

Etude de l'effet du cadusafos sur l'activité microbienne et le contrôle des nématodes et sa disparition dans un sol agricole / P. Dagher ; sous la direction de Dr R. Khoury. — Extrait de : Annales de recherche scientifique. — N° 5 (2004), pp. 145-161.

Bibliographie. Figures. Tableaux.

I. Nématicides. II. Sols — Mouvement des nématicides. III. Micro-organismes.

Khoury, R.

PER L1049 / FA193886P

ÉTUDE DE L'EFFET DU CADUSAFOS SUR L'ACTIVITÉ MICROBIENNE ET LE CONTRÔLE DES NEMATODES ET SA DISPARITION DANS UN SOL AGRICOLE

P. DAGHER

Université Saint-Esprit de Kaslik,

Faculté des Sciences Agronomiques

B.P. 446 Jounieh, Liban

Sous la direction de Dr R. KHOURY

Institut de Recherches Agronomiques du Liban, Fanar.

B.P. 90-1965 Jdeidet El Metn, Liban

RÉSUMÉ

La disparition du cadusafos (S,S-di-sec-butyl O-ethyl phosphorodithioate) dans le sol, son effet sur la microflore tellurique avec en particulier son effet sur la population de nématodes dans le sol, ont été évalués dans des biomètres clos au laboratoire. La persistance a été estimée par la détermination du taux de dégradation k avec une équation du premier degré, permettant l'évaluation de la durée de demi-vie du cadusafos dans un sol agricole natif au laboratoire ($t^{1/2} = 10,34$ jours). La persistance de la molécule dans le même sol stérilisé n'a pas donné de résultats interprétables. L'effet de ce nématicide sur l'activité microbienne globale du sol a été suivi via le dégagement de CO_2 . La dose (5 l/ha) du nématicide, dose à laquelle a été arrosé le sol dans les enceintes, n'a témoigné aucun effet négatif sur les microorganismes du sol. Le dégagement de CO_2 élevé dans le sol stérile en comparaison au témoin a montré une contamination probable lors de la manipulation et/ou le développement d'une ou de plusieurs colonies de microorganismes ayant survécu à la stérilisation. Quant à l'étude d'efficacité, le cadusafos a montré un effet nématicidal important à la dose de 5 l/ha, rendant les nématodes presque absents dans le sol traité.

Mots-clés : *cadusafos, nématicide, microflore tellurique, demi-vie.*

ABSTRACT

Dissipation of cadusafos (S,S-di-sec-butyl O-ethyl phosphorodithioate) in the soil, its effect on soil microorganisms, particularly on soil-borne nematodes have been evaluated in microcosms in the laboratory. The persistence has been estimated through the determination of the degradation rate k since the dissipation follows a pseudo first order rate of equation, permitting the evaluation of the half-life of cadusafos in a native soil and under laboratory conditions ($t^{1/2} = 10.34$ days). The study of cadusafos persistence in the sterilized soil has not shown clear results. The effect of cadusafos on the global microbial activity has been estimated through the emission of CO_2 . The nematicide at the rate of 5 l/ha has not shown any negative effect on soil microorganisms. The emission of CO_2 in the sterilized soil, relatively important in comparison to the control, has shown a probable contamination of the soil during the manipulation and/or the development of an aboriginal colonies of microorganisms that have survived the sterilization process. Concerning the efficacy evaluation, the nematicide has significantly reduced the nematode population in the soil at the rate of 5 l/ha. Nematodes were almost eliminated at that rate.

Key-words: *cadusafos, nematicide, soil microorganisms, half-life.*

INTRODUCTION

Parmi les destructeurs les plus redoutables des végétaux cultivés dans les régions tropicales et tempérées chaudes en particulier le Liban, comptent les nématodes phytoparasites. Les pertes mondiales subies par l'attaque des nématodes se chiffrent annuellement par des dizaines de milliards de dollars (Agrios, 1997).

La protection des cultures contre ces vers microscopiques est très difficile du fait de leur grande résistance aux agents physiques et chimiques et leur localisation dans le sol en kyste. Les nematicides les plus communs à présent sont volatiles et possèdent une action fumigante dans le sol. Récemment, les recherches se sont centrées sur l'introduction de nematicides non-volatiles permettant l'incorporation au sol de granules appartenant aux deux familles organophosphorés et carbamates afin de détruire les populations de nématodes, surtout que le Protocole de Montréal prévoit une interdiction complète du bromure de méthyle en l'an 2015 dans les pays de l'Article 5 parmi lesquels figure le Liban. Cette interdiction affecte les méthodes utilisées pour le contrôle des nématodes (Ferguson et Padula, 1994). Cependant plusieurs

questions se posent sur le comportement des pesticides dans le sol en particulier du cadusafos surtout que peu de travaux ont été précédemment publiés sur cette molécule (Zheng et Cooper, 1996). En effet, le cadusafos est classé chimiquement comme étant un insecticide organophosphoré. Cette matière active entre dans la composition de produits dont le développement est destiné au contrôle de plusieurs ravageurs (FMC, 1991). Elle agit par contact, en effet, sur un large spectre allant des nématodes phytoparasites jusqu'aux insectes de sol (Zheng *et al.*, 1994) et est appliquée sur plusieurs cultures: pommes de terre, agrumes, bananas, tomates, café, cannes à sucre, raisins et particulièrement sur les bananes pour le contrôle des nématodes de racines tels que *Radopholus*, *Pratylenchus* et *Meloidogyne* (Cooper *et al.*, 1994 ; Zheng & Cooper, 1996 ; The pesticide manual, 1997).

Sachant que le mouvement des nématicides non-volatiles, cas du cadusafos, dans le sol dépend de son adsorption sur les particules de sol et de sa présence dans la solution du sol (Cremllyn, 1990 ; Dent, 1995), une évaluation de l'impact environnemental du cadusafos est indispensable.

L'objectif de l'étude se résume donc en : une étude de l'effet du cadusafos sur l'activité microbienne globale du sol via le dégagement du CO₂ ; un suivi de l'efficacité du nématicide via le comptage des nématodes et une évaluation du taux de dégradation de la molécule dans un sol agricole à travers la détermination de sa durée de demi-vie.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1- Le sol

Le sol a été prélevé sur le site expérimental de l'Université Saint-Esprit de Kalsik situé à Jbeil à une altitude de 200 m. Des prélèvements élémentaires ont été effectués sur une couche d'épaisseur de 30 cm dans la région rhizosphérique, à l'aide d'une bêche. Ces prélèvements ont été émiétés, tamisés à 2mm et destinés à :

- Une analyse granulométrique : réalisée en utilisant un hydromètre suivant la méthode densimétrique.
- Divers traitements dans des biomètres clos au laboratoire.
- Un stockage à l'obscurité dans le laboratoire : chaque échantillon ayant été mis dans un emballage en plastique, résistant à l'humidité, étanche à l'eau et à la poussière.

2- La solution de nématodes

Cette solution a été obtenue à partir d'extraits de racines de tomates infestées avec une concentration de 32 nématodes/ml. Elle a été utilisée pour l'arrosage du sol de diverses modalités de l'expérimentation.

3- Le cadusafos

Le nématicide Rugby®, produit commercial à 10% en cadusafos, acheté auprès de la société Unifert et fourni par la FMC Corporation, a été choisi dans cette étude pour le traitement du sol.

La molécule pure de cadusafos, utilisée pour des buts analytiques, afin d'étalonner le chromatographe à phase gazeuse couplé au spectromètre de masse (CGP/SM), a été achetée auprès de CLUZO Labo en France, certifiée à une pureté à 93,5% et dissoute dans de l'acétonitrile.

4- La solution - mère technique

La solution - mère de 52 mg.l⁻¹ a été préparée de telle manière à pouvoir arroser le sol des microcosmes avec 7,95 µl par bocal, l'équivalent de 5 l de cadusafos par hectare.

5- Les solutions standards

Une solution stock de 10 mg.l⁻¹ a été préparée à partir de la molécule pure. Cette solution-mère a été utilisée pour préparer les solutions standards à des concentrations de 0,15 ; 0,6; 5,00 et 10,00 mg.l⁻¹ afin d'étalonner le CPG/SM.

6- Les solutions pour la détermination du rendement d'extraction

Cette même solution stock pure de 10 mg.l⁻¹ a été utilisée pour traiter le sol afin de déterminer le taux de récupération au temps zéro en deux répétitions. Sont déduits ainsi la moyenne et l'écart type.

7- Le protocole expérimental

Le sol a été réparti dans des bocaux de 4,5 cm de diamètre à raison de 50 g par bocal ; il est porté à 80% de sa capacité au champ, soit un volume de 14 ml par bocal de solutions A, B, C et/ou D suivant les modalités considérées (Tab.1). L'ensemble de ces bocaux a été mis dans des enceintes de conserves hermétiquement fermées. Un petit récipient d'eau a été introduit de manière à

préserver l'humidité ambiante de l'enceinte et éviter par la suite le dessèchement du sol. Un autre récipient contenant 10 ml de NaOH (0,5 N) a été également introduit pour piéger le CO₂ dégagé à partir du sol (Fig. 1). Ces flacons de soude seront changés périodiquement. La stérilisation du sol dans la modalité DCS a été faite par autoclavage pendant 20 minutes à 120°C sous une pression de 1,5 bars; le cycle de l'autoclavage ayant pris 1 heure.

Tableau 1 : Volumes en ml des diverses solutions A, B, C et D appliqués au sol dans les différentes modalités.

Code - Modalité	Solutions en ml			
	A	B	C	D
	Eau distillée	Eau distillée + Rugby	Extrait racines à ébullition	Extrait racines avec nématodes 32néma.mL ⁻¹
B (sans sol)	-	-	-	-
T	14	-	-	-
T _{eb}	-	-	14	-
ENA	5	-	-	9
ENB	-	5	-	9
DC	9	5	-	-
DCS	9	5	-	-
Volume total à préparer suivant les effectifs	360	180	42	216

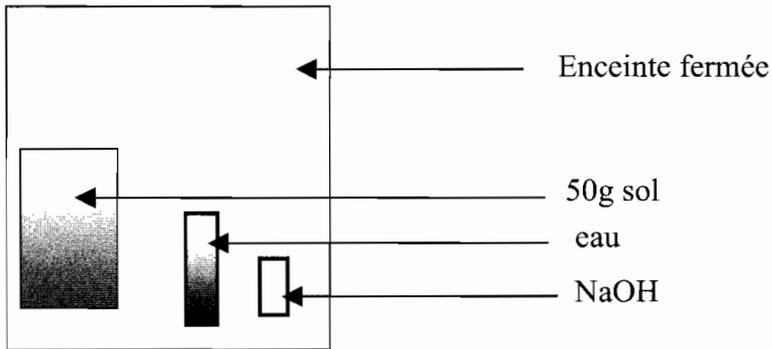


Figure 1. Dispositif expérimental monté au laboratoire.

Le tableau 2 résume l'ensemble des prélèvements et des mesures effectués au cours de l'expérience.

Tableau 2 : Calendrier de prélèvement et d'analyse.

Description des procédures	Modalités concernées	Intervalle de prélèvement	Répétitions	Fréquence
Suivi de l'activité microbienne via le dégagement de CO ₂	ENA	3 jours espacés de plus en plus dans le temps	12	8
	ENB			
	DC			
	DCS			
	T et T _{eb}			
Suivi du nombre de nématodes	T et T _{eb} ENA et ENB	12 jours au début puis sur une période de 8 jours environ	2	7
Disparition du cadusafos	DC	Tous les 10 à 11 jours	2	5
	DCS	A des intervalles irréguliers (0, 4, 13, 23 et 40 jours)	3	5

7.1. Suivi de l'activité microbienne

L'activité respirométrique de la microflore du sol peut être évaluée par la mesure de CO₂ dégagé. Ce dernier a été mesuré périodiquement par titrimétrie de retour en présence du HCl (0,2 N), du chlorure de baryum et de la phénol-phtaléine (Hayar, 1999).

7.2. Évolution du nombre de nématodes au cours de l'incubation

Des travaux préliminaires (Dagher et Najm, 2000), ont permis d'adapter la méthode de l'entonnoir de Bearmann comme la méthode la plus adéquate pour l'extraction des nématodes. Le rendement d'extraction a été réévalué de la manière suivante : 100 g de sol ont été fraîchement inoculés avec un nombre déterminé (9 nématodes / g de sol sec) de nématodes, puis extrait directement suivant la même méthode choisie. Trois répétitions ont été réalisées avec une comparaison à un sol natif témoin. Le niveau d'infestation du sol non-inoculé avant incubation a été déterminé de la même manière. La valeur obtenue représente la moyenne de trois répétitions. Après extraction, un comptage sous microscope optique (grossissement : 400 fois) a été effectué.

7.3. Disparition du cadusafos

L'extraction a été opérée de telle manière que chaque échantillon de sol (50 g) a été extrait deux fois avec 50 ml de méthanol. L'ensemble a subi une agitation de 16 à 18 heures à l'aide d'un agitateur rotatif. Le surnageant a été séparé du culot après centrifugation à 5000 tours/min pendant 20 minutes (International Centrifuge Fischer Scientific, Model V). Les deux surnageants ont été cumulés et évaporés sous vide jusqu'à sec. Le résidu obtenu a été repris dans 5 ml de méthanol, filtré (0,45 µm) à l'aide d'une seringue puis analysé par CPG/SM (Tab. 3). Le CPG/SM est de type Thermoquest AS 2000 "Trace GC" lié au détecteur MS Thermo Finigan "Polaris Q".

Tableau 3 : Méthode de dosage du cadusafos par CPG/SM.

Nom	T injecteur	T ligne de transfert	Colonne	T four	Gaz vecteur	Volume d'Injection	Débit	t de rétention
Cadusafos	50°C → 270°C	130°C	Retex Rtx-5MS 30m×0.25mm	60°C → 300°C	He	1µl	1.2 mL/min	28,5 min

7.4. Analyse statistique des données

Les résultats du suivi de la densité des populations des nématodes et de l'évaluation de l'activité microbienne, ont été traités par le logiciel Microsoft Excel® 2000 pour déterminer la moyenne arithmétique et l'écart-type.

La durée de demi-vie du cadusafos dans le sol a été déterminée grâce à la simulation des valeurs expérimentales à un modèle exponentiel suivant l'équation (Wauchope *et al.*, 1992 ; OSU, 1994) :

$$C = C_0 \exp(-kt) .$$

Les résultats de la disparition du cadusafos ont été analysés avec le logiciel Kaleidagraph qui permet de déterminer à la fois la constante de la réaction ou taux de dégradation avec un pourcentage d'erreur de 1%. Ainsi, est déduite la durée de demi-vie selon l'équation suivante :

$$t_{\frac{1}{2}} = -\frac{\ln(0.5)}{k} .$$

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1- Analyse granulométrique du sol

Les résultats de l'analyse granulométrique sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Analyse granulométrique du sol de Jbeil.

SG	SF	LG	LF	A	MO	N	P	K	pH	CE dS/m
%						Ppm				
26	5	10	6	50	3.6	95	134	700	7.4	1.71

2- Évolution du nombre de nématodes au cours de l'incubation

Les résultats de l'extraction au temps zéro pour le sol inoculé et celui resté sans inoculation ont montré un rendement d'extraction de 81%, en supposant que la densité de la population introduite au sol stérilisé et qui est de 9 nématodes / g de sol correspondait au rendement maximal de 100% et que le niveau

d'infestation du sol était très élevé suivant la classification de Barron (1997), avec un nombre de nématodes de 3330 par kilogramme de sol sec.

Les résultats récapitulatifs de cette expérience sont présentés dans la figure 2.

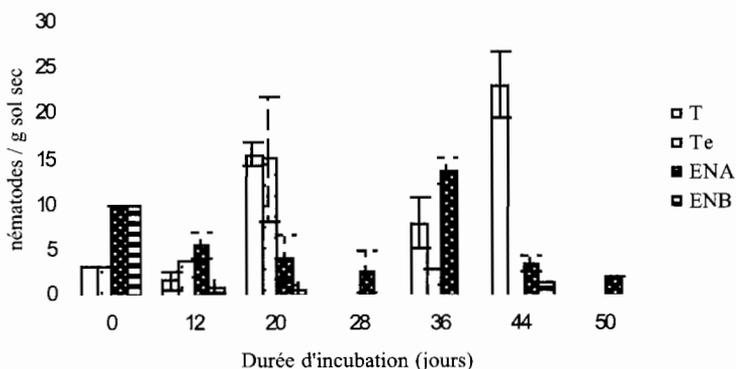


Figure 2. Evolution du nombre de nématodes par gramme de sol au cours de 50 jours d'incubation.

Le nombre de nématodes dans le sol natif (T) évolue suivant deux phases différentes : la première correspond à la période du début de l'incubation jusqu'au 28^{ème} jour ; la seconde s'étale du 28^{ème} jour jusqu'à la fin de l'expérience. Au cours de chacune de ces deux phases, l'augmentation du nombre de nématodes semble correspondre à l'apparition du juvénile (J2) au cours du stade du développement normal de l'organisme. Le déclin de la population au 28^{ème} jour nous permet d'émettre l'hypothèse de la présence de deux populations ; la première, probablement phytoparasite dont la diminution peut être expliquée par l'absence des racines d'hôtes nécessaire à l'accomplissement du cycle et à l'apparition de nouvelles générations.

Cette diminution fait place à une autre population autochtone, cette fois libre, saprophyte s'installant dans le sol. L'augmentation au cours de la première phase peut être expliquée par la présence d'œufs de nématodes enveloppés d'une masse gélatineuse, devant nécessairement être pondus par la femelle dans les tissus de racines. Et c'est suite à l'établissement de conditions favorables que l'éclosion a eu lieu. Ces observations ont été signalées par Nestcher (1970) qui a trouvé que le délai ponte - éclosion dure sept à neuf jours pour une température de 28°C. Cependant, le retard remarqué dans notre cas peut être dû au temps nécessaire pour

l'établissement des conditions favorables pour l'éclosion, étant donné que notre sol a été stocké au laboratoire à l'état sec pendant 45 jours.

La modalité (T_{eb}) ayant reçu une solution d'extraits de racines stérile, semble aller de pair avec la modalité (T), sol natif. Il en résulte, que l'extrait de racines n'a pas pu modifier ou stimuler l'éclosion des œufs et accélérer par la suite leur multiplication.

En revanche, le nombre de nématodes dans le sol traité par le Rugby® (10% cadusafos) de la modalité (ENB) est inférieur à celui de la modalité ENA et ceci tout au long de l'incubation. En effet, les nématodes sont presque absents dans le sol traité par du Rugby® (10% cadusafos) à la dose de 50 l/ha. Nos résultats se trouvent en parfait accord avec Allsopp et Mc. Gill (1997), qui ont trouvé que le nombre de larves de nématodes dans la modalité ayant subi le traitement par le cadusafos (Rugby 100G) était significativement inférieur au contrôle dans un essai conduit contre les larves de *Antitrogus parvulus* et *Antitrogus consanguineus* sur une culture de cannes à sucre.

3- Suivi de l'activité microbienne du sol via le dégagement de CO₂

Les résultats récapitulatifs de l'effet du Rugby® (10% cadusafos) sur la microflore tellurique sont représentés dans la figure 3.

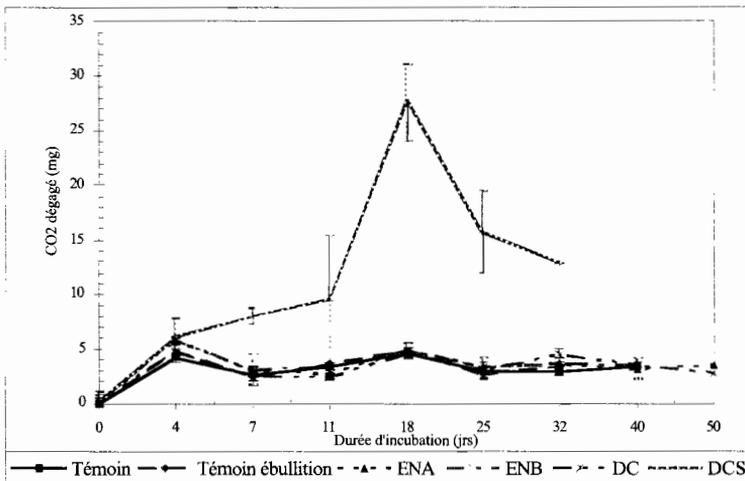


Figure 3. Cinétique de minéralisation du carbone organique au cours de 50 jours d'incubation; Dégagement de CO₂ pour l'ensemble des modalités en comparaison au sol stérile.

De prime à bord, un pic élevé de CO_2 est noté pour la modalité DCS. Il coïncide au 18^{ème} jour de l'incubation et est de l'ordre de 27,5 mg. Ce résultat équivoque nous amène à déduire que : (i) un cycle de stérilisation n'est pas à lui seul suffisant pour détruire les microorganismes du sol ; (ii) ou la stérilité du sol n'a pu être maintenue dans les conditions aseptiques de travail de notre laboratoire.

Deux hypothèses peuvent donc être émises pour l'explication de cette activité intense :

- Le vide biologique créé par l'autoclavage et l'élimination de la concurrence pouvant ainsi favoriser l'installation et le développement d'une colonie microbienne en cas de contamination ; ou,
- La dénaturation de la matière organique rendue plus facilement minéralisable dans la modalité (DCS) que dans le cas du sol natif (DC).

L'activité minéralisatrice élevée au 18^{ème} jour pourrait être due à des souches bactériennes nouvellement installées et/ou à une souche préexistante ayant surmonté probablement l'autoclavage du sol.

Pour les autres modalités des sols non-stériles, un maximum de CO_2 est noté au 4^{ème} jour d'incubation, lié à une activité microbienne relativement élevée avec des valeurs variant entre 4,28 mg (Témoin T) et 5,81 mg (ENB). La dessiccation – humectation du sol et l'éclatement des agrégats a mis à la disposition des microorganismes une matière organique plus labile ainsi qu'une fraction constituée probablement de microorganismes tués lors du dessèchement du sol. Cette fraction de matière organique ne tarde pas à s'épuiser vers le 7^{ème} jour d'incubation où elle se fait marquer par une diminution du dégagement de CO_2 . Une deuxième phase de respiration du sol démarre cette fois au 18^{ème} jour où un autre pic est enregistré, dans toutes les modalités non-stériles variant entre 4,64 mg de CO_2 pour le témoin (T) et la modalité (DC) et entre 4,81 et 4,85 mg pour les modalités (Teb), (ENA) et (ENB). Il s'agit de la minéralisation de la matière organique endogène du sol.

Sur un autre plan, aucun effet du Rugby® (10% cadusafos) ne s'est fait sentir sur l'activité minéralisatrice globale de la microflore du sol. En effet, il n'y a pas de différence significative entre les différentes mesures de CO_2 . Ceci amène à dire que le cadusafos, appliqué à la dose de 5 l/ha, n'a pas eu d'effet toxique sur le comportement de la microflore du sol.

4- Disparition du cadusafos dans le sol

Les résultats de la disparition du cadusafos dans le sol sont exposés dans ce qui suit par détermination de la durée de demi-vie du cadusafos dans le sol.

4.1. Courbe d'étalonnage de la CPG/SM

La courbe d'étalonnage (Fig. 4) est linéaire, l'équation est de la forme :

$$y = 6,9 \cdot 10^5 x + 3,2 \cdot 10^5 ;$$

Le coefficient de régression r^2 de l'équation est de 0,9925 ; la forme ainsi trouvée est donc valable.

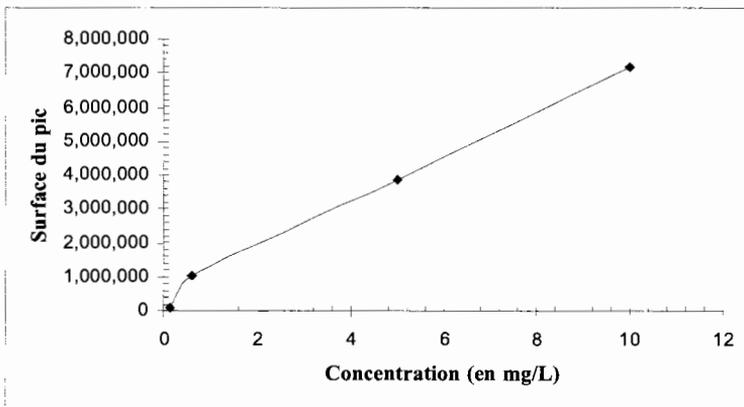


Figure 4. Courbe d'étalonnage de la CPG/SM.

4.2. Rendement d'extraction du cadusafos

Le résultat du test du rendement d'extraction du cadusafos au temps zéro effectué sur deux répétitions a été d'une valeur moyenne de 85,16% avec un écart-type de l'ordre de 8,26%.

4.3. Détermination de la durée de demi-vie du Rugby® (10% cadusafos) dans le sol natif

Le graphe de la figure 5 suivante illustre cette disparition.

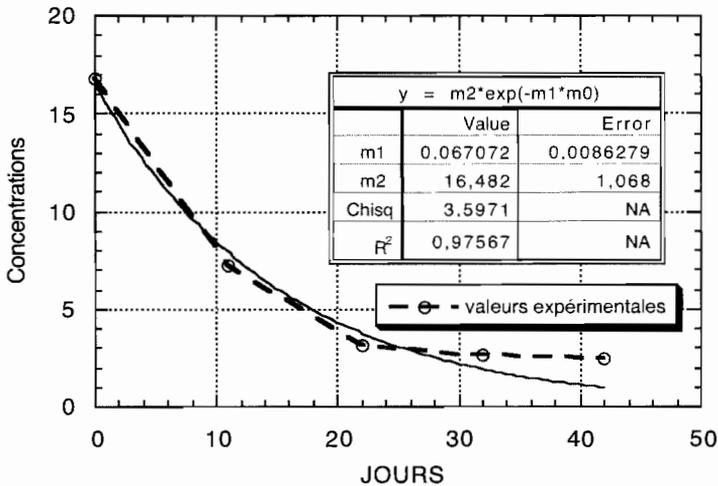


Figure 5. Disparition du cadusafos avec le temps dans le sol natif.

La courbe en ligne discontinue montre une disparition strictement décroissante et rapide du nématicide en question dès les premiers jours d'incubation. Le modèle appliqué représenté par la courbe en ligne continue montre, à l'évidence que les valeurs expérimentales vont de pair avec celles théoriques avec un coefficient de régression $r^2 > 0,97$. En sus, la valeur m_2 représente la concentration initiale (16,48) obtenue par le modèle appliqué. Quant à la valeur m_1 (0,067), elle représente la constante k de la réaction. En remplaçant k par sa valeur dans l'équation 2, la durée de demi-vie du cadusafos dans le sol est déduite. Elle est de l'ordre de 10,34 jours. Il en résulte que le cadusafos n'est pas persistant dans des conditions contrôlées de laboratoire.

4.4. Détermination de la durée de demi-vie du cadusafos dans un sol stérile

Le graphe présent à la figure 6 présente les résultats de disparition du cadusafos dans le sol stérile. La régression de forme exponentielle dans le cas du sol stérile, est exprimée d'après le logiciel Kaleidagraphe par l'équation suivante :

$$C = 16,759 \exp(-0,81927t) ;$$

Avec C , la concentration au temps t ; C_0 , la concentration initiale étant de 16,759 et k , la constante de la réaction de premier ordre étant de 0,8127.

Le modèle appliqué représenté donc par la courbe en ligne continue montre un coefficient de régression $r^2 = 0,63291$. Les valeurs expérimentales se trouvent donc en désaccord avec le modèle.

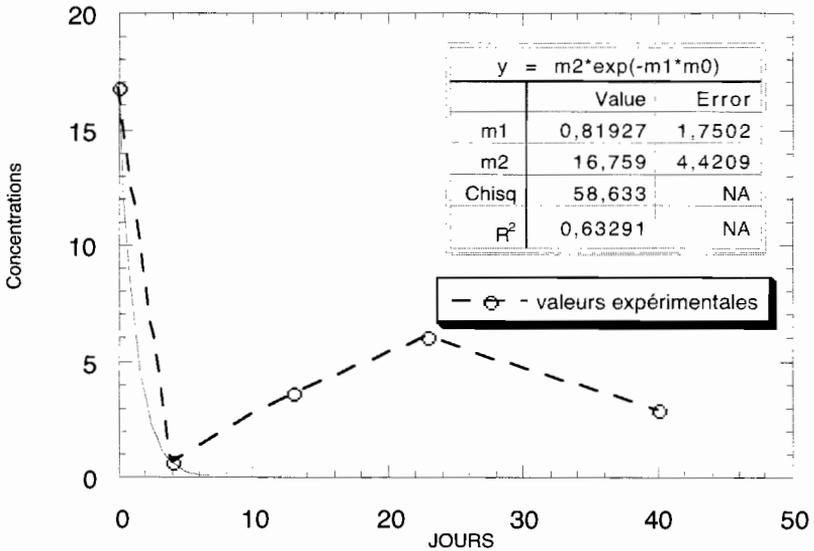


Figure 6. Disparition du cadusafos avec le temps dans un sol stérile.

L'hétérogénéité des valeurs obtenues empêche l'interprétation des résultats de cette modalité. La seule explication pouvant être émise dans ce cas est la non stérilité du sol que ce soit au cours de la manipulation ou l'insuffisance du cycle d'autoclavage pour stériliser le sol.

CONCLUSION

Le nématicide cadusafos ne semble pas avoir d'effet sur la microflore tellurique du sol étudié à la concentration de 5 l/ha appliquée dans les biomètres clos au laboratoire : en effet, pas de différences significatives enregistrées entre les

activités minéralisatrices globales du sol traité ou non par le nématicide en question.

D'autre part, le cadusafos s'est montré à effet nématicide important à cette même dose rendant les nématodes presque absents dans le sol traité. L'apport d'extraits de racines au sol n'a pas stimulé la prolifération des populations de nématodes. L'évolution de la densité de ces microorganismes permet d'émettre l'hypothèse de l'existence de deux populations différentes, la première phytoparasite et la seconde probablement libre du fait de l'absence de l'hôte.

Quant au suivi de dégradation du cadusafos dans le sol, elle était rapide où celle-là a suivi un modèle exponentiel. Malgré une durée de vie assez courte, estimée à 10,34 jours ; son efficacité a subsisté dans le contrôle des nématodes. Ceci a montré que la persistance agronomique de la molécule a été préservée tout au long de l'expérience.

Pour clôturer, beaucoup de pesticides supposés dégradés rapidement ont été retrouvés à l'état lié. Il est nécessaire, donc, d'aborder d'autres études complémentaires de manière à réduire l'utilisation de pesticides et d'associer d'autres méthodes de lutte préventive permettant de réprimer la pathogénicité des ravageurs ou de baisser leur nombre à un seuil inférieur au seuil de nocivité. Citons l'exemple de l'utilisation de porte-greffes résistants, l'incorporation de matières organiques fraîches ou humifiées à effet inhibiteur ou répulsif, l'adoption de stratégies de lutte antiparasitaire intégrée. En tout cas, il s'agit de mettre en place une politique agricole saine, respectueuse de l'environnement, préservant les ressources naturelles et surtout aboutissant à un produit agricole sain répondant aux exigences du consommateur et aux normes des marchés nationaux et internationaux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGRIOS, G.N., 1997. Plant pathology, 4th edition. APS PRESS, Minnesota p. 565-577.
- ALLSOPP, P.G. et MC GILL, N.G., 1997. Use of cadusafos and terbufos against larvae of *Antitrogus parvulus* and *Antitrogus consanguineus* (Coleoptera: Scarabaeidae) in sugarcane in southern Queensland. *Crop protection* (16): 4.
- BARRON, G. L., 1977. The nematode-destroying fungi. Topics in microbiology No. 1, Canadian biological publications, Ghelph, Ontario, Canada. p. 81.
- COOPER, J.F., ZHENG, S.Q. et WYNN, N., 1994. Determination of organophosphorus nematicide residues in Banana-field soils by GC/MS. *Journal of AOAC international*, 77: (6) 1580 – 1586.
- CREMLYN, R.J., 1990. Agrochemicals : preparation and mode of action - Comprehensive nematicide notes. pp.299-399.
- DAGHER, P. et NAJM, C., 2000. Recherches de méthodes alternatives au bromure de méthyle dans le contrôle des nématodes sur les cultures maraîchères. CNRS Libanais – COMPLES-SUPLEC Beyrouth – 2000.
- DENT, D., 1995. Integrated pest management (Chappman & Hall) - General insecticide notes p.54.
- FMC, 1991. Rugby: effective control of nematodes and soil insects. USA.
- FERGUSON, W., et PADULA., A., 1994. Economic effects of banning methyl bromide for soil fumigation. Washington DC: U.S. Department of Agriculture.
- HAYAR, S., 1999. Influence d'un inoculum fongique, d'amendements organiques et minéraux sur la dégradation de l'atrazine. Cas d'un sol présentant une microflore autochtone adaptée ou une faillibilité microbienne. Thèse de doctorat en santé et environnement, Université Joseph Fourier – Grenoble I, ENSAIA-INRA-NANCY, 130 p.
- NETSCHER, C., 1970. Les nématodes parasites des cultures maraîchères au Sénégal. *Cahier ORSTOM. Série Biologique* 11 : 209-229.
- OSU, 1994. Oregon State University Extension Pesticide Properties Database, <http://ace.orst.edu/info/nptn/ppdmmove.htm>
- The pesticide manual, 1997. Eleventh edition – Editor : CDS Tomlin british crop protection council, United Kingdom. pp. 140 – 141.

- WAUCHOPE, R. D., BUTTLER, T. M., HORNSBY, A. G., AUGUSTIJN-BECKERS, P. W. M. et BURT, J.P., 1992. The SCS/ARS/CES Pesticide properties database for environmental decision making. *In* : Reviews of environmental contamination and toxicology, Volume 123. Spriger-Verlag. New York. 1992. p.1 – 15.
- ZHENG, S.Q., COOPER, J.F., PALCY, L., COSTE, C.M. et MARNOTTE, 1994. Mobility and dissipation of cadusafos in banana fields in Martinique. *The Science of The total Environment* 156 : 1-9.
- ZHENG, S. Q. et COOPER, J. F. 1996. Adsorption, desorption and degradation of three pesticides in different soils. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 30: 15-20.