

ANPP - DIX-HUITIEME CONFERENCE DU COLUMA
JOURNEES INTERNATIONALES
SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
TOULOUSE - 5, 6, 7 DECEMBRE 2001

LES EFFETS ALLELOPATHIQUES
DE L'AVOINE (*AVENA SATIVA*)
SUR DIFFERENTES MAUVAISES HERBES
ET PLANTES CULTIVEES

M.E. EVENO, A. CHABANNE
CIRAD – CA- GEC/Stations des Colimaçons
13 CD 3
97416 La Chaloupe-Saint-Leu
Ile de La Réunion

Résumé : La paille d'avoine utilisée pour la confection d'un mulch réduit fortement l'abondance des mauvaises herbes. Outre les phénomènes de compétition, les composés allélopathiques libérés lors de la décomposition des pailles jouent un rôle important. Des expérimentations conduites en milieu contrôlé ont permis d'apprécier leur impact sur la croissance de certaines espèces de mauvaises herbes et de plantes cultivées. Il s'avère que les macérations à 35°C et durant 24 h de paille d'avoine décomposée réduisent fortement la croissance de *Plantago lanceolata* et *Bidens pilosa*. Il semblerait qu'elles affectent la croissance du riz et de la tomate. Par contre, les restitutions minérales issues des macérations de paille sont profitables à la croissance du maïs (*Zea mays*) et de *Cyperus rotundus*. D'autres espèces sont indifférentes. Ces résultats illustrent le caractère sélectif du phénomène d'allélopathie.

Mots-clés : *Avena sativa*, allélopathie, couverture végétale, macérations, Ile de La Réunion.

The allelopathic effects of oats (*Avena sativa*) on various weeds and cultivated plants

Summary: Using oat straw as a mulch significantly reduces weed growth. In addition to the competition phenomena caused, the allelopathic compounds released as the straw rots also play an important role. Trials conducted in a controlled environment demonstrated the impact of such compounds on the growth of certain weed and cultivated plant species. It transpired that rotten oat straw mulch macerated at 35°C for 24 h considerably hampered *Plantago lanceolata* and *Bidens pilosa* growth. It also apparently affected rice and tomato growth, but the minerals restored by macerated mulch stimulated maize (*Zea mays*) and *Cyperus rotundus* growth. Other species were not affected. These results demonstrate the selective nature of allelopathy.

Keywords: *Avena sativa*, allelopathy, plant cover, macerated mulch, Réunion Island.

Objets

En zone tropicale humide, une pression démographique grandissante et une demande de production agricole accrue ont conduit à une diminution du temps de jachère. Il s'ensuit une baisse de la fertilité des sols et un rapide développement des mauvaises herbes qui devient difficilement contrôlable (Maillet, 1991). Celles-ci représentent l'une des principales contraintes biologiques qui affectent la production agricole alimentaire mondiale et plus particulièrement celle des pays en voie de développement. (Worsham, 1991). Elles ont des conséquences désastreuses pour les cultures des régions tropicales et subtropicales, notamment pour les petites exploitations agricoles. C'est dans ces structures que l'estimation des pertes de production est la plus élevée, 25% au lieu de 5% dans les régions tempérées (Parker et Fryer, 1975). De plus, les temps de travaux consacrés au désherbage ne sont pas négligeables ; ils absorbent 20 à 50% du temps de travail.

Dans ce contexte, les systèmes de culture avec couverture végétale permettent d'apporter un certain nombre de solutions aux contraintes rencontrées par les agriculteurs (Séguy et Bouzinac, 1999 ; Chabanne *et al.*, 1999). Outre une meilleure gestion de la fertilité biophysico-chimique des sols et une réduction du temps et de la pénibilité des travaux, ils permettent de lutter efficacement contre les mauvaises herbes. En effet, ils reposent sur la création d'un couvert végétal temporaire ou permanent constitué à partir d'une espèce, le plus souvent fourragère, cultivée soit en rotation soit en association avec la culture commerciale. Or, à l'intérieur d'une communauté, les plantes interagissent de façon positive, neutre ou négative le plus souvent. Dans le cadre de la gestion des systèmes de culture, on recherchera simultanément, d'une part, une action inhibitrice de l'espèce utilisée comme couverture végétale sur la croissance des mauvaises herbes, et d'autre part, une action neutre, voire positive, sur la culture commerciale ou vivrière. Les processus mis en jeu dans la gestion de l'enherbement par un couvert végétal concernent deux principales voies :

- il peut s'agir d'une compétition, par suppression ou réduction de certains facteurs du milieu (eau, lumière, éléments minéraux) par une espèce partageant le même habitat ;
- ou il peut s'agir de phénomènes d'allélopathie, c'est à dire une libération d'une ou de plusieurs molécules chimiques ayant une action stimulante ou inhibitrice sur le fonctionnement de l'espèce voisine.

Les composés allélopathiques sont soit des produits du métabolisme, soit des produits déchets évacués dans la vacuole pour éviter une auto-intoxication.

L'émission des métabolites secondaires dans l'environnement peut se faire par différentes voies :

- Volatilisation : exsudation de composés volatiles par les parties vivantes de la plante, en particulier terpènes et éthylène.
- Lessivage : les parties aériennes subissent un lessivage par la pluie ou la rosée qui entraîne les substances solubles.
- Décomposition des débris : la décomposition des parties mortes de plante (litière à la surface du sol, racines) peut libérer des toxines soit directement, soit à la suite de la décomposition par les micro-organismes du sol.
- Exsudation racinaire : l'appareil racinaire vivant et intact excrète une grande variété de composés chimiques.

La plupart des composés allélopathiques sont des métabolites secondaires, c'est-à-dire ne participant pas aux fonctions de base de la plante (Rice, 1984) comme les composés phénoliques, terpénoïdes, alcaloïdes, stéroïdes, polyacétylènes et huiles essentielles. Toutefois certains métabolites primaires comme les acides palmitique et stéarique isolés à partir du sol jouent un rôle dans le phénomène d'allélopathie (Waller *et al.*, 1987 cité par Inderjit et Keating, 1999).

Les composés allélopathiques interfèrent sur les processus physiologiques, biochimiques et moléculaires des plantes cibles. Les symptômes les plus visibles de l'action de molécules sur un végétal sont les effets globaux tels que le dépérissement ou le déficit de croissance. L'utilisation de modèles simplifiés (cultures cellulaires ou extraits enzymatiques) suggère deux cibles principales, non exclusives l'une et l'autre (Dobremez *et al.*, 1995) :

- les hormones (auxine, gibbérélines, acide abscissique) qui contrôlent les grandes étapes du cycle vital de la plante (germination, croissance, floraison),
 - les membranes : perturbation de leur perméabilité.

La production de composés allélopathiques dépend des caractères morfo-physiologiques (densité des plantes, stade de développement...), des facteurs climatiques (température de l'air, humidité du sol) et des facteurs édaphiques (texture du sol, pH, carbone organique, nutriments, activité biologique...). En règle générale, les conditions de stress favorisent la production de composés allélopathiques. Les micro-organismes jouent aussi un rôle important car ils peuvent en modifier les effets. Ils peuvent dégrader les composés allélopathiques en produits plus ou moins toxiques.

Le but de cette expérimentation est de contribuer à la méthodologie de choix des plantes de couverture en fonction des mauvaises herbes et des plantes cultivées. Pour ce faire, on a choisi comme objet d'étude une plante productrice de biomasse, l'avoine, *Avena sativa*, souvent utilisée en rotation culturale dans les systèmes de culture avec couverture végétale et dont les effets allélopathiques ont été en partie déjà démontrés sur des cultures (blé, riz, avoine...) et des mauvaises herbes (*Chenopodium album*, *Papaver rhoeas*, *Sinapis arvensis*...). L'origine de l'émission des composés serait à la fois dans la décomposition des parties aériennes et dans les exsudats racinaires. Quelques composés ont été déjà identifiés : L-tryptophane, scopolétine (coumarine). Une synergie d'action entre plusieurs composés est aussi soupçonnée. L'avoine est principalement utilisée soit pour le paillage du sol à partir de paille importée, soit pour la constitution d'un mulch après dessiccation de la biomasse aérienne produite sur place. Ce sont donc d'abord les effets allélopathiques éventuels de la décomposition de la partie aérienne associée ou non à la biomasse racinaire qui sont étudiés dans cette expérimentation.

Matériel et méthodes

L'expérimentation a été conduite de la station du Cirad-Colimaçons dans les Hauts de l'Ouest de l'île de La Réunion de mai à juillet 2000.

Il s'agit donc d'étudier les éventuels effets allélopathiques de la partie aérienne de la variété d'avoine «Ebène» sur la croissance de quatre espèces de plantes cultivées à installation par graines :

- la tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill., variété Elko,
- le maïs, *Zea mays* L., variété SC509,
- le haricot, *Phaseolus vulgaris* L., variété Marlat,
- le riz, *Oryza sativa* L., variété FOFIFA 134 de type pluvial d'altitude,

et quatre espèces de mauvaises herbes :

- *Bidens pilosa* L., espèce tropicale à installation par graines,
- *Cyperus rotundus* L., espèce tropicale à installation par tubercules,
- *Plantago lanceolata* L., espèce tempérée à installation par graines,
- *Phalaris arundinacea* L., espèce tempéré à installation par rhizomes.

Les espèces cultivées ont été choisies pour leur importance en zone tropicale. Les mauvaises herbes ont été retenues pour leur écologie (tropicale et tempérée) et types de croissance et développement différents (multiplication par graines, tubercules et rhizomes, port dressé en rosette ou en touffe).

Il s'est agi d'étudier la croissance des huit espèces précédentes selon différents modes d'arrosage. Ceux-ci ont été réalisés avec les solutions suivantes préparées à partir des parties aériennes ou racinaires de l'avoine:

- Témoin T0: solution d'Hoagland,
- T1 : T0 + macération à 25 °C durant 24 heures de 50g de matière sèche (MS) de partie aérienne décomposée par litre d'eau,
- T2 : T0 + macération à 25 °C durant 24 heures de 50g de MS de partie racinaire par litre d'eau,

- T3 : T0 + macération à 25 °C durant 24 heures de 50g de MS de partie aérienne décomposée et 50 g de MS de partie racinaire par litre d'eau,
- T4 : T0 + macération à 35 °C durant 24 heures de 50g de MS de partie aérienne décomposée par litre d'eau,
- T5 : T0 + macération à 35 °C durant 24 heures de 50g de MS de partie racinaire par litre d'eau,
- T6 : T0 + macération à 35 °C durant 24 heures de 50g MS de partie aérienne décomposée et 50 g de MS de partie racinaire par litre d'eau.

Les températures de macération ont été choisies pour reproduire au mieux les conditions naturelles.

Les différentes espèces ont été cultivées à raison de deux plantes par pot de 1,3 l (pour la tomate, le maïs et le haricot) contenant 250 g de vermiculite, ou par godet de 80 ml contenant 15 g de vermiculite pour les autres espèces.

La germination et la levée des plantes ont été réalisées avec des arrosages à l'eau. Et, à partir d'une hauteur de plantes de 2 cm, les d'arrosages ont été réalisés avec les diverses solutions dont le pH a été préalablement ajusté à 7-7,5 (par l'acide nitrique ou la soude). Ils ont eu lieu tous les deux jours à raison de 100 ml et 10 ml de solutions T0 à T6, respectivement pour les pots et godets.

Le dispositif pour chaque espèce étudiée est de type bloc à 5 répétitions. Les solutions d'arrosage constituent les traitements (T0 à T6). Les observations ont concerné la croissance en hauteur mesurée tous les 15 jours ainsi que la production de biomasse (exprimée en matière sèche) aérienne et racinaire mesurée en fin d'expérimentation.

Résultats

D'une façon générale, de forts coefficients de variation ont été observés. De ce fait, les niveaux de différence pour atteindre la significativité au seuil de 5 % par le test de Newman-Keuls sont élevés.

Effets des solutions sur la croissance en hauteur des plantes

Les résultats obtenus sont résumés par le tableau I. Il traduit la hauteur des plantes en fin d'expérimentation suivant les différents traitements. Elles sont exprimées en pourcentage des hauteurs observées sur le témoin. Du fait du mode de croissance, les hauteurs sur *Cyperus rotundus* n'ont pas été observées.

Tableau I : Hauteurs des plantes mesurées en fin d'expérimentation (en % du témoin T0)

Table I : Plant height measured at the end of the trial (as a percentage of the control T0)

		Solutions d'arrosage					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
Espèces	<i>Plantago</i>	47*	88	52*	33*	84	33*
	Tomate	60*	79	82	61*	92	52*
	Riz	60	93	28*	51*	82	52*
	<i>Bidens</i>	89	96	96	55*	105	63*
	Haricot	89	96	105	97	96	96
	<i>Phalaris</i>	115	87	118	106	105	123
	Maïs	116	88	112	111	99	113

* : Différences significatives par rapport au témoin T0 au seuil de 5 %

On observe des comportements différenciés selon les espèces. *Plantago lanceolata*, la tomate, le riz et *Bidens pilosa* sont significativement affectés par les solutions de macération des parties aériennes associées ou non aux parties racinaires de l'avoine (T1, T3, T4 et T6). Cependant le haricot, *Phalaris arundinacea* et le maïs ne présentent jamais une croissance en hauteur diminuée. Les traitements les plus marquants sont T4 et T6, c'est-à-dire ceux

issus des macérations à 35 °C. Il est intéressant de constater que, bien qu'il n'y ait pas de différences significatives avec le témoin, les solutions préparées à partir de la macération des parties aériennes de l'avoine semblent favoriser la croissance en hauteur du maïs et de *Phalaris arundinacea*.

Effets des solutions sur la production de biomasse

Les tableaux II, III et IV traduisent respectivement la production de biomasse (MS) des parties racinaires, aériennes et totales selon les traitements. Elle est aussi exprimée en pourcentages par rapport au témoin T0.

Tableau II : Biomasses racinaires (MS) mesurées en fin d'expérimentation (en % du témoin T0)

Table II : Root biomass (DM) measured at the end of the trial (as a percentage of the control T0)

		Solutions d'arrosage					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
Espèces étudiées	<i>Plantago</i>	19*	77	22*	5*	70	4*
	tomate	111	90	191	126	127	98
	riz	68	115	57	111	101	140
	<i>Bidens</i>	35*	74	49*	16*	88	8*
	haricot	90	71	115	141	94	119
	<i>Phalaris</i>	71	78	82	58	90	58
	<i>Cyperus</i>	141	112	174	130	122	133
	maïs	233*	87	142	152	100	142

* : Différences significatives par rapport au témoin T0 au seuil de 5 %

Les biomasses racinaires de *Plantago lanceolata* et de *Bidens pilosa* sont fortement réduites sous conditions d'arrosage avec les solutions de macération des parties aériennes de l'avoine associées ou non aux parties racinaires (T1, T3, T4 et T6). Les traitements les plus marquants sont ceux issus des macérations à 35 °C. On notera une tendance à l'augmentation des biomasses racinaires de *Cyperus rotundus* et du maïs principalement avec les solutions de macération des parties aériennes d'avoine associées ou non avec les parties racinaires. La macération à 35°C semble moins marquer que celle à 25°C.

Tableau III : Biomasses des parties aériennes (MS) mesurées en fin d'expérimentation (en % du témoin T0)

Table III : Aerial part biomass (DM) measured at the end of the trial (as a percentage of the control T0)

		Solutions d'arrosage					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
Espèces étudiées	<i>Plantago</i>	44*	69	53*	19*	84	19*
	tomate	61	58	109	71	83	56
	riz	128	62	54	128	65	91
	<i>Bidens</i>	96	84	100	50	107	35*
	haricot	103	92	107	107	102	104
	<i>Phalaris</i>	240	145	219	111	196	121
	<i>Cyperus</i>	285*	80	254*	285*	94	220
	maïs	215*	95	184*	208*	138	128

* : Différences significatives par rapport au témoin T0 au seuil de 5 %

Les biomasses des parties aériennes de *Plantago lanceolata* sont fortement réduites sous conditions d'arrosage avec les solutions de macérations de parties aériennes d'avoine associées ou non aux parties racinaires (T1, T3, T4 et T6). Les traitements les plus

marquants sont ceux issus des macérations à 35 °C. Sur *Bidens pilosa*, seules les macérations à 35°C des parties aériennes d'avoine associées aux parties racinaires (T6) ont un effet dépressif significatif. Sur *Cyperus rotundus* et le maïs, ces mêmes traitements ont un effet positif significatif sur le développement de la partie aérienne. On notera que l'ajout de systèmes racinaires d'avoine dans les solutions de macération (T3 et T6) semble diminuer cet effet positif.

Tableau IV : Biomasses totales (MS) mesurées en fin d'expérimentation (en % du témoin)

Table IV : Total biomass (DM) measured at the end of the trial (as a percentage of the control T0)

		Solutions d'arrosage					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
Espèces étudiées	<i>Plantago</i>	23*	75	27*	7*	72	6*
	tomate	94	80	165	109	113	85
	riz	90	95	55	117	88	122
	<i>Bidens</i>	48*	76	59	23*	92	13*
	haricot	96	81	111	125	98	112
	<i>Phalaris</i>	85	83	93	62	99	63
	<i>Cyperus</i>	170	105	194	161	116	151
	maïs	225*	90	160	176	116	136

* : Différences significatives par rapport au témoin T0 au seuil de 5 %

Les biomasses totales de *Plantago lanceolata* et *Bidens pilosa* sont fortement réduites sous conditions d'arrosage avec les solutions de macérations de parties aériennes d'avoine associées ou non aux parties racinaires (T1, T3, T4 et T6). Les traitements les plus marquants sont ceux issus des macérations à 35 °C (T4 et T6). Sur *Cyperus rotundus* et le maïs, ces mêmes traitements semblent montrer un effet positif sur la biomasse totale. Mais seul T1 montre une différence significative sur le maïs. On notera que l'ajout de systèmes racinaires d'avoine dans les solutions de macération (T3 et T6) semble diminuer cet effet positif sur leur biomasse racinaire.

Interprétation et discussion

On peut d'abord remarquer que les écarts ne sont pas souvent significatifs d'après les tests statistiques. Ceci est dû aux forts coefficients de variation d'où la nécessité d'augmenter le nombre de répétitions pour ce type d'expérimentation. La variabilité observée peut s'expliquer par les méthodes utilisées, les conditions d'expression des effets allélopathiques et la variabilité génétique du matériel végétal utilisé notamment au niveau des mauvaises herbes. Cependant, les différences significatives obtenues et les tendances observées permettent d'apporter des éléments de discussion.

Les macérations de parties racinaires d'avoine seules ne présentent jamais d'effets significatifs quelles que soient les espèces étudiées.

Par contre, les macérations de paille d'avoine associée ou non aux systèmes racinaires, ont des effets allélopathiques très forts sur *Plantago lanceolata* et *Bidens pilosa*. Et les macérations à 35°C semblent plus efficaces bien qu'il n'y ait pas de différences significatives entre les deux niveaux de température. Ce sont à la fois la hauteur, et les biomasses aériennes et racinaires de ces deux espèces qui sont nettement affectées par les macérations de parties aériennes.

Le dispositif n'a pas permis de confirmer les effets significatifs observés sur la hauteur du riz et de la tomate au niveau des biomasses racinaires et aériennes. Ce sont toujours les mêmes traitements T4 et T6 les plus marquants.

Le haricot semble indifférent aux traitements. De même, *Phalaris arundinacea*, malgré une tendance à l'augmentation de la biomasse aérienne, n'est pas significativement affecté par les diverses préparations. Cependant, en début de cycle, les traitements T4 et T6 montraient

un effet dépressif significatif sur la croissance des rhizomes. Ces effets se sont estompés par la suite.

Enfin, sur *Cyperus rotundus* et sur maïs, la production de biomasse aérienne est favorisée par les traitements T1, T3 et T4.

Ces observations montrent deux points importants :

d'une part, les macérations des parties aériennes d'avoine à des températures proches des conditions naturelles, donc représentant assez bien les conditions de décomposition d'un mulch, libèrent des éléments minéraux recyclés et disponibles pour les cultures suivantes. Ce phénomène illustre bien l'importance de la régulation des cycles biochimiques dans les systèmes de culture avec couverture végétale.

d'autre part, ces mêmes macérations libèrent des composés ayant des effets allélopathiques sélectifs en fonction des espèces cibles.

Suivant les conditions d'expérimentation et de culture, ces deux phénomènes peuvent interagir de façon différentielle. La résultante sera négative pour les espèces cibles fortement affectées par les effets allélopathiques (*Plantago lanceolata* et *Bidens pilosa*), et neutre ou positive pour les espèces peu ou pas sensibles à ces mêmes effets (le haricot, le maïs, *Cyperus rotundus* et *Phalaris arundinacea*). Pour la tomate et le riz, des expérimentations complémentaires sont nécessaires pour vérifier la sensibilité aux composés allélopathiques de l'avoine.

En ce qui concerne la lutte contre les mauvaises herbes, il faut ajouter aux effets allélopathiques de la paille d'avoine en décomposition, les éventuels effets allélopathiques des exsudats racinaires lorsque cette avoine a été produite sur place. Ces derniers ont déjà été mis en évidence (Almeida, 1985). De même, il faut tenir compte des phénomènes de compétition, principalement pour la lumière. De plus, étant donné la variabilité d'expression de l'allélopathie suivant les conditions du milieu physico-chimique, il convient de vérifier l'applicabilité des résultats obtenus en milieu contrôlé (serre) au niveau du milieu réel. Des expérimentations conduites en champ (Eveno, 2000) ont confirmé les résultats obtenus en serre en ce qui concerne l'excellent contrôle de *Plantago lanceolata* et *Bidens pilosa*. Par contre certaines adventices, comme *Raphanus raphanistrum* et *Oxalis sp.*, ne semblent pas perturbées par la présence du mulch d'avoine. Dans ce cas, et en l'absence de contrôle mécanique ou chimique, elles ont tendance à devenir envahissantes. Il conviendra alors d'en vérifier la compétitivité par rapport aux cultures.

Bibliographie

ALMEIDA F.S.D., 1985. Influencia da cobertura morta do planto direto na biologia do sol, IAPAR - Area de Herbologia, 41 : 103-144.

CHABANNE A., MICHELLON R., SEGUY L., TECHER P., 1999. La conception de systèmes agricoles durables à base de semis direct dans des couvertures végétales pour les Hauts de l'Ouest à la Réunion. In *Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture*, Actes de l'atelier international, Antsirabe, Madagascar, 23-28 mars 1998. CIRAD, collection Colloques, Montpellier : 239-248.

DOBREMEZ J.F., GALLET C., PELLISSIER F., 1995. Guerre chimique chez les végétaux. *La Recherche* 279 (26) : 912-916.

INDERJIT and KEATING K.I., 1999. Allelopathy : principles, procedures, processes, and promises for biological control. *Advances in Agronomy* 67 : 142-231.

MAILLET J., 1991. Control of Grassy Weeds in Tropical Cereals. In : Baker FWG and Terry PJ, eds *Tropical Grassy Weeds*. Wellesbourne, UK : CAB, CASAF Reports, Series no.2, 112-143.

PARKER C. et FRYER J.D., 1975. Lutte contre les mauvaises herbes occasionnant d'importantes réductions des ressources alimentaires mondiales. *Bulletin phytosanitaire de la FAO* 23,(3/4), 84-98.

RICE, E. L., 1984. *Allelopathy*. 2nd Edition, Academic Press, INC, Orlando, Florida.

SEGUY L., BOUZINAC S., 1999. Concepts et mise en pratique de modes de gestion agrobiologique et durable de la ressource sol, adaptés aux sols acides de la zone tropicale humide. In *Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture*, Actes de l'atelier international, Antsirabe, Madagascar, 23-28 mars 1998. CIRAD, collection Colloques, Montpellier : 225-230.

WORSHAM A.D., 1991. Allelopathic cover crops to reduce herbicides input. *Proc. South Weed Sci. Soc.* 44 : 58-69.