dix fois moins de temps que le travail manuel ;
- > *réduction de la pénibilité du travail* : en culture attelée, le guidage d'une houe tractée est un travail moins pénible que le sarclage manuel ;
- > *absence d'intrants* : hormis le coût de l'investissement, la mise en œuvre du sarclage mécanique n'induit pas de mouvement de trésorerie, puisque le travail est généralement fait par des membres de l'exploitation ;
- > *la combinaison des interventions* : l'enfouissement de l'engrais peut être effectué par un buttage, qui réalise simultanément un sarclage mécanique.

Toutefois, la pratique du sarclage mécanique impose certaines contraintes :

- > *la diffusion du matériel* : en culture attelée, hormis la nécessité évidente de pratiquer l'élevage, les exploitations ne sont souvent pas équipées avec du matériel de sarclage mécanique¹⁴. Il est donc nécessaire d'augmenter la diffusion des houes utilisables en culture attelée et de former les agriculteurs au dressage des animaux pour les sarclages ;
- > *la précocité des interventions* : encore plus que pour le sarclage manuel, il est indispensable d'insister sur l'intérêt de la précocité des interventions, afin d'empêcher la concurrence des mauvaises herbes sur la culture, mais surtout de faciliter le travail en évitant les bourrages des plantes trop développées dans les corps sarcleurs ;

¹⁴ Le premier investissement en culture attelée est la charrue.

> *la modification des systèmes de cultures* : le sarclage mécanique n'est pas possible si le défrichage a laissé de nombreuses souches et résidus sur la parcelle, si le semis n'est pas fait en ligne ou si l'inter-rang est planté de cultures associées qui empêchent le passage des outils.

● Le gyrobroyage

Pour les exploitations motorisées, le gyrobroyage est une technique courante d'entretien des parcelles en arboriculture (manguier, agrumes...) pour limiter le développement de l'enherbement naturel des inter-rangs, ou dans les pâturages pour rabattre les espèces nuisibles.

● L'emploi d'herbicides

Par rapport aux entretiens mécaniques, l'emploi des herbicides offre l'avantage de réduire la charge de travail consacrée à la maîtrise des mauvaises herbes en facilitant l'organisation du calendrier cultural, puisqu'une application d'herbicide demande moins d'une journée par hectare. En outre, utilisés à temps, les herbicides suppriment la concurrence de l'enherbement, notamment pendant la phase d'installation de la culture.

● Les types de produits herbicides

Plusieurs critères sont utilisés pour distinguer les différents types d'herbicides.

● Les spécificités

- > *herbicide sélectif* : herbicide qui, utilisé dans des conditions normales d'emploi, respecte certaines cultures et permet de lutter contre certaines mauvaises herbes de ces cultures ;
- > *herbicide total* : herbicide qui, utilisé aux doses conseillées pour cet usage, est susceptible de détruire ou d'empêcher le développement de toute la végétation avec des persistances d'action variables.

● Les modes d'action

- > *herbicide à pénétration racinaire* : appliqué sur le sol, il pénètre par les organes souterrains des végétaux (racines, graines, plantules) ;
- > *herbicide à pénétration foliaire* : appliqué sur le feuillage, il pénètre par les organes aériens des végétaux (feuilles, pétioles, tiges) ;
- > *herbicide de contact* : herbicide qui agit après pénétration plus ou moins profonde dans les tissus, sans aucune migration d'un organe à un autre de la plante traitée ;
- > *herbicide systémique* : substance ou préparation herbicide capable d'agir après pénétration et migration d'un organe à un autre de la plante traitée.

● Les époques d'application par rapport à la végétation

- > *traitement herbicide de pré-semis* : l'herbicide est appliqué après la préparation du sol et avant le semis de la culture ; cela permet notamment l'incorporation des produits volatils ou photodégradables ;
- > *traitement herbicide de post-semis* : effectué aussitôt après le semis ;
- > *traitement herbicide de pré-levée* : effectué avant la levée de la plante considérée (culture ou mauvaise herbe) ;
- > *traitement herbicide de post-levée* : effectué après la levée de la plante considérée (culture ou mauvaise herbe) ;
- > *traitement herbicide de post-levée précoce* : effectué avant la levée de la culture, mais après celle des mauvaises herbes, associant un herbicide de pré-levée et un herbicide de post-levée.

● Les types d'application

- > *traitement herbicide en plein* : effectué sur toute la surface de la parcelle ;
- > *traitement herbicide localisé* : effectué sur une partie du sol, de la culture ou des mauvaises herbes ;
- > *traitement herbicide dirigé* : effectué avec un herbicide non sélectif en protégeant la plante cultivée lors de l'application.

Quelques définitions de termes associés aux herbicides¹⁵

Association : préparation qui contient plusieurs matières actives.

Dose : quantité de matière active ou de préparation appliquée par unité de surface traitée¹⁶.

Formulant : toute substance ajoutée à la (ou les) matière(s) active(s) pour obtenir le produit formulé

Formulation : combinaison de divers composés visant à rendre le produit utilisable efficacement pour le but recherché.

Forme physique sous laquelle le produit phytopharmaceutique est mis sur le marché (CS : suspension de capsules ; EC : concentré émulsionnable ; SC : suspension concentrée ; SE : suspension-émulsion ; SL : concentré soluble ; SP : poudre soluble dans l'eau ; WG : granulés à disperser dans l'eau ; WP : poudre mouillable ; etc.).

Graminicide : substance ou préparation herbicide ayant une action spécifique sur les graminées et sélectif des dicotylédones.

Phytotoxicité : propriété d'une substance ou d'une préparation qui provoque chez une plante des altérations passagères ou durables.

Matière active : constituant d'une préparation auquel est attribué en tout ou en partie son efficacité.

Préparation ou produit formulé : mélange prêt à l'emploi d'une matière active et de formulants (cf. association).

Rémanence ou persistance d'action : durée pendant laquelle un produit herbicide manifeste son activité.

Spécialité : produit formulé de composition définie, autorisé à la vente sous un nom de marque.

Spectre d'efficacité : ensemble des espèces maîtrisées par un produit à une dose donnée.

Teneur : quantité de matière active contenue dans une unité de masse ou de volume d'une préparation ; elle s'exprime en pourcentage pondéral pour les formulations solides, et en g/l pour les formulations liquides.

15 Sources : ACTA, 2000. *Index phytosanitaire*. 36^{ème} édition. Association de coordination technique agricole. Paris. 644 p. DEUSE J. & LAVABRE E.M., 1979. *Le désherbage des cultures sous les tropiques*. Maisonneuve et Larose. France. 310 p.

16 Pour éviter toute ambiguïté, on exprime en grammes les doses de matières actives, et en kilogrammes ou en litres les doses de spécialités.

● La place des herbicides dans l'itinéraire technique

● Les herbicides de pré-levée

Ils ont fait l'objet des premières diffusions en zone tropicale, notamment sur les cultures des rotations cotonnières. Ces produits sont faciles à vulgariser, car leur spectre d'efficacité est souvent assez large et ils s'appliquent à une période bien définie, juste après le semis. Toutefois, ils sont très dépendants de l'état physique du sol : ils ne peuvent pas être appliqués sur un sol trop motteux ou couvert par un paillis épais. Leur disponibilité dans la solution du sol dépend de la texture : le produit est adsorbé par les feuillettes d'argile ou les colloïdes de la matière organique. Dans ce cas, la dose d'emploi doit être augmentée.

Inversement, en sol sableux, les risques de phytotoxicité sont accrus. La pluie, avant ou après l'application, favorise généralement la diffusion à la surface du sol de ces herbicides à pénétration racinaire. Une pluie érosive qui survient après l'application risque cependant d'entraîner le produit par ruissellement.

● Les produits de post-levée

Ils sont fréquemment employés en culture de riz ou de canne à sucre et peuvent être choisis en fonction des mauvaises herbes présentes. Ces produits sont souvent spécifiques : action anti-dicotylédone en culture de maïs, de riz ou de canne à sucre ou graminicide en culture de cotonnier ou de légumineuses. Ils sont indépendants du type de sol et de son état. En revanche, la pluie diminue, par entraînement du dépôt, l'efficacité de ces herbicides à pénétration foliaire épanchés sur le feuillage. Le délai nécessaire entre la pulvérisation et la pluie dépend du produit et de l'intensité de la pluie. D'autre part, la détermination de la date d'application est parfois difficile.

● Les herbicides totaux

Ce sont les plus répandus des produits de post-levée des mauvaises herbes. Ils peuvent être employés à diverses périodes du cycle cultural, soit en traitement en plein ou en localisé si la culture n'est pas installée, soit en traitement dirigé en cours de culture. Le choix des produits dépend des espèces à détruire :

- > en cas d'infestation par des espèces vivaces comme *Cynodon dactylon*, *Imperata cylindrica*, *Cyperus esculentus*, *Cyperus rotundus* ou *Launaea sp.*, des produits systémiques comme le glyphosate ou le sulfosate sont recommandés ;
- > si la flore n'est constituée que d'espèces annuelles (*Digitaria horizontalis*, *Tridax procumbens*, etc.), les produits de contact, comme le paraquat ou le glufosinate ammonium seront suffisants.

Quelle que soit la période d'emploi, l'efficacité sera meilleure si l'épandage est effectué sur des mauvaises herbes au stade plantule, sensibles au produit total à des doses assez faibles. Par exemple, lorsque les premières pluies arrivent très tôt, il est préférable de faire deux applications de paraquat à 200 g/ha à deux ou trois semaines d'intervalle sur des plantules de *Digitaria horizontalis*, plutôt que d'attendre la veille du semis, car alors une dose de 600 g/ha sera nécessaire sur des plantes adultes, sans garantie d'efficacité totale. Lors des applications de produits de post-levée, la pulvérisation atteint difficilement les parties basses des végétaux trop développés à cause d'un effet *parapluie*.

Il n'y a pas de risque de phytotoxicité en appliquant au moment du semis des herbicides totaux à pénétration foliaire, comme le paraquat et le glyphosate. Ces produits sont immobilisés et donc inactivés au contact du sol, par adsorption ou formation de complexe avec les argiles ou la matière organique. Tant que la culture n'est pas levée, elle ne peut être touchée. Ce n'est que dans les sols dégradés très sableux, sans matière organique ni argile qu'il pourrait y avoir un risque de phytotoxicité.

Tant en culture manuelle qu'en culture mécanisée, plusieurs cas de figures conditionnent l'emploi des herbicides totaux avant la levée de la culture.

En début de saison des pluies

Les précipitations sont trop réduites et trop irrégulières pour commencer les travaux du sol ; cependant, l'humidité est suffisante pour que se développent les mauvaises herbes à cycle court. Dans ce cas, le labour tardif, qui ne travaille souvent que sur une faible épaisseur de sol sans le retourner, ne permet pas d'enfouir complètement la végétation. Un nettoyage de la parcelle avec un herbicide avant le labour est alors souvent une bonne solution.

En cas de grosse charge de travail

Dans de nombreuses situations, la charge de travail ne permet pas à l'agriculteur de pratiquer la préparation de la parcelle et l'implantation de la culture assez rapidement pour empêcher le développement de l'enherbement sur les parcelles. En outre, l'irrégularité des pluies impose l'étalement des opérations culturales sur de longues périodes mises à profit par les mauvaises herbes pour s'installer. Les plantules apparues après le travail du sol peuvent être éliminées avec un herbicide total. Cette technique dite du *faux semis* est particulièrement efficace contre les espèces comme *Commelina benghalensis* dont la germination est favorisée par le travail du sol. En culture irriguée, une pré-irrigation, suivie de la destruction de l'enherbement par un herbicide total, joue le même rôle, par exemple pour lutter contre les riz adventices.

Le semis direct

La pratique du *semis direct*, avec suppression du travail du sol, permet une installation rapide des cultures et réduit la contrainte du respect des dates optimales de semis ; mais cette technique impose l'emploi d'herbicides totaux juste avant le semis, mais aussi dans les semaines qui précèdent, si des pluies ont fait germer des mauvaises herbes. Les producteurs en culture manuelle constituent une cible prioritaire pour la diffusion de cette technique. Attention toutefois à l'emploi de l'expression *semis direct* car elle concerne à la fois les cultures pluviales et le riz irrigué, mais avec des significations différentes dans les deux cas : en cultures pluviales, le semis direct correspond à la suppression du travail du sol avant l'implantation de la culture ; en riziculture irriguée, on parle de semis direct quand le riz est semé au lieu d'être repiqué, quelle que soit la préparation du terrain qui a précédé.

● **Des traitements dirigés**

Le sarclage mécanique, en culture attelée ou motorisée, utilisable pour les cultures semées à grand écartement (cotonnier, maïs, sorgho, mil, manioc, canne à sucre, arboriculture, etc.), ne peut être mis en œuvre que dans les premiers stades de la culture, afin de ne pas endommager la plante cultivée. Pour les stades ultérieurs, l'entretien de l'inter-rang peut être réalisé par des traitements dirigés avec des herbicides non

sélectifs de la culture. Cette technique de désherbage nécessite l'emploi d'un appareil de pulvérisation à pression entretenue équipé d'un cache de protection. Elle a l'avantage d'être rapide et moins pénible que les sarclages manuels.

● La rotation d'herbicides

L'emploi continu des mêmes produits herbicides conduit inévitablement à des sélections de flore, c'est-à-dire des peuplements souvent monospécifiques, constitués des espèces sur lesquelles ces matières actives ne sont pas efficaces. Ces nouvelles populations ne peuvent être maîtrisées que si l'on modifie les techniques de désherbage ou du moins si l'on diversifie les produits utilisés en choisissant d'autres familles chimiques qui auront d'autres sites d'action.

Dans les sélections de flores, il faut distinguer deux types de comportement :

- > soit l'espèce ne fait pas partie du spectre d'efficacité du produit employé et sa sélection par le traitement herbicide est tout à fait prévisible. Il y a alors simplement inefficacité de l'herbicide sur cette espèce, dite tolérante ;
- > soit il s'agit d'une population sur laquelle le produit est normalement actif, mais il peut arriver que certains individus ne soient pas affectés par le produit. Ces plantes non détruites vont se développer et se multiplier, créant ainsi une nouvelle population, que l'on qualifie alors de résistante.

● Les conditions d'application

La réussite d'une application d'herbicide est conditionnée par les règles suivantes :

- > choisir le produit employé en fonction de la flore des mauvaises herbes à maîtriser et de l'itinéraire technique de la culture ;
- > respecter les doses d'application. On constate souvent que les agriculteurs ont tendance à réduire les doses de produits, pour diminuer les coûts et éviter les risques de phytotoxicité, et que les traitements ne sont pas réalisés régulièrement en ligne : ces épandages de mauvaise qualité ne permettent pas une bonne répartition du produit sur la parcelle et créent des zones où le produit est sous-dosé, donc inefficace, et des zones où le produit est surdosé, donc phytotoxique ;
- > appliquer le produit à l'époque d'intervention préconisée. Par exemple, les produits de pré-levée ne doivent pas être appliqués sur des plantes déjà levées. Les herbicides de post-levée sont épandus en fonction du stade de développement des mauvaises herbes, en particulier s'ils ont une action de contact ; ils seront d'autant plus efficaces que les cibles visées sont jeunes. Par exemple, en riziculture, une application de propanil trop tardive se traduit par une mauvaise efficacité sur *Poaceae* : le propanil qui agit par contact, doit être appliqué sur des plantes très jeunes (stade 3-4 feuilles) pour être efficace ;
- > utiliser des appareils adaptés aux pulvérisations d'herbicides équipés de buses à jet plat, obtenu avec des buses pinceau ou miroir et non, comme le font fréquemment des agriculteurs, des appareils prévus pour les pulvérisations d'insecticides¹⁷. Un soin particulier est demandé aux opérateurs pour leur réglage et pour leur entretien après usage : rinçage, nettoyage... ;

¹⁷ Pulvérisateurs équipés de buses à jet conique à turbulence, voire atomiseurs à moteur.

- > vérifier régulièrement l'étalonnage des appareils afin de corriger leurs défauts (usure des buses) ou les défaillances des opérateurs. La quantité de bouillie épanchée par hectare doit être déterminée, pour faire les calculs de dilution ;
- > préparer soigneusement la bouillie est également un élément important de la pulvérisation : afin d'éviter le bouchage des buses, il est indispensable d'employer une eau de bonne qualité, d'utiliser un filtre et de s'assurer de l'homogénéité du mélange ;
- > maîtriser la technique d'application. Il est indispensable que la répartition sur la surface traitée soit parfaitement homogène, ce qui impose la régularité du débit de l'appareil et de la vitesse d'avancement ;
- > tenir compte des précautions d'emploi et des risques de toxicité ; l'emploi d'herbicides de pré-levée a des conséquences sur la suite de l'itinéraire technique : impossibilité par exemple de travailler le sol après l'épandage.

Dans le cas de cultures associées, le facteur essentiel est la sélectivité des herbicides employés par rapport à toutes les cultures en présence dans l'association. Il faudra donc, parmi les herbicides utilisables sur l'une ou l'autre des cultures, vérifier qu'il en existe au moins un qui soit bien sélectif de chacune des cultures à la dose employée, en fonction des époques d'application et des stades de développement des plantes cultivées.

● **Les variétés génétiquement modifiées résistantes à un herbicide**

La sélection de variétés résistantes ou l'introduction de gènes de résistance à un herbicide dans des variétés cultivées ouvre une nouvelle voie dans la maîtrise de l'enherbement. C'est le cas par exemple de la lutte contre les riz adventices. Le produit, généralement un herbicide total mais parfaitement sélectif de la variété génétiquement modifiée, pourrait être appliqué avec une grande efficacité sur les mauvaises herbes et sans risque pour la culture. Toutefois, se pose le problème de la fuite du gène de résistance à un herbicide dans le cas d'espèces de mauvaises herbes très proches de la culture, comme les riz adventices. Une pollinisation croisée serait possible entre riz adventice et riz cultivé. Il pourrait alors y avoir invasion par des riz adventices résistants, d'autant plus rapide qu'une forte pression herbicide serait appliquée sur plusieurs cycles successifs. Ainsi, il existe un risque de pollution génétique si des variétés de riz dérivées de transformations génétiques se développent.

● **Quelques cas particuliers**

L'agriculteur doit être sensibilisé aux risques de contamination de ses parcelles par les espèces dangereuses. Si la lutte contre ces espèces est entreprise dès les premiers stades de l'infestation, quand quelques individus sont repérés sur la parcelle et sans attendre que la population dépasse le seuil de nuisibilité, le coût des moyens à mettre en œuvre sera limité. Cette stratégie de protection, qui vise l'élimination d'une mauvaise herbe sur de faibles surfaces par un désherbage localisé, impose de savoir reconnaître la plante nuisible¹⁸, d'en détecter très rapidement la présence sur la parcelle (surveillance régulière), de raisonner le désherbage sur plusieurs années, et de pouvoir disposer de produits à un coût très faible.

¹⁸ Apprentissage de l'identification des mauvaises herbes et mise à disposition de manuels de reconnaissance.

● **Désherbage des espèces vivaces**¹⁹

Plusieurs techniques de lutte sont envisageables sur ces espèces vivaces, dont la multiplication est assurée par des organes de réserve (rhizomes, tubercules ou bulbes) :

- > le sarclage manuel ou mécanique en cours de culture, qui impose d'intervenir à chaque nouvelle levée avant la formation des organes de réserves pour épuiser le stock d'organes de réserve ;
- > l'extirpation manuelle des organes de réserve, ce qui n'est possible que sur de petites surfaces ;
- > les travaux du sol répétés pour épuiser les organes de réserve : cette technique est très onéreuse et demande beaucoup de travail ;
- > le labour de fin de cycle pour extraire les organes de réserve du sol et les laisser se dessécher au soleil durant la saison sèche ;
- > l'emploi d'herbicides totaux systémiques (glyphosate, sulfosate) au moment de la préparation du terrain. Pour ces produits, la meilleure efficacité est obtenue à la floraison de la mauvaise herbe. Cependant, ce n'est pas l'efficacité maximale qu'il faut rechercher ; il faut intervenir en fonction des contraintes de l'itinéraire technique de la culture. Il peut ainsi être préférable de perdre en efficacité de l'herbicide en traitant avant la floraison de *Cyperus rotundus*, pour respecter la date de semis de la culture.

● **Désherbage de *Rottboellia cochinchinensis***

Cette graminée qui concurrence vigoureusement les cultures pluviales, est mal maîtrisée par beaucoup de produits herbicides. Il existe cependant deux types d'herbicides utilisables contre cette mauvaise herbe :

- > la pendiméthaline, produit de post-semis/pré-levée à action anti-germinative, qui s'emploie principalement sur cotonnier, maïs, riz ou canne à sucre ;
- > les produits graminicides, qui s'utilisent sur les cultures dicotylédones : cotonnier, arachide, soja, niébé, tournesol, etc.

● **Désherbage de *Commelina benghalensis***

Souvent peu sensible aux herbicides de pré-levée, cette espèce, qui ne se dessèche pas, repart rapidement après un sarclage. Hormis la technique de faux semis, avec l'emploi d'herbicide total (cf. supra), il est possible de maîtriser *Commelina benghalensis* avec certaines matières actives à action spécifique :

- > en culture de maïs, en pré-levée avec l'aclonifen ou en post-levée avec le nicosulfuron ;
- > en post-levée du cotonnier, avec le pirithiobac sodium.

¹⁹ *Imperata cylindrica*, *Cyperus rotundus*, etc.

● Désherbage de *Striga* spp.

Il existe plusieurs espèces de *Striga*, qui parasitent les cultures. *S. hermonthica*, *S. aspera*, et *S. lutea* sont des hémiparasites sur les cultures de céréales (sorgho, maïs, mil, riz pluvial, fonio, canne à sucre), alors que *S. gesnerioides* est un holoparasite sur légumineuses (niébé). Sous-tendues par l'objectif d'une lutte intégrée, qui doit faire la synthèse des méthodes permettant la limitation des populations de *Striga*, différentes techniques peuvent être mises en œuvre pour les maîtriser :

● **Choix de variétés tolérantes**

Des travaux de sélection pour la résistance aux *Striga* sont conduits par plusieurs organismes de recherche.

● **Lutte agronomique**

- > *paillage du sol* : la germination des graines de *Striga* exige des températures élevées ; le paillage, qui limite l'échauffement du sol par le soleil, réduit les populations de *Striga* en bloquant cette phase du développement ;
- > *fertilisation et fumure* : les *Striga* se développent d'autant plus que les conditions de culture sont défavorables ; il est donc très important d'améliorer la fertilité du sol²⁰, plus particulièrement en augmentant l'apport d'azote. Par ailleurs, une culture vigoureuse résiste mieux au parasitisme des *Striga* et son ombrage sur le sol contribue à limiter la germination des *Striga* ;
- > *rotation des cultures* : certaines cultures, comme le cotonnier, jouent le rôle de plantes-pièges qui font germer les *Striga* sans permettre la fixation sur les racines ;
- > *culture associée* : l'effet d'une culture intercalaire, comme l'arachide, ou d'une plante de couverture sur les *Striga* se situe à trois niveaux complémentaires, combinant les effets du paillage, de la fertilisation et des plantes-pièges.

● **Lutte directe**

Destruction manuelle ou mécanique

Bien que la nuisibilité des *Striga* intervienne dès la fixation de la plantule sur la plante-hôte au cours de la phase souterraine de développement, il est important de détruire les parties aériennes le plus tôt possible afin de limiter cette période de concurrence et surtout d'empêcher la production de semences du parasite. Les arrachages ou les sarclages manuels ou mécaniques, qui permettent d'éliminer les parties aériennes des *Striga*, doivent être pratiqués dès l'apparition des premières pousses et renouvelés tant que des pieds subsistent.

Lutte chimique

Les applications d'herbicides de post-levée peuvent être effectuées dans les mêmes conditions (précocité, régularité) que les sarclages, avec par exemple le 2,4-D, le triclopyr ou le fluroxypyr : ces herbicides étant très phytotoxiques sur les cultures dicotylédones (cotonnier, arachide, niébé, cultures maraîchères, ...), il faut faire très attention aux cultures voisines lors d'une pulvérisation.

²⁰ Niveau global de fertilisation, correction de l'acidité...

● Une prise de décision complexe

La mise en œuvre d'une technique de lutte ne peut pas répondre à un schéma unique de désherbage, mais constitue une prise de décision complexe qui dépend :

- > de l'état d'enherbement actuel ou potentiel (espèces des mauvaises herbes, stade de développement) ;
- > de la culture (pure ou associée) ;
- > de l'itinéraire technique pratiqué ;
- > des contraintes de calendrier cultural ;
- > de l'état de surface de la parcelle (type de sol, mode de travail du sol, humidité) ;
- > du climat ;
- > de l'équipement disponible ;
- > des aspects économiques (rentabilité de l'opération, disponibilité monétaire) ;
- > des possibilités d'approvisionnement pour les herbicides.

Bibliographie

- ACTA, 2000. *Index phytosanitaire*. 36ème édition. Association de coordination technique agricole. Paris. 644 p.
- AKOBUNDU I. O., 1987. *Weed Science in the Tropics. Principles and Practices*. Wiley ed., 522 p.
- DÉAT M., 1981b. *Principales adventices du cotonnier en Afrique de l'Ouest. Description et techniques de lutte*. IRCT (éd.), Montpellier, 95 p.
- DEUSE J. & LAVABRE E. M., 1979. *Le désherbage des cultures sous les tropiques*. Maisonneuve et Larose eds., Paris, 312 p.
- FEUILLETTE B., MARNOTTE P. & LE BOURGEOIS T., 1994. *La lutte contre Imperata cylindrica*. Agriculture et développement. CIRAD-CA Montpellier (France). 3, 47-48.
- GABOREL C., 1987. *La pré vulgarisation des traitements herbicides en culture cotonnière et en maïsiculture au Bénin*. Coton et fibres tropicales, 42, 2, pp.111-115.
- GRARD P., LE BOURGEOIS TH., MERLIER H., 1996. Adventrop Doc V.1.0. *Les adventices d'Afrique soudano-sahélienne*. CD-ROM. Montpellier, France, CIRAD-CA éd.
- HOFFMANN G., MARNOTTE P. & DEMBÉLÉ D., 1997. *Emploi d'herbicides pour lutter contre Striga hermonthica*. Agriculture et développement. CIRAD-CA Montpellier (France). 13. pp.58-62.
- ISYS Phytosanitaire, 1999. *Réseau de maîtrise des produits phytopharmaceutiques*. Site Internet. http://www.refer.org/benin_ct/edu/isysphyt/acnavig.htm
- LE BOURGEOIS TH., MERLIER H., 1995. Adventrop. *Les adventices d'Afrique soudano-sahélienne*. Montpellier, France, CIRAD-CAéd., 640 p.
- LE BOURGEOIS TH., JEUFFRAULT E., FABRIGOLE S. 1999. AdvenRun. *Principales mauvaises herbes de La Réunion*. Saint Denis, La Réunion, CIRAD-CA et SPV éd., 124 p.
- MARNOTTE P., 1995. *Utilisation des herbicides : contraintes et perspectives*. Agriculture et développement. CIRAD-CA Montpellier (France). 7, pp. 12-21.
- MERLIER H. & MONTÉGUT J., 1982. *Adventices tropicales*. ORSTOM-GERDAT-ENSH éd., Montpellier, 490 p.
- SCALLA R., 1991. *Les Herbicides, mode d'action et principes d'utilisation*. INRA éd., Paris, 450 p.