



**ANNALES**

**X<sup>e</sup> COLLOQUE INTERNATIONAL  
SUR LA BIOLOGIE  
DES MAUVAISES HERBES**

**Xth INTERNATIONAL SYMPOSIUM  
ON THE BIOLOGY OF WEEDS**

**1996**

---

**11 - 13 Septembre 1996  
DIJON (FRANCE)**

## MISE EN EVIDENCE D'EFFETS ALLELOPATHIQUES DE *CALOPOGONIUM MUCUNOIDES* Desv.

C. LANCE, V. REBOUL, M. DE RAÏSSAC \*, P. MARNOTTE \*

\* : CIRAD - CA B.P. 5035 34032 Montpellier France

**Résumé :** Des essais ont été réalisés en serre, en vue de mesurer d'éventuels effets allélopathiques de *Calopogonium mucunoides* Desv., utilisée comme plante de couverture en zone tropicale. Dans la démarche présentée ici, on cherche d'une part à dissocier l'allélopathie de la compétition en cultivant séparément le calopogonium et les plantes-test (riz, arachide, calopogonium et *Euphorbia heterophylla* L.) et d'autre part à estimer l'effet allélopathique en conditions proches du réel, sans concentration artificielle des substances émises. Les résultats montrent que les exsudats racinaires de calopogonium présentent des effets dépressifs sélectifs, certaines plantes étant très sensibles, d'autres moins, et que les réponses sont dépendantes des conditions de culture. On émet l'hypothèse que le régime hydrique joue au champ un rôle prépondérant sur l'expression d'un effet allélopathique.

**Mots-clés :** allélopathie, *Calopogonium mucunoides*, plante de couverture.

### Introduction

L'utilisation relativement récente en agriculture tropicale de couvertures végétales vives ou mortes dans les systèmes de culture (introduites par les agronomes du CIRAD, notamment au Brésil, en Côte d'Ivoire, à la Réunion, ...), répond à deux priorités majeures :

- la lutte contre l'érosion : l'interception des pluies par un couvert fermé et permanent protège la structure des agrégats de surface de l'action mécanique déstabilisante des gouttes de pluie. Ce phénomène est important en milieu tropical, car les pluies sont fréquemment intenses. De ce fait, la porosité structurale du sol est maintenue, ce qui favorise l'infiltration au détriment du ruissellement.
- la lutte contre l'enherbement : la flore adventice entre rapidement en compétition avec la culture tant pour le rayonnement que pour l'eau et les minéraux ; une couverture permanente du sol réduit la prolifération des mauvaises herbes par la compétition pour les ressources du milieu, mais aussi par des effets allélopathiques, fréquemment suggérés par l'expérience - libération de molécules ayant une action stimulante ou inhibitrice sur les plantes voisines (RIZVI & RIZVI, 1992).

Quelques plantes de couverture, actuellement testées dans différentes situations en zone tropicale, se sont montrées particulièrement intéressantes ; il s'agit notamment de légumineuses comme *Calopogonium mucunoides* Desv., *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth., *Mucuna pruriens* var. *utilis* (Wall. ex Wight) Bak. ex Burck, *Centrosema pubescens* Benth. ou de graminées, telles que *Pennisetum clandestinum* Hochst (HUMEAU, 1993).

Cependant, il apparaît délicat de séparer expérimentalement les effets de compétition de ceux d'allélopathie. Bien que certaines substances émises par les plantes (par volatilisation, lessivage sur les parties aériennes, exsudation racinaire ou décomposition des débris végétaux) aient été identifiées et leurs effets allélopathiques mis en évidence, il convient de noter qu'on ne connaît pas précisément en quelle quantité les substances sont émises, ni à quelle teneur

elles se retrouvent dans le milieu. Les effets d'une substance sont en général démontrés pour des concentrations élevées probablement éloignées des conditions réelles (RICE, 1984). De plus, les plantes émettent un ensemble complexe de substances, qui peuvent agir en synergie ou en antagonisme.

Dans le travail présenté ici, ce sont les effets allélopathiques des exsudats racinaires de *Calopogonium mucunoides*, qui sont testés, hors compétition trophique, sur la croissance de plantes-test, en respectant pour les substances émises les concentrations rencontrées dans les situations naturelles, contrairement à de nombreux dispositifs décrits dans la bibliographie, qui visent à concentrer les substances produites (PUTNAM & TANG, 1986).

## Matériels et méthodes

### 1. Matériel végétal

L'étude de l'action des exsudats racinaires de *Calopogonium mucunoides* est réalisée sur deux plantes cultivées (riz, arachide) et sur une mauveuse herbe (*Euphorbia heterophylla* L.). Ces plantes-test sélectionnées sont des espèces répandues dans les pays tropicaux et ayant fait l'objet d'observations par les agronomes travaillant sur le terrain. Des tests sont également effectués sur le calopogonium lui-même, afin de déterminer un éventuel phénomène d'autotoxicité.

### 2. Dispositif de récolte des exsudats racinaires

*Calopogonium mucunoides* est cultivé en serre, sur sable inerte dans 4 bacs de 28 litres contenant chacun une vingtaine de pieds. L'irrigation est assurée par un système de goutteurs relié à une pompe. Cette pompe permet d'acheminer vers les bacs la solution nutritive contenue dans un réservoir à raison de 6 arrosages de 1 ou 2 mn répartis dans la journée.

Au niveau de chaque bac, la solution nutritive apportée en excès entraîne, par lessivage, les substances excrétées par les racines vers une évacuation. La solution contenant les exsudats racinaires est alors recueillie dans une bouteille en verre teintée. Le débit est réglé de façon à recueillir environ 500 ml par bac et par jour de solution contenant les exsudats. Elle est récupérée quotidiennement, ajustée à un pH de 6.5 et utilisée comme solution d'arrosage dans les tests de croissance. Ces tests commencent lorsque le calopogonium est âgé d'un mois.

### 3. Dispositif expérimental

Deux séries de tests de croissance sont effectuées à des périodes différentes de l'année. Lors de ces deux séries, les graines prégermées des plantes-test sont semées sur sable inerte, en pots individuels, et placées en serre. Chaque pot est maintenu à une humidité constante par apport quotidien d'eau distillée pendant les quatre premiers jours. Ensuite, l'arrosage s'effectue avec de la solution nutritive diluée à 50 % et trois jours plus tard avec de la solution nutritive non diluée.

La première série (essai 1) se déroule du 04/08/94 au 07/09/94. Chaque plante-test fait l'objet de 4 répétitions placées selon un dispositif en blocs randomisés. Le test débute lorsque les plantes sont âgées de 15 jours. Un arrosage quotidien est alors effectué soit avec la solution nutritive (plantes témoins), soit avec la solution recueillie journallement des 4 bacs et contenant les exsudats (plantes dites « traitées »). Les premiers jours du test, l'humidité du sol maintenue au niveau de chaque pot est de 15.5 %. Elle est, ensuite, baissée à 9.5 % le quatrième jour, les arachides présentant les symptômes d'un excès d'eau. Chaque jour, les pots sont pesés avant et après arrosage, afin de mesurer l'évapotranspiration des précédentes 24 heures. Les arrosages sont stoppés le treizième jour de traitement pour l'arachide et le calopogonium. On attend 6 jours de plus pour le riz et l'euphorbe. La surface foliaire et le poids de la matière sèche aérienne produite sont alors mesurés pour chaque plante.

La seconde série (essai 2) se déroule du 06/10/94 au 17/11/94. La photopériode est artificiellement maintenue à 13 heures de jour avec des lampes d'appoint. L'humidité des pots est ajustée à 12.5 %. Initialement, six répétitions de chaque plante-test étaient prévues ; mais à cause de mauvaises levées, les nombres suivants de répétitions ont été obtenus : quatre pour l'ara-

chide, cinq pour l'euphorbe et le calopogonium et six pour le riz. Les plantes sont, ici, disposées en randomisation totale. Les arrosages différenciés débutent lorsque les plantes sont âgées de 6 jours, excepté pour les arachides dont le développement est plus lent et pour lesquelles on commence les traitements 5 jours plus tard. Début novembre, les conditions de température et d'éclairement étant insuffisantes pour assurer un bon développement des plantes, ces dernières sont placées en salle de culture où les paramètres bioclimatiques sont contrôlés (le jour : T° de 28 à 30°C, humidité de 70 % ; la nuit : T° de 23 à 25 °C, humidité de 80 %). L'essai est arrêté quand les plantes ont 40 jours. La surface foliaire ainsi que les poids de la matière sèche aérienne et racinaire sont alors mesurés. Afin de compléter l'étude, une analyse minérale est effectuée sur les quatrième et cinquième feuilles des plantes-test. En raison des faibles quantités disponibles, l'analyse a porté sur un seul échantillon moyen par traitement.

### Résultats

La première série de tests met en évidence une action sélective des solutions recueillies sur la croissance des plantes testées (cf. tableau 1). Un effet marqué est ainsi relevé sur la production de matière sèche et la surface foliaire d'*Euphorbia heterophylla* avec une réduction pouvant être supérieure à 50 %. Des différences moindres mais cependant significatives sont également observées sur le riz ainsi qu'une diminution de la surface foliaire du calopogonium. En revanche, aucun effet des traitements n'est enregistré sur l'arachide.

En parallèle, on note une diminution significative de l'évapotranspiration chez l'euphorbe (cf. figure 1) et à un degré moindre chez le riz (cf. figure 2). Cette baisse de la consommation en eau est observable dès le premier jour d'arrosage avec les solutions différenciées et elle s'accroît au cours du temps.

Pour le calopogonium (cf. figure 3), la réduction d'évapotranspiration est très peu marquée et elle se stabilise entre 1 et 2 ml.

**Tableau 1** : Croissance des plantes traitées et des témoins (essai 1)

Plante-test	Poids de matière sèche aérienne (g)		Surface foliaire (cm <sup>2</sup> )			
	témoins	traitées	témoins	traitées		
<i>Calopogonium</i>	0,43	0,39	64	49	*	
arachide	0,88	0,64	93	60		
riz	0,75	0,51	*	81	63	*
<i>Euphorbia</i>	0,56	0,23	*	77	28	*

\* : moyennes significativement différentes au seuil de 5 % (test de Newman-Keuls)

**Figure 1** : Evapotranspiration d'*Euphorbia heterophylla* (essai 1)

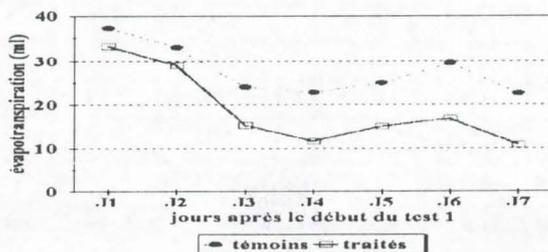


Figure 2 : Evapotranspiration du riz (essai 1)

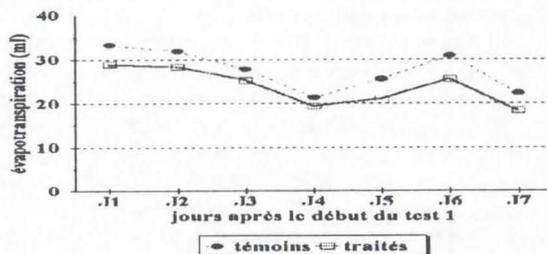
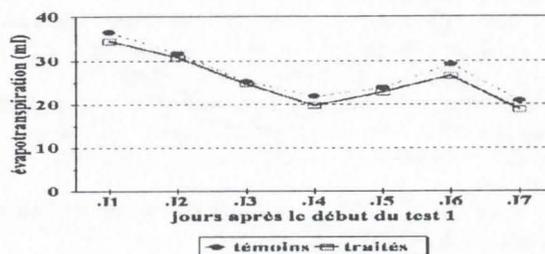


Figure 3 : Evapotranspiration du calopogonium (essai 1)



La seconde série de tests ne présente pas de résultats aussi nets en ce qui concerne les parties aériennes. Un effet dépressif des exsudats est noté sur le riz et l'arachide pour la matière sèche racinaire. Mais, aucune action significative n'est mise en évidence sur le calopogonium et l'euphorbe, cette dernière étant pourtant la plante qui a eu la réaction la plus forte au cours du premier essai (cf. tableau 2).

L'analyse minérale (cf. tableau 3) révèle une baisse des teneurs en phosphore et potassium chez les plantes traitées : différence légère chez le riz et l'arachide, mais beaucoup plus marquée chez *Euphorbia heterophylla*.

Tableau 2 : Croissance des plantes traitées et des témoins (essai 2)

Plante-test	Poids de matière sèche racinaire (g)			Poids de matière sèche totale (g)		Surface foliaire (cm <sup>2</sup> )	
	témoins	traitées		témoins	traitées	témoins	traitées
<i>Calopogonium</i>	0,25	0,28		0,52	0,45	379	440
arachide	0,74	0,36	*	3,99	3,73	537	511
riz	0,45	0,32	*	1,59	1,55	209	208
<i>Euphorbia</i>	0,39	0,40		2,05	2,63	242	287

\* : moyennes significativement différentes au seuil de 5 % (test de Newman-Keuls)

**Tableau 3 : Analyse minérale des plantes (essai 2)**

Plante-test	N		P		K	
	témoins	traitées	témoins	traitées	témoins	traitées
arachide	4,47	4,83	0,43	0,41	3,10	2,60
riz	4,73	4,90	0,47	0,43	3,29	3,38
<i>Euphorbia</i>	5,81	4,53	0,68	0,38	3,33	2,58

### Discussion

Les deux séries de tests de croissance présentent des résultats non concordants, voire contradictoires. En effet, les effets significatifs des solutions chargées en exsudats, révélés au cours du premier essai (réduction nette de la croissance pour l'euphorbe, modéré pour le riz, légère pour le calopogonium), ne sont que partiellement confirmés pour le riz dans la seconde série. Les deux essais ont été effectués à des périodes différentes de l'année (août et novembre) ; la plante de couverture, cultivée en serre, n'a donc pas été soumise aux mêmes conditions climatiques ; les relevés sous abri donnent des valeurs de température moyenne de 23°C pour le premier essai et de 14°C pour le second essai. Parallèlement, les températures maximales se situent respectivement autour de 30°C et 20°C, soit sous serre environ de 35°C et 25°C. L'enregistrement pour le rayonnement global donne une moyenne de 19 MJ/m<sup>2</sup>/j pour la première série de tests et de 7 MJ/m<sup>2</sup>/j pour la deuxième série, soit approximativement un rayonnement trois fois plus intense au cours de la période d'été. Ainsi, durant cette dernière, du fait d'une demande évaporative et d'une transpiration importantes, les plants de calopogonium vont utiliser pratiquement toute la solution d'irrigation qui leur est apportée. Malgré le réglage, le volume de solution excédentaire recueillie est donc faible. De plus, conséquence d'un métabolisme accéléré au cours de cette saison, il est probable que les plantes excrètent plus de substances, provoquant ainsi une production nette d'exsudats supérieure. Pour ces raisons, il se produit un double phénomène de concentration.

En revanche, en novembre, les racines de calopogonium libérant moins de substances et le volume de solution récoltée étant plus important, la charge en exsudats doit être plus faible. Ces conditions différenciées expliqueraient l'obtention d'une action dépressive des solutions sur les plantes-test au cours de la première série de tests et non en seconde série.

Ces résultats marquent une des limites de ce dispositif : la charge en exsudats des solutions recueillies n'est ni contrôlée, ni connue ; des fluctuations non contrôlées dues aux conditions expérimentales peuvent se produire, fluctuations cependant représentatives de la situation réelle existant aux champs.

Les pesées journalières de chaque pot, lors du premier essai, permettent de constater une baisse simultanée de l'évapotranspiration et de la croissance pour les plants traités d'euphorbe et de riz. Deux hypothèses pourraient expliquer ce phénomène :

- La réduction de croissance sous l'effet des exsudats, se manifestant par une réduction des surfaces foliaires et donc des surfaces transpirantes, provoquerait la baisse de transpiration. Cette hypothèse impliquerait, cependant, une différence progressive et croissante de la cinétique de transpiration des plantes traitées par rapport aux témoins. De plus, la réduction de la transpiration ne pourrait, ici, apparaître dès le premier jour de traitement, les plantes ne présentant pas encore des différences de développement. Cette hypothèse ne peut donc pas s'appliquer à notre cas.
- L'hypothèse inverse est que la baisse de transpiration provoquée par les exsudats racinaires est la cause, à long terme, de la réduction de croissance des plantes traitées.

Un fait important est que cette baisse de consommation d'eau est enregistrée dès le premier jour de traitement et se maintient jusqu'à l'arrêt du test. Afin de vérifier ces résultats obtenus, un essai complémentaire a été réalisé en phytotron sur des plants d'euphorbe (l'espèce la plus sensible) âgés de trois semaines et divisés en deux lots de 11 répétitions chacun (un lot témoin et un lot de plantes traitées). La comparaison de la consommation en eau 24 h avant et après le début des arrosages différenciés ont bien permis de confirmer une baisse immédiate de l'évapotranspiration sous l'effet des solutions recueillies (cf. tableau 4).

Tableau 4 : Evapotranspiration d'*Euphorbia heterophylla*

	veille du traitement	1 <sup>er</sup> jour du traitement
témoins	33,2	34,8 *
traités	33,1	31,9 *

\* : moyennes significativement différentes au seuil de 5 % (test de Newman-Keuls).

Les plantes étant cultivées dans les mêmes conditions, l'évaporation directe du sol est identique dans tous les pots. On en déduit donc que la baisse enregistrée est attribuable à une baisse de la transpiration sous l'effet immédiat de substances contenues dans les solutions recueillies.

Si l'on se réfère à la première journée de traitement de l'essai 1, la température maximale hors serre a atteint 31°C et le rayonnement global 23 MJ/m<sup>2</sup>/j. Dans ces conditions de demande très forte, l'évaporation directe du sol a été estimée dans un essai parallèle à 25 ml/24h. Cela signifie que la part due uniquement à la transpiration baisse donc sous l'effet des exsudats de 8 ml à 3 ml pour le riz, soit une réduction de 62 %. Pour l'euphorbe, la transpiration étant de 12 ml pour les témoins et de 8 ml pour les plantes traitées, on obtient une réduction de 33 %.

### Conclusion

En respectant la situation agronomique, c'est-à-dire en travaillant à des concentrations en exsudats du même ordre que celles présentes dans la solution du sol, les premiers essais font ressortir quelques propriétés intéressantes de substances libérées par les racines de *Calopogonium* :

- elles agissent sélectivement sur la croissance des espèces testées (euphorbe > riz > calopogonium) ;
- elles réduisent parallèlement la transpiration des espèces testées selon un mécanisme non encore identifié ; cet effet à court pas de temps pourrait expliquer celui à plus long terme sur la croissance. L'identification d'une substance bloquant sélectivement la transpiration (et agissant fortement sur *Euphorbia heterophylla*) offrirait des perspectives intéressantes.

Ces résultats doivent, bien entendu, être replacés dans leur contexte agronomique, en faisant la part des avantages et des inconvénients que peuvent procurer les couvertures vives de *Calopogonium* (protection contre l'érosion et l'élévation de la température du sol, rôle dans la structuration du sol et sur la vie microbienne, compétition trophique avec la culture et risques d'envahissement incontrôlé, ...). D'autre part, les résultats différents obtenus sur les deux séries de tests de croissance laissent supposer qu'en conditions réelles le régime hydrique doit jouer un rôle prépondérant sur l'expression des effets allélopathiques.

## Références

- HUMEAU L. 1993. Etude des effets allélopathiques du kikuyu (*Pennisetum clandestinum* Hochst.) sur la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) et deux plantes adventices : *Cyperus rotundus* L. et *Bidens pilosa* L. Mémoire de stage de Maîtrise en Chimie et Biologie Végétale. Fac. Sci. Réunion. 26 p. + annexes.
- LANCE C. 1995. Effets allélopathiques des exsudats racinaires de *Calopogonium mucunoides*. Mémoire d'ingénieur. Ecole Supérieure d'Agriculture de Purpan. 86 p. + annexes.
- PUTNAM A.R. & TANG C.S., 1986. The Science of allelopathy. *Wiley Interscience*. USA. 317 p.
- RICE E.L., 1984. Allelopathy. Physiological ecology. *Academic Press Inc*. 413 p.
- RIZVI S.J.H. & RIZVI V., 1992. Allelopathy : basic and applied aspects. *Chapman and Hall*, New-York. 480 p.

### ALLELOPATHIC EFFECTS OF *CALOPOGONIUM MUCUNOIDES* Desv.

Summary : Experiments were carried out in a green-house in order to assess allelopathic effects of *Calopogonium mucunoides* Desv., a species used as cover crop in tropical farming systems. Here, the main objectives were (a) to dissociate effects of competition for water and nutrient from the biochemical interactions between crop, weeds and cover plant, (b) to test actual calopogonium allelopathic effects in agricultural conditions. The data show a selective action of calopogonium root exudates on growth of rice, peanut, *Euphorbia heterophylla* L. and calopogonium itself. The effects are dependent on growth conditions and hypothesis is made that in fields weather conditions play a major role in the expression of allelopathy.

Key-words : allelopathy, *Calopogonium mucunoides*, cover crop.