

GUIDE D'UTILISATION

METAM SODIUM & METAM POTASSIUM



A subsidiary of Eastman Chemical Company

GUIDE D'UTILISATION

METAM SODIUM
& METAM POTASSIUM



TABLE DES MATIÈRES

Table des matières	3
Introduction	5
1. Principes de la désinfection du sol	6
1.1. Les sols et les raisons pour lesquelles ils sont désinfectés	6
1.2. Les bases de la désinfection du sol	7
1.2.1. Les différents compartiments du sol et leur rôle	7
1.2.2. Les désinfectants et leur mobilité dans le sol	8
1.2.3. Les facteurs influençant l'activité désinfectante des produits	8
1.2.3.1. L'humidité du sol	8
1.2.3.2. La température du sol	8
1.2.3.3. La teneur en argile	9
1.2.3.4. La teneur en matière organique	9
1.2.3.5. Les amendements	9
1.2.3.6. Dose d'application et bâchage du sol	10
1.2.3.7. Temps d'exposition et notion de concentration x temps de contact	10
1.2.3.8. Recontamination des parcelles traitées	11
Résumé du chapitre 1	11
2. Les désinfectants du sol à base de metam et leurs principaux composés actifs ...	12
2.1 Généralités	12
2.2. Caractéristiques des produits à base de metam	13
2.2.1. Metam sodium et metam potassium	13
2.2.2. Méthyl isothiocyanate (MITC)	13
2.2.3. Activité biologique d'un désinfectant du sol	13
2.3. La production naturelle de MITC et d'autres isothiocyanates	14
Résumé du Chapitre 2	15



3. Mode d'application des produits à base de metam pour la désinfection des sols	16	5.3.2.3. Evaluer le taux d'humidité du sol	31
3.1 L'injection	16	5.3.3. La température du sol	32
3.1.1. L'injection par coudre	16	5.3.4. L'émiettement du sol	33
3.1.2 L'injection par soc en patte d'oie	17	5.4. L'application du désinfectant	33
3.1.3 Les machines montées sur tracteur	18	5.4.1. Etapes préliminaires	33
3.1.4 Un point d'injection localisé	18	5.4.1.1. Vérification des conditions climatiques	33
3.2 Irrigation au goutte à goutte	18	5.4.1.2. Le transfert des produits	34
		5.4.2. L'application du metam	35
Résumé du chapitre 3	21	5.4.2.1. Injection dans le sol	35
4. Les mesures qui améliorent l'activité biologique du metam et du MITC	22	5.4.2.2. Application par irrigation au goutte à goutte	36
4.1. Le tassement du sol	22	5.4.3. Panneaux d'avertissement	36
4.2. L'arrosage	23	5.5. La période de réentrée	37
4.3 Le bâchage plastique	24	5.6. Nettoyage du matériel et des bidons	37
4.3.1 Généralités et classification	24	5.7. Le retrait du bâchage plastique et/ou aération du sol	38
4.3.2 Le bâchage plastique en protection intégrée	25	5.8. Le nettoyage des équipements de protection individuelle (EPI)	39
4.3.3. Points d'attention lors de la pose des films plastiques		5.9. Règles générales sur l'utilisation des filtres à cartouche	39
de désinfection du sol	25	5.10. Le contrôle des résidus de MITC	40
4.3.4. Les différentes méthodes d'application des films plastiques	26	5.10.1. Vérifier la sécurité de l'environnement de travail	40
Résumé du chapitre 4	27	5.10.1.1 La détection par photo-ionisation (PID)	40
5. Guide de la désinfection du sol au metam étape par étape	28	5.10.1.2. Les tubes de détection	40
5.1 Le stockage et la manipulation des produits	28	5.10.2. Vérifier le risque de phytotoxicité éventuel après	
5.1.1 Le stockage	28	désinfection et aération du sol	41
5.1.2 La manipulation du produit	28	Résumé du chapitre 5	43
5.2 Vérification des conditions locales de traitement	29	Annexes	44
5.3 La préparation du sol	30	Abréviations	44
5.3.1. Débarrasser le sol des débris de la culture précédente	30	Glossaire	44
5.3.2 L'humidité du sol	30	Informations légales	46
5.3.2.1. Pré-humidifier le sol pour sensibiliser			
les organismes ciblés	30		
5.3.2.2. Humidité du sol lors du traitement	31		

INTRODUCTION

Le stockage, la manipulation et l'application de produits de désinfection du sol comme le metan sodium ou le metan potassium nécessitent des connaissances sur le comportement de ces produits ainsi que sur ceux des gaz qui sont libérés après leur application.

Disposer de connaissances sur la désinfection du sol en général, et sur les facteurs qui peuvent jouer au moment de la réaliser, permet une approche logique sur la manière d'utiliser ces produits et le choix des techniques d'application en fonction des conditions spécifiques rencontrées.

Ce guide passe en revue les points à vérifier et les mesures à prendre aux différentes étapes de l'utilisation de ces produits, y compris après leur application. Il prend en compte les dernières réglementations et recommandations d'emploi en vigueur.

Chaque chapitre apporte les informations nécessaires pour aider l'utilisateur à bien comprendre pourquoi et comment telle ou telle mesure doit être mise en œuvre. Il comprend également une description précise des points essentiels et un résumé des aspects les plus importants.

1. PRINCIPES DE LA DÉSINFECTION DU SOL

1.1 LES SOLS ET LES RAISONS POUR LESQUELLES ILS SONT DÉSINFECTÉS

Le sol est un milieu complexe composé d'éléments minéraux et organiques, qui offre un biotope favorable aux organismes bénéfiques aux plantes mais aussi à des organismes pathogènes.

Les particules minérales et la matière organique, présentes dans le sol sous différentes formes et en quantités plus ou moins importantes, vont déterminer sa structure granulométrique plus ou moins grossière et sa capacité d'absorption, mais aussi la taille des espaces entre particules qui vont permettre à l'eau et aux gaz de circuler.

Certains micro-organismes du sol comme les rhizobiums, sont très favorables aux plantes. Mais des micro-organismes pathogènes présents surtout dans les sols de parcelles en courtes rotations, peuvent aussi provoquer des maladies telluriques ou des dégâts sur les cultures liés à la présence d'une densité de ravageurs comme les nématodes, très élevée. Les mauvaises herbes, et leurs semences qui peuvent se conserver très longtemps dans le sol, peuvent aussi être très nuisibles aux plantes cultivées. Les débris et les racines qui restent dans le sol après la récolte, augmentent le risque de développement d'organismes pathogènes et de ravageurs du sol. En fonction des cultures, les différents organismes nuisibles peuvent survivre à une profondeur plus ou moins grande dans le sol. Il est possible d'éviter ce risque en appliquant des fongicides, des nématicides ou des herbicides.

Il existe cependant très peu de produits de protection des plantes adaptés au traitement du sol. Beaucoup d'entre eux nécessitent des traitements répétés et présentent un risque élevé d'accumulation de résidus dans la culture.

La désinfection du sol mise en œuvre avant l'implantation de la culture, est une solution plus intéressante. La plupart des produits de désinfection du sol ont un spectre d'activité assez large. Ce qui signifie qu'ils disposent à la fois d'une action fongicide, nématicide et herbicide, et qu'ils pourront en fonction de la technique d'application retenue, traiter des couches assez profondes du sol si besoin.

Le tableau ci-dessous indique la profondeur moyenne où se situent habituellement les différents organismes pathogènes du sol.

PROFONDEUR DU SOL DE DIFFÉRENTS CHAMPIGNONS ET RAVAGEURS DU SOL (De Mappes, D., 1995, *Acta Horticulturae* 382: 96-103)

PROFONDEUR DU SOL (CM)	CHAMPIGNON OU RAVAGEUR DU SOL
0 - 20	<i>Pythium spp.</i> , <i>Phytophthora citricola</i> Bactéries (<i>Erwinia</i> , <i>Pseudomonas</i>) Nématodes libres (<i>Longidorus</i> , <i>Pratylenchus</i> , <i>Paratylenchus</i>)
20 - 40	<i>Sclerotium cepivorum</i> , <i>Rhizoctonia spp.</i> , <i>Phoma spp.</i> , <i>Didymella lycopersici</i> <i>Phytophthora fragariae</i> , <i>Verticillium albo-atrum</i> , <i>Plasmiodiophora brassicae</i> <i>Thielaviopsis</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Pyrenochaeta lycopersici</i> Nématodes à galle (<i>Meloidogyne</i>) Nématodes à kystes (<i>Heterodera</i>)
40 - 60	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Corticium solani</i>
> 60	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Rosellinia necatrix</i>

Il n'y a pas de frontière très nette entre les différents horizons, pour les champignons ou les ravageurs mais le risque lié à ces différents micro-organismes dépend aussi de la profondeur à laquelle les racines de la culture vont venir se développer.

La profondeur des racines de différentes espèces cultivées qui restent dans le sol peut aussi accroître le risque de maladie des racines de la culture suivante.

PROFONDEUR DES RACINES DE DIFFÉRENTES PLANTES CULTIVÉES

(A partir de : Mappes, D., 1995, Acta Horticulturea 382: 96-103)

HORIZON	PROFONDEUR DE SOL (CM)	ESPÈCE CULTIVÉE
Superficiel	0-20	Laitues, pois, concombres, carottes, radis, oignons, arachide
Intermédiaire	20-40	Pommes de terre, épinards, poireaux, céleris, fraisières, haricots, poivrons et tomates
Profond	> 40	Crucifères tardives, choux de Bruxelles

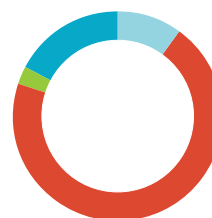
1.2 LES BASES DE LA DÉSINFECTION DU SOL

1.2.1 LES DIFFÉRENTS COMPARTIMENTS DU SOL ET LEUR RÔLE

Le sol est composé de 4 compartiments principaux : la fraction minérale solide (1), la matière organique solide (2), l'air présent dans les interstices du sol et à l'intérieur des mottes (3), et enfin l'eau qui forme un film autour des particules solides, qui est

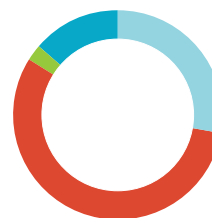
insérée en partie dans les pores du sol ou qui circule librement entre les particules (4).

Les cavités du sol facilitent la diffusion du gaz et permettent une action désinfectante du produit assez loin de son point d'application, bien qu'une plus grande dilution du gaz dans l'air réduise son niveau de concentration donc son efficacité (voir plus loin: Valeur ct ou concentration \times temps de contact). Le labour et un bon émiettement du sol permettent d'augmenter la porosité du sol. Le tableau ci-dessous montre l'effet du labour et de l'émiettement du sol sur la porosité du sol (bleu clair) :



Les compartiments du sol (% volumétrique) avant labour

■ Air
 ■ Matière organique solide
 ■ Eléments minéraux solides
 ■ Eau



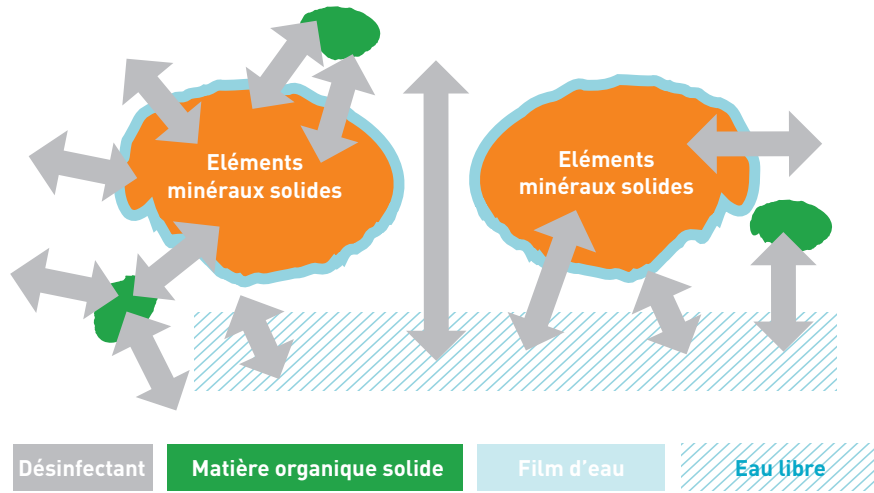
Les compartiments du sol (% volumétrique) après labour

■ Air
 ■ Matière organique solide
 ■ Eléments minéraux solides
 ■ Eau

Le labour peut aussi provoquer un effet « cheminée » une fois que le désinfectant a été appliqué. Comme c'est expliqué plus loin dans la partie techniques d'application, le risque de voir le produit s'échapper trop tôt, doit être limité et même évité en tassant le sol en surface, en l'arrosant et/ou en le recouvrant d'un film plastique.

Des éléments minéraux comme l'argile et la présence de matière organique vont aussi jouer sur la capacité d'absorption du sol. Un niveau élevé des deux fractions solides du sol peut nécessiter d'augmenter la dose de produit. L'eau du sol peut également dissoudre les produits de désinfection et une forte teneur en eau peut bloquer leur

diffusion dans le sol. Il n'en est pas de même du film d'eau qui entoure les éléments solides, où la phase d'échange entre liquide et gaz se poursuit et permet au gaz de circuler sur une plus longue distance, comme on le voit ci-dessous :



1.2.2. LES DÉSINFECTANTS ET LEUR MOBILITÉ DANS LE SOL

La distance de migration des gaz désinfectants à partir de leurs points d'application est étudiée précisément par analyses chimiques ou à des profondeurs plus élevées, par des tests biologiques (sur champignons, nématodes ou semences). L'isolation de ce matériel biologique et sa mise en culture sur des substrats spécifiques, ou leur dénombrement après la phase de contact avec le désinfectant, permettent de vérifier l'efficacité du produit.

En dehors des facteurs mentionnés ci-dessous qui peuvent jouer sur l'activité désinfectante des produits, la diffusion des gaz désinfectants dans le sol dépendra de leurs caractéristiques. De même, leur structure chimique et la taille de leur molécule vont définir leurs niveaux d'absorption, de dissolution et de diffusion dans

les micropores du sol. Leurs propriétés physiques, comme leur tension de vapeur et leur densité, détermineront la façon dont ils pourront se diffuser dans l'air du sol ou s'échapper au travers des plus gros pores et des fissures.

1.2.3. LES FACTEURS INFLUENÇANT L'ACTIVITÉ DÉSINFECTANTE DES PRODUITS

1.2.3.1. L'HUMIDITÉ DU SOL

Il est indispensable que le sol soit humide d'une part pour rendre les micro-organismes ciblés actifs (ou plus actifs) avant le traitement, et d'autre part pour faciliter la diffusion du désinfectant dans le sol. Il faut assez d'humidité pour éviter le développement de formes de conservation chez les pathogènes, comme les sclérotes, ou de spores résistants moins sensibles aux désinfectants de sol, comme c'est le cas avec certains champignons responsables de maladies du sol. La meilleure efficacité pour la désinfection est obtenue avec une humidité à un certain pourcentage de la capacité de rétention en eau du sol. Ce pourcentage optimal est difficile à déterminer car il doit être évalué empiriquement pour chaque parcelle à traiter et change en fonction de la culture.

On peut cependant recommander de façon générale une humidité du sol au moment de l'application, comprise entre 50 et 75 % de la capacité de rétention, selon le type de sol et le produit, et de 60 %, pour le metam.

Des conseils pour évaluer sans instrument particulier, l'humidité du sol sont donnés plus loin, lors de la description des différentes étapes de l'application.

1.2.3.2. LA TEMPÉRATURE DU SOL

Les gaz, et par conséquent les désinfectants, ont tendance à occuper le maximum de

l'espace qui est à leur disposition dans un environnement clos. Ils ont aussi tendance à occuper un volume plus important lorsque la température augmente. Mais dans un environnement clos, lorsque la température s'accroît, c'est leur pression qui augmente. La volatilité d'un gaz fumigant dépend de sa pression de vapeur qui elle-même, est liée à la température.

La température détermine également la solubilité du désinfectant dans l'eau du sol et l'équilibre phase gazeuse-phase liquide du gaz, mais aussi les phénomènes d'adsorption et de désorption aux éléments solides du sol.

L'activité des organismes ciblés et leur sensibilité aux désinfectants du sol vont aussi dépendre de la température.

Des températures du sol trop élevées ou trop basses peuvent conduire à devoir réaliser la désinfection tôt le matin ou en fin d'après-midi, voire le soir, pour éviter les risques de pertes de produits si les températures sont trop hautes, ou d'activité trop faible si les températures sont trop fraîches.

1.2.3.3. LA TENEUR EN ARGILE DU SOL

L'argile et les minéraux argileux disposent d'une capacité particulièrement forte à se lier avec la plupart des molécules chimiques. Comme ils sont souvent électriquement chargés, ils peuvent piéger des molécules dans les interstices qui séparent les différents feuillets de leur structure. En cas de désinfection du sol, il est parfois nécessaire d'augmenter la dose d'emploi du produit (par exemple de la doubler), pour obtenir une efficacité satisfaisante du traitement. L'augmentation de la dose peut être parfois résolue en traitant uniquement des bandes de sol à dose élevée, si le système de culture ou la configuration de la parcelle le permettent.

Dans certains pays, l'étiquette du produit précise des doses pour sols « légers » et pour sols « lourds ».

1.2.3.4. LA TENEUR EN MATIÈRE ORGANIQUE

La teneur en matière organique du sol dépend surtout des résidus de la culture précédente. De façon générale, il est conseillé d'enlever le maximum de débris et de racines de la dernière culture avant d'effectuer la désinfection du sol et la mise en place de la culture suivante. Ceci permet d'éviter que les débris végétaux n'absorbent le gaz et d'éliminer de la parcelle l'inoculum de certaines maladies qui seraient restés sur les résidus de culture et qui pourraient contaminer la culture suivante.

Il est couramment admis que pour une teneur en matière organique de 5 à 6 %, il est nécessaire d'augmenter de 50 %, la dose du désinfectant du sol. Si c'est possible, en fonction des cultures mises en place et des organismes pathogènes à traiter, une application par bandes ou un traitement moins profond, permettrait de ramener la quantité totale de produit appliquée dans la parcelle, à la dose normale d'utilisation.

Respectez toujours la réglementation locale en matière de dose d'application.

1.2.3.5. LES AMENDEMENTS

Les producteurs ont souvent tendance à apporter des amendements lorsqu'ils préparent le sol d'une serre ou d'une parcelle, avant la mise en place d'une culture. La question de savoir s'il est judicieux d'apporter ces amendements en même temps que la désinfection du sol, est souvent posée.

L'augmentation de la teneur en matière organique du sol peut facilement être calculée. Un apport de 20 t/ha d'amendement incorporé dans les 20 premiers cm du sol, correspond à une augmentation d'environ 1 % de la teneur en matière organique du sol, si le sol a une densité d'environ 1.

Le fait d'incorporer dans le sol, des engrais verts ou du compost juste avant la désinfection, n'est pas recommandé et nécessitera d'augmenter la dose de produit si

le taux de matière organique du sol excède 5 à 6 %. Les apporter par exemple un mois avant la désinfection, peut être suffisant pour permettre leur décomposition dans le sol à condition que la température et l'humidité soient favorables. Si des apports de ce type doivent être réalisés après l'application du désinfectant du sol, il est impératif qu'ils ne contiennent pas d'organismes pathogènes.

1.2.3.6. DOSE D'APPLICATION ET BÂCHAGE DU SOL

Les doses d'emploi des désinfectants du sol sont obtenues à partir d'études à différents niveaux de doses. Mais pour une application dans le sol, elles vont aussi dépendre du type de sol, de l'horizon (profondeur) de sol à traiter correspondant à la profondeur des organismes cibles, et de la profondeur des racines de la culture concernée.

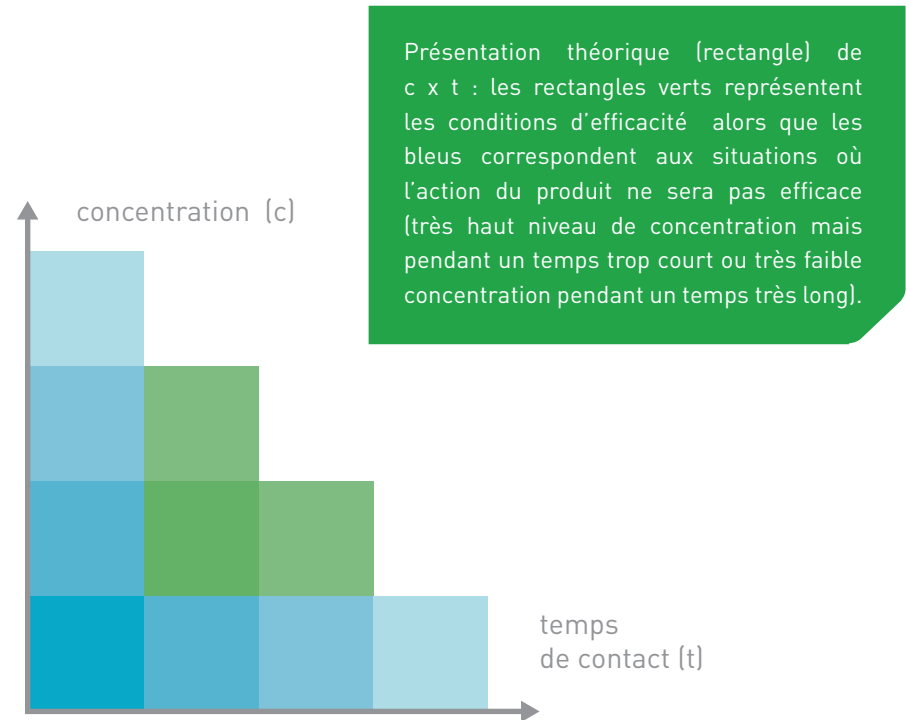
Les doses maximum homologuées peuvent s'avérer assez faibles pour les traitements à réaliser sur une profondeur de sol importante car elles sont exprimées en poids ou en volume par unité de surface (kg ou l/ha ou g ou ml/m²). Dans ce cas, comme indiqué dans les paragraphes 1.2.3.3. et 1.2.3.4, une solution pourra être l'application limitée aux bandes de cultures. Elles peuvent aussi constituer une solution aux applications par bandes évoquées.

La pose d'un film plastique peut réduire de façon importante, les pertes de gaz pendant la période de désinfection du sol, et permettre ainsi de réduire les doses d'application des produits par rapport à un passage de rouleau sur la couche superficielle du sol.

1.2.3.7. TEMPS D'EXPOSITION ET NOTION DE CONCENTRATION X TEMPS DE CONTACT

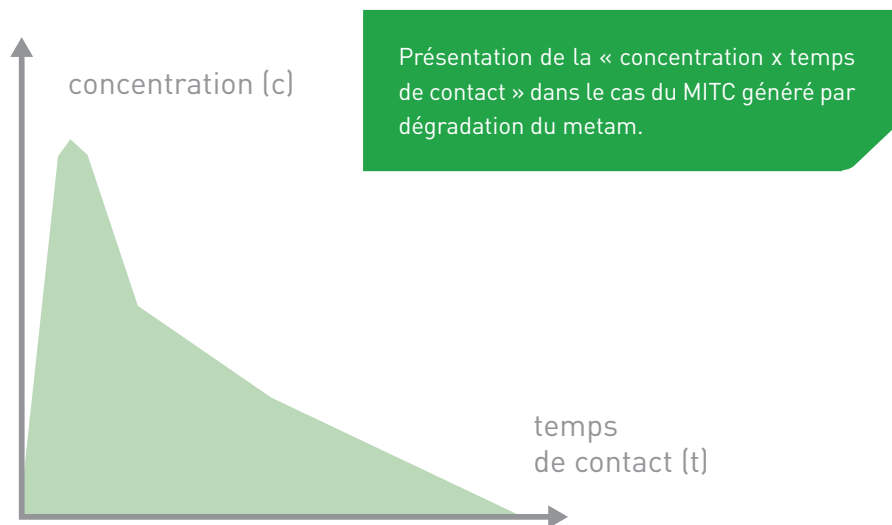
Les organismes ciblés sont contrôlés efficacement si la concentration du produit de

désinfection est assez élevée, pendant un laps de temps suffisant, et sous certaines conditions d'humidité et de température. L'efficacité d'un produit est souvent exprimée en terme de concentration x temps de contact (en g par m³xh). Ce qui peut être visualisé par le graphique ci-dessous.



En ce qui concerne le méthyl isothiocyanate (MITC), produit par la décomposition du metam au contact du sol, on constate d'abord une augmentation très rapide de la concentration, suivie très vite par une baisse de la concentration, car le MITC commence immédiatement à se dissiper (expansion, absorption et dégradation). Ceci peut entraîner la présence de désinfectant du sol à une concentration très faible pendant une très longue période, ou une très forte concentration pendant un laps de temps très court, qui créera dans les deux cas un niveau d'efficacité très faible.

Le graphique suivant présente des cas pratiques où la dissipation progressive du désinfectant est prise en compte.



1.2.3.8 RECONTAMINATION DES PARCELLES TRAITÉES

Il est impératif d'éviter de contaminer à nouveau une parcelle qui a été traitée, en empêchant l'apport de terre d'une parcelle non traitée par les outils agricoles ou des bottes salies de personnes circulant sur l'exploitation.

RÉSUMÉ DU CHAPITRE 1

LES PRINCIPES DE LA DÉSINFECTION DU SOL

- Les maladies des plantes peuvent trouver leur origine dans le sol et sont dans ce cas appelées « agents pathogènes telluriques ».
- La réussite de la désinfection du sol, c'est-à-dire l'efficacité du fumigant, dépend de la « concentration x temps de contact » du produit. Ce qui signifie qu'il est indispensable d'obtenir une concentration suffisante de gaz actif pendant une période minimale de temps.
- De nombreux facteurs peuvent jouer sur l'efficacité des produits de fumigation et sont à prendre en compte dans le choix de la dose d'application : l'humidité du sol, sa température, sa teneur en argile, sa teneur en matière organique, les amendements organiques, le pH du sol, le bâchage du sol.
- Un minimum de précautions sera ensuite à respecter pour éviter de contaminer à nouveau le sol traité avec des organismes pathogènes.

2. LES DÉSINFECTANTS DU SOL À BASE DE METAM ET LEURS PRINCIPAUX COMPOSÉS ACTIFS

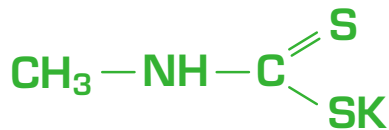
2.1 GÉNÉRALITÉS

Le metam sodium et le metam potassium sont tous les deux des sels de N-méthylthiocarbamate. Ils sont disponibles commercialement sous forme de solution aqueuse. structures moléculaires:

Metam sodium



Metam potassium



Appliqués sur le sol, ils commencent à se décomposer en méthyl isothiocyanate (MITC), disulfure de carbone, sulfure d'hydrogène et autres molécules selon le pH du sol.

MITC est le principal gaz actif dérivé du metam, il est connu comme désinfectant du sol à large spectre d'activité.

Les produits à base de metam sont corrosifs. Pour garantir le bon fonctionnement des appareils d'application, éviter les pertes, et assurer la sécurité au stockage et lors de la manipulation et du transport des produits, il est nécessaire d'utiliser des matériaux appropriés. Le tableau suivant précise si les matériaux peuvent être utilisés ou pas avec le metam.

PRÉSENTATION DES MATÉRIAUX COMPATIBLES OU PAS AVEC LE METAM

COMPATIBLE	INCOMPATIBLE
Polyéthylène haute densité (PEHD)	Cuivre, acier doux, aluminium, laiton
Polypropylène	Acier galvanisé et zinc
Polyamide (Nylon 6)	Polychlorure de vinyle (PVC)
Polytétrafluoroéthylène (PTFE, Téflon)	Butadiène-acrylonitrile ou caoutchouc nitrile (NBR, Buna-N)
Fluoroélastomère (Viton*)	Ethylène-propylène-diène (EPDM)
Fibre de verre	Polyéthylène chlorosulfoné (CSM, Hypalon)
Acier inoxydable	Néoprène, caoutchouc butyle
	Polyéthylène basse densité (PEBD)
*doit être remplacé progressivement	

2.2. COMPOSITION ET CARACTÉRISTIQUES

DES PRODUITS

2.2.1. METAM SODIUM ET METAM POTASSIUM

CARACTÉRISTIQUE	METAM SODIUM	METAM POTASSIUM
Teneur en matière active	510 g/L or 42.1% w/w	690 g/L or 54% w/w
Formulation	510 g/L ou 42.1 %	690 g/L ou 54 %
Pression de vapeur de la matière active	SL (soluble dans l'eau)	SL (soluble dans l'eau)
Volatilité à partir de l'eau (Constante de Henry)	8.34 x 10 ⁻⁶ Pa.m ³ /mol at 20°C (très peu volatil à partir de l'eau)	
Température de décomposition de la matière active	150°C	150°C
Durée de conservation	2 ans à température ambiante	2 ans à température ambiante
Stabilité après dilution	Stable après test de stockage accéléré (14 jours à 54°C)	

2.2.2. MÉTHYL ISOTHIOCYANATE (MITC)

CARACTÉRISTIQUE	VALEUR
Pression de vapeur	1739 Pa à 20°C Substance très volatile
Solubilité dans l'eau	8.94 g/L à 20°C et pH 7.5 Facilement soluble dans l'eau
Volatilité à partir de l'eau (Constante de Henry)	14.2 Pa.m ³ /mol à 20°C Moyennement volatil à partir de l'eau
Densité du gaz (air = 1.0)	2.5

Cette présentation des caractéristiques des différents produits, met en évidence la bonne stabilité, solubilité et volatilité des produits à base de metam, tout comme celles de son métabolite actif, le désinfectant MITC.

2.2.3. ACTIVITÉ BIOLOGIQUE COMME DÉSINFECTANT DU SOL

Les produits à base de metam sont des désinfectants à large spectre. Ils sont homologués contre un grand nombre de nématodes, de champignons et de mauvaises herbes.

Le metam et le MITC sont aussi reconnus pour leur efficacité contre des insectes du sol, à certains stades de leur cycle.

Des exemples d'espèces appartenant à ces différents groupes d'organismes nuisibles sont présentés dans le tableau ci-dessous.

NÉMATODES	CHAMPIGNONS	MAUVAISES HERBES
Nématodes à galles: - <i>Meloidogyne</i> spp.	<i>Botrytis</i> spp. <i>Fusarium</i> spp.	<i>Amaranthus</i> spp. <i>Galium aparine</i>
Nématodes à kystes: - <i>Globodera</i> spp. - <i>Heterodera</i> spp.	<i>Phialophora</i> spp. <i>Phoma</i> spp. <i>Phytophthora</i> spp.	<i>Malva</i> spp. <i>Matricaria</i> spp. <i>Mercurialis annua</i>
Nématodes libres: - <i>Paratylenchus</i> spp. - <i>Pratylenchus</i> spp. - <i>Rotylenchus</i> spp. - <i>Trichodorus</i> spp.	<i>Pythium</i> spp. <i>Rhizoctonia</i> spp. <i>Sclerotinia</i> spp. <i>Verticillium</i> spp. <i>Aphanomyces</i> spp.	<i>Poa annua</i> <i>Senecio</i> spp. <i>Solanum</i> spp. <i>Sorghum halepense</i> <i>Stellaria</i> spp.
Nématodes des tiges: - <i>Ditylenchus</i> spp. - <i>Aphelencooides</i> spp.	<i>Macrophomina</i> spp. <i>Sclerotium</i> spp. <i>Monosporascus</i> spp. <i>Thielaviopsis</i> spp.	<i>Taraxacum officinale</i> <i>Portulaca</i> spp. <i>Orobanche</i> spp. <i>Cuscuta</i> spp. <i>Echinochloa</i> spp. <i>Polygonum</i> spp. <i>Chenopodium</i> spp. <i>Cirsium</i> spp.

2.3. LA PRODUCTION NATURELLE DE

MITC ET D'AUTRES ISOTHIOCYANATES

MITC et de nombreux autres isothiocyanates (ITCs) peuvent se former par macération de certaines plantes (comme par exemple les Brassicacées), sous l'action d'une enzyme (la myrosinase), qui transforme les glucosinolates, en leur ITC correspondant. Une grande partie d'entre eux ont une activité biologique et sont à la base de la bio-désinfection. Cette technique consiste à cultiver une culture appropriée dans le champ à traiter puis à incorporer la culture dans le sol. Il est aussi possible de récolter la culture puis de l'épandre et de l'incorporer dans une autre parcelle. La difficulté est que la teneur en glucosinolates est variable et de ce fait la quantité de substance active disponible n'est pas précise.

Le MITC se forme surtout à partir de son précurseur, la glucocapparine que l'on retrouve dans les câpres (*Capparis spinosa*), raifort (*Armoraria rusticana*), cléome (*Cleome spinosa*), et graines d'autres plantes du genre Cleome.

Quelques références bibliographiques :

Kjaer A., 1960. Naturally derived isothiocyanates (mustard oils) and their parent glucosides. Fortschr. Chem. Org. NatStoffe 18: 122-176.

Ahmed Z.F., Rizk A.M., Hammouda F.M. and Seif El-Nasr M.M., 1972. Glucosinolates of Egyptian *Capparis* species. Phytochemistry 11: 251-256.

Matthäus B. and Özcan M., 2002. Glucosinolate composition of young shoots and flower buds of capers (*Capparis* species) growing wild in Turkey. J. Agric. Food Chem. 50 (25): 7323-7325.

Kaur R., Rampal G. and Pal Vig A., 2011. Evaluation of antifungal and antioxidative potential of hydrolytic products of glucosinolates from some members of Brassicaceae family. Journal of Plant Breeding and Crop Science 3(10): 218-228.

La dernière publication qui date de 2011, répertorie jusqu'à une douzaine de glucosinolates différents (précurseurs des ITCs) qui peuvent contenir entre 6.55 $\mu\text{mol/g}$ dans les boutons floraux de *Capparis spinosa*, à 45.56 $\mu\text{mol/g}$ dans les jeunes pousses de *Capparis ovate*. Environ 90 % de la totalité des glucosinolates connus sont de la glucocapparine, le précurseur du MITC.

Il est aussi intéressant de constater qu'un grand nombre de plantes comestibles consommées par les hommes, contiennent des glucosinolates qui conduisent à la formation d'ITCs et que ces ITCs se retrouvent dans le tube digestif. Sans compter que des régimes qui incluent des choux de Bruxelles, des choux, du cresson, etc., sont reconnus pour exercer une action anti-cancer chez les mammifères, un phénomène de plus en plus largement reconnu.



RÉSUMÉ DU CHAPITRE 2

LES DÉSINFECTANTS DU SOL À BASE DE METAM ET LEURS PRINCIPAUX COMPOSÉS ACTIFS

- Les produits à base de metam sont disponibles sous la forme de solutions aqueuses de sels soit de sodium, soit de potassium (code SL, Soluble dans les Liquides).
- Les deux formulations sont stables à température ambiante et une fois appliquées dans le sol, se transforment en méthyl isothiocyanate (MITC) beaucoup plus volatil, le dérivé du metam le plus biologiquement actif.
- Le MITC présente des caractéristiques de solubilité et de volatilité bien adaptées à la fumigation du sol.
- Le MITC et les autres isothiocyanates sont connus pour se former naturellement ou sous l'action d'enzymes après broyage ou macération de différentes plantes.

3. MODE D'APPLICATION DES PRODUITS À BASE DE METAM POUR LA DÉSINFECTION DES SOLS

L'objectif de ce chapitre est d'aider l'utilisateur à faire le meilleur choix dans les techniques d'application des désinfectants du sol, en fonction des conditions locales et des équipements disponibles.

Le choix de la technique d'application du metam va dépendre de différents facteurs:

- La surface à traiter
- S'il s'agit d'une parcelle de plein champ ou sous abri (serre ou tunnel)
- La présence ou pas d'un système d'irrigation au goutte à goutte
- La distance par rapport aux habitations
- La possibilité de faire appel localement à des applicateurs professionnels

Les techniques qui peuvent être utilisées sont:

- L'injection dans le sol
- L'irrigation au goutte à goutte

3.1 L'INJECTION

Le principe est d'appliquer le désinfectant du sol en profondeur, à l'aide principalement d'un coudre injecteur ou d'un soc en patte d'oie.

Traiter le sol en profondeur a l'avantage de permettre une application rapide et plus homogène du produit.

3.1.1. L'INJECTION PAR COUTRE

Les coutres ont la forme de couteaux, et le produit liquide est injecté dans le sol à l'aide d'un tube dont l'extrémité se situe à la partie inférieure du coudre. Le dispositif est de préférence équipé d'un système anti-goutte pour éviter que le produit ne s'échappe lorsque la machine est relevée au-dessus du sol, par exemple lors du passage à une autre bande à traiter.

La position du coudre sur la machine peut être modifiée en fonction du type de sol et de la profondeur de traitement voulue. Ce qui signifie que dans les sols lourds, l'écartement entre coutres peut être réduit. Pour des injections profondes ou pour obtenir une application plus homogène dans le sol, il est possible de modifier l'emplacement des coutres et d'alterner leur profondeur.

La photo ci-dessous présente différents types coutres.



Des coutres profonds pour une application en plein champ



Des coutres peu profonds pour une utilisation sous serre



Les différentes sortes de systèmes d'injection à soc en patte d'oie

3.1.2 L'INJECTION PAR SOC EN PATTE D'OIE

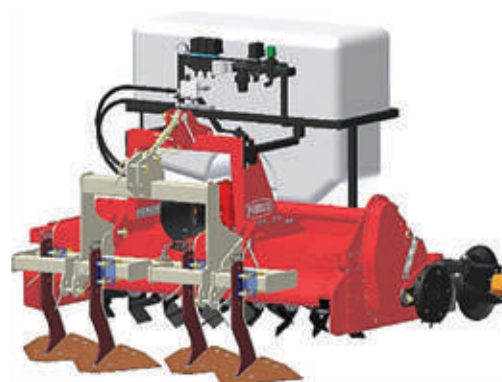
Cette solution est bien adaptée aux sols lourds et aux grandes parcelles de plein champ. Au fur et à mesure que le tracteur sur lequel la machine est attelée, avance, le soc en patte d'oie soulève le sol pendant que le tuyau, équipé d'une buse de pulvérisation qui se trouve juste en dessous, éjecte le désinfectant sur le sol à la profondeur voulue, sous la totalité de la surface du soc.

Les photos suivantes présentent des machines qui permettent ce type d'applications ainsi que les différents types de socs à patte d'oie utilisés. La présence d'un système de bèches rotatives juste après l'injection (comme on le voit en haut à droite) permet d'homogénéiser le sol traité.



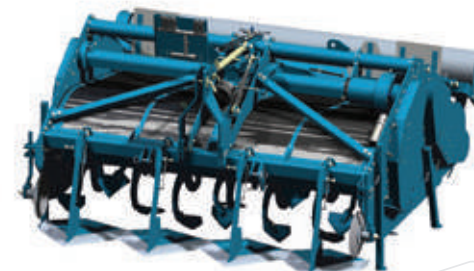
Les différentes sortes de systèmes d'injection à soc en patte d'oie

Les modèles les plus commercialisés sont présentés ci-dessous :



- La machine de désinfection du sol Mix Tiller Deeper (fabriqué par Forigo)

- La bêche rotative avec injection (fabriqué par Imants)



3.1.3 LES MACHINES MONTÉES SUR TRACTEUR



Cuve montée à l'arrière



Cuve montée à l'avant



Cuve de grande capacité



3.1.4 UN POINT D'INJECTION LOCALISÉ

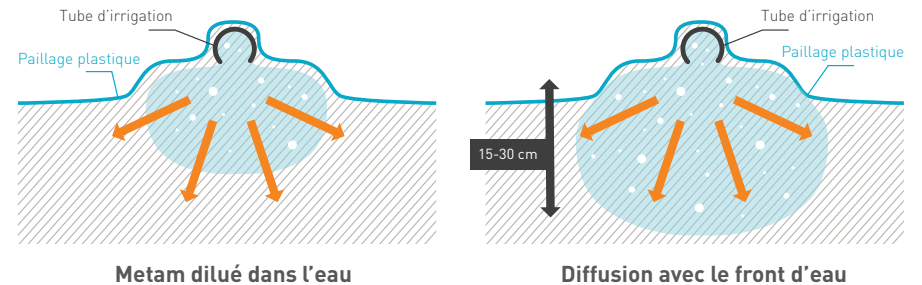
Il existe un appareil d'application très particulier, l'injecteur en profondeur manuel. Ce mode d'application est typiquement utilisé dans les vignes, pour contrôler le champignon *Armillaria mellea* responsable de la pourriture noire des racines et *Xiphinema* spp., de nématodes qui transmettent le virus du court-noué de la vigne, GFLV.



3.2 IRRIGATION AU GOUTTE À GOUTTE

L'irrigation au goutte à goutte est une méthode couramment utilisée pour les cultures à forte valeur ajoutée tant en plein champ que sous abri. Les tubes d'irrigation sont placés entre 20 et 50 cm d'intervalle et perforés tous les 15 à 30 cm. Ils doivent être enterrés dans le sol à 5 cm de profondeur ou recouverts d'une bâche plastique. Le metam est ensuite appliqué dans le système d'irrigation où il est dilué dans l'eau, l'incorporation étant réalisée grâce à une pompe avec doseur automatique comme le Dosatron. Il est nécessaire d'atteindre une dilution comprise entre 0,1 et 2,0%. Le dispositif doit être équipé d'une valve anti-retour. Il faut compter entre 1 et 4 heures pour appliquer 10 à 40 mm de dilution. Pour obtenir une bonne diffusion du metam dilué, le sol doit être légèrement compacté (particulièrement si le sol est sablonneux).

La diffusion du metam



EXEMPLES DE SYSTÈMES D'INJECTION MOBILES



EXEMPLE D'INSTALLATION D'IRRIGATION AU GOUTTE À GOUTTE

(Photos fournies par Biotek Ag Spain)



Station d'irrigation



Unité de contrôle de l'irrigation, pour la programmation du temps d'irrigation et du débit



Le metam est introduit dans le système d'irrigation en versant le produit dans une cuve installée spécifiquement à cet effet (méthode peu conventionnelle)



Une méthode plus courante consiste à connecter une pompe doseuse directement au fût de metam



B) Pompe actionnée par le flux d'eau

A) Pompe électrique



En l'absence de pompe pour injecter le produit, le metam peut être incorporé dans l'eau par aspiration grâce à un tube de Venturi



Le tube peut être réglé pour obtenir la concentration désirée de metam dans l'eau d'irrigation

RÉSUMÉ DU CHAPITRE 3

MODE D'APPLICATION DES PRODUITS À BASE DE METAM POUR LA DÉSINFECTION DU SOL

- Le metam peut être appliqué de deux façons : par injection et par irrigation au goutte à goutte.
 - L'injection permet au produit d'être appliqué entre 10 et 40 cm de profondeur, avec des machines à coutres ou à socs en patte d'oie, attelées à l'arrière du tracteur. Des injections localisées peuvent aussi être réalisées sur de petites surfaces avec un injecteur en profondeur manuel.
 - L'application de metam avec le système d'irrigation au goutte à goutte permet d'incorporer le produit dans l'eau d'irrigation grâce à une pompe doseuse.

4. LES MESURES QUI AMÉLIORENT L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE DU METAM ET DU MITC

Ce chapitre décrit les mesures qu'il est nécessaire de prendre pour optimiser la désinfection du sol.

A partir de la notion de « concentration x temps de contact » (voir chapitre 1.2.3.7), les meilleurs résultats sont obtenus avec un long temps de contact associé à une bonne concentration du produit.

La règle de base est d'éviter toute perte prématurée de produit appliqué. On pourra pour cela chercher à homogénéiser rapidement le produit appliqué dans le sol et à rendre le sol étanche. Un autre point important sera de respecter les limites recommandées de températures lors de l'application : à température trop basse, le produit ne sera pas efficace (le composé actif ne sera pas assez volatil et les organismes pathogènes, pas assez actifs) et à température trop élevée, le composé actif se dissipe ou risque d'être perdu par une émission trop rapide. Il faut aussi éviter les taux d'émission trop élevés pour la sécurité des utilisateurs, des personnes présentes sur places et des riverains.

Pour obtenir une bonne étanchéité du sol, trois techniques ou associations de techniques sont disponibles :

- Le tassement du sol
- L'arrosage
- Le bâchage plastique

4.1. LE TASSEMENT DU SOL

Le tassement du sol est souvent assuré lors de l'application avec la machine d'injection, lorsqu'elle est équipée d'un rouleau compacteur.



Vue du sol après le passage d'un rouleau

Le rouleau compacteur sera attelé directement derrière la machine ou la bêche rotative, en inversant le mouvement de façon à obtenir une surface lisse de fines particules. Les 1 à 2 premiers centimètres de sol sont très compactés et ralentissent ainsi l'émission de MITC hors du sol traité. Sur des modèles plus sophistiqués, le rouleau se règle hydrauliquement et la pression et la vitesse de rotation peuvent être programmées. La formation de billons peut constituer une alternative au tassement du sol à plat. Dans certaines applications, le fait d'arroser la surface du sol peut renforcer l'effet de barrière. Il faut éviter l'arrosage du sol s'il est argileux car il provoquerait un blocage complet de la porosité du sol, ce qui réduirait l'efficacité du produit dans la couche superficielle.

Les photos suivantes présentent plusieurs versions commerciales de machines d'application équipées de rouleaux compacteurs.



Rouleaux compacteurs installés sur une machine Imants (à gauche) ou une machine Forigo (à droite).

4.2. L' ARROSAGE

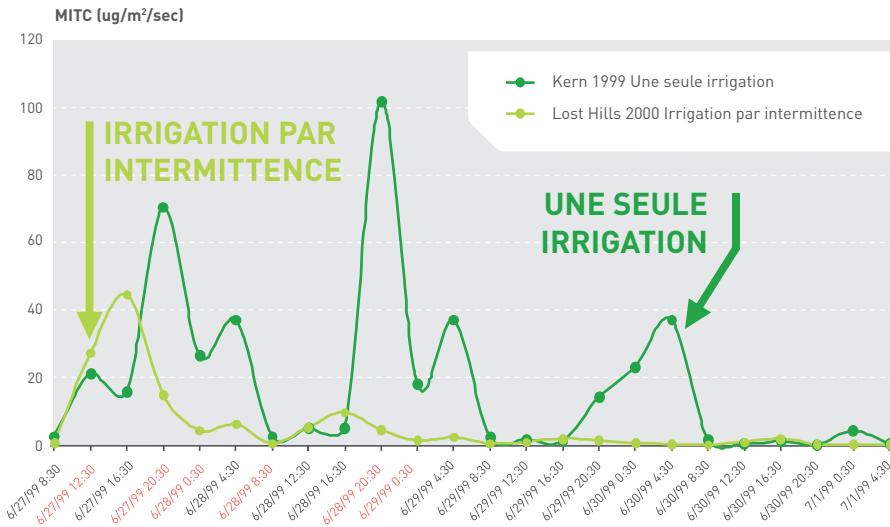
Le fait d'arroser les premiers centimètres du sol va permettre de réduire les pertes prématurées de désinfectant du sol. Comme indiqué au paragraphe 4.1, cette technique n'est pas bien adaptée aux sols argileux car en bloquant les pores du sol, elle peut réduire l'efficacité du produit dans la couche supérieure du sol.

En cas de conditions chaudes ou très chaudes, ou de vent, une croûte sèche peut rapidement se former en plein champ et donner lieu à des fissures et à une perte de la qualité de diffusion du désinfectant. Une irrigation par intermittence peut apporter une solution, comme le montrent les résultats suivants.

Des études avec des coutres d'injection ont été conduites pour mesurer les taux de perte de gaz MITC après l'application de metam. Le tableau suivant résume les temps d'irrigation et les quantités d'eau apportées, à Lost Hills (Merricks, L.D., 2001, Agrisearch study) et le temps d'irrigation et la quantité d'eau apportée à Kern (Merricks, L.D., 2002, Agrisearch study).

PÉRIODE D'IRRIGATION		1	2	3	4	5
TEMPS ENTRE L'APPLICATION DU METAM ET LA PÉRIODE D'IRRIGATION		4 heures	12 heures	16 heures	24 + 4 heures	24 + 12 heures
IRRIGATION PAR INTERMITTENCE	QUANTITÉ D'EAU	10 mm	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm
	TEMPS D'IRRIGATION	11:00 – 13:00	19:00 – 20:00	23:00 – 24:00	19:00 – 20:00	00:00 – 12:00
UNE SEULE IRRIGATION	QUANTITÉ D'EAU	20 mm				
	TEMPS D'IRRIGATION	11:00 – 13:00				

Les résultats mettent en évidence peu de perte de MITC en provenance du sol traité avec du metam qui a reçu une irrigation par intermittence sur le site de Lost Hills, par rapport à une seule irrigation sur le site de Kern. Ils sont résumés dans le graphique ci-dessous :



Comparaison du suivi de la diffusion de MITC dans l’atmosphère pendant une période de 96 heures avec prise d’échantillon toutes les 4 heures, entre une irrigation par intermittence et une seule irrigation dans des champs traités au metam.

4.3 LE BÂCHAGE PLASTIQUE

4.3.1 GÉNÉRALITÉS ET CLASSIFICATION

L’application d’un film plastique sur le sol permet d’une part d’améliorer l’efficacité du traitement et d’autre part de limiter les risques liés à l’émissions de gaz.

Le film de polyéthylène de basse densité (PEBD ou LDPE en anglais) standard de 20 à 30 µm d’épaisseur est largement utilisé. Bien que le PEBD présente une certaine perméabilité aux gaz, l’utilisation de ces films aide à réduire fortement les émissions de MITC de deux façons principales. Premièrement, le bâchage plastique empêche la couche supérieure du sol de sécher et par conséquent limite la remontée de l’eau et du MITC qu’elle contient, ce dernier s’échappant ainsi plus rapidement de la surface du sol. Deuxièmement, le MITC étant très soluble dans l’eau, sa fraction qui s’échappe de la surface du sol, est piégée par l’eau qui se forme sous forme de gouttelettes sur la face inférieure du film. Le MITC peut ainsi finalement retourner dans le sol. Lorsqu’il est utilisé en plein champ, une autre bonne raison d’employer un film plastique est de pouvoir combiner l’action de la désinfection du sol au metam, avec celle de la solarisation (voir le paragraphe 4. 3.2).

Il existe sur le marché un large choix de films plastiques adaptés à la désinfection du sol. Alors que des critères comme la résistance mécanique et la facilité d’utilisation doivent impérativement être prises en compte , les propriétés de barrière au gaz sont aussi très importantes pour assurer un résultat optimal du traitement. Les films plastiques les plus étanches sont malheureusement aussi les plus chers.

Les films dénommés VIF, TIF et FIF sont souvent composés de 3, 5 ou même 7 couches avec en général au centre, la seule couche de quelques micromètres d’épaisseur seulement, qui soit réellement imperméable au gaz. Cette couche de barrière au gaz est entourée de couches d’adhésifs et de couches qui sont simplement présentes pour leur résistance mécanique. L’épaisseur totale du film est en général de 35 à 40 µm. Ce

guide n'a pas l'objectif de faire une présentation de tous les films commercialement disponibles mais le tableau ci-dessous en donne une classification.

CLASSE	ABRÉVIATION	PRODUIT DE PROTECTION
Films présentant un certain degré de perméabilité		PEBD, PVC, films biodégradables à base d'amidon ou d'acide polylactique, revêtement d'oxyde métallique
Films virtuellement imperméables	V.I.F.	éthylène-vinyl alcool (EVOH), polyamide (PA) entre autres
Films totalement imperméables	T.I.F.	
Films complètement imperméables	F.I.F.	

Les films biodégradables ont besoin d'être environ deux fois plus épais que le PEBD pour disposer des propriétés de barrière au gaz comparables.

Bien que le bâchage plastique pour la désinfection du sol soit très utile pour des raisons de sécurité et de réduction de doses, il représente un surcoût au moment de l'application mais aussi au moment de leur retrait et en termes de produits gaspillés. Le nettoyage et le lavage des films de désinfection du sol ne sont pas faciles. Le recyclage est cependant possible et en vaut la peine avec les films du plus haut niveau d'imperméabilité, et qui sont composés des produits les plus chers.

4.3.2 LE BÂCHAGE PLASTIQUE EN PROTECTION INTÉGRÉE

Dans les régions plus chaudes comme celles du bassin Méditerranéen, d'Afrique du Nord et du Proche-Orient, la désinfection peut être associée à la solarisation du sol, comme solution en stratégie de protection intégrée. La désinfection réduit

considérablement ou affaiblit les populations d'organismes pathogènes ciblés grâce à la combinaison avec la solarisation qui permet une action de plus longue durée. De la même façon, une désinfection du sol avant une culture peut précéder l'application sur le sol de préparations à base d'organismes antagonistes.

Les films plastiques utilisés pour la solarisation du sol doivent contenir des bloquants aux ultraviolets pour assurer une plus grande résistance à la dégradabilité.

4.3.3. POINTS D'ATTENTION LORS DE LA POSE DES FILMS PLASTIQUES DE DÉSINFECTION DU SOL

Les applicateurs et les agriculteurs ou producteurs doivent être conscients que lamoinde petite perforation, en particulier dans les films imperméables les plus coûteux, peut réduire considérablement la concentration de désinfectant actif sous la surface recouverte.

Il est impératif d'enlever du sol, autant que possible, tous cailloux et débris végétaux qui pourraient endommager le film plastique.

Il faut absolument éviter de marcher sur un film installé car cela accroît le risque de déchirures, surtout si des cailloux ou d'autres matériaux coupants sont restés sur le sol. Faire un pas à la surface d'un film sur un sol relativement meuble, va l'étirer et réduire fortement son épaisseur à cet endroit, ce qui entraînera la formation d'une zone moins imperméable.

Il est utile de mettre de l'eau sur la surface du film installé, pas seulement pour réduire au minimum l'espace entre le plastique et le sol, mais aussi pour éviter qu'il ne se déchire à cause du vent, dans les parcelles en plein air. Pour arroser les films en serres, on peut utiliser des sprinklers.

De la terre est parfois jetée à la surface du film à différents endroits, mais ce procédé accroît le risque de déchirures.

4.3.4. LES DIFFÉRENTES MÉTHODES D'APPLICATION DES FILMS PLASTIQUES

Il existe deux possibilités:

- Le film est installé en un seul passage par la machine qui applique le produit de désinfection et homogénéise le sol comme le montre les photos suivantes :



Equipement en un seul passage :
machine qui applique, incorpore et pose le film plastique

- En cas d'application du produit par irrigation au goutte à goutte, le film plastique est déposé sur les lignes d'irrigation avant l'application du désinfectant.



Irrigation au goutte à goutte sous abri



Irrigation au goutte à goutte à l'extérieur

Dans le cas où il est nécessaire de réaliser manuellement la pose du plastique, l'opérateur doit prendre toutes les mesures nécessaires pour se protéger y compris le port d'équipements de protection individuelle (EPI) et ne doit pas réaliser cette opération directement après le passage de la machine d'application. Des informations supplémentaires concernant les EPI et la période de réentrée sont fournies dans les chapitres suivants de ce manuel.

RÉSUMÉ DU CHAPITRE 4

LES MESURES QUI AMÉLIORENT L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE DU METAM ET DU MITC

- L'efficacité de l'application du metam en désinfection du sol peut être améliorée en évitant les risques de pertes prématurées de son métabolite, le MITC.
- Les mesures à prendre pour rendre le sol étanche sont de trois types :
 - le tassement du sol
 - l'arrosage (de préférence à l'aide d'une irrigation par intermittence)
 - le bâchage plastique (avec des films qui offrent une bonne barrière aux gaz).
- Il est obligatoire juste après l'application du traitement, de mettre en place une ou plusieurs des mesures indiquées dans ce chapitre, ceux-ci étant également essentiels dans la perspective de la sécurité des applicateurs et des personnes qui se trouvent sur place ainsi que des riverains.
- La pose d'un film plastique peut apporter en même temps un effet complémentaire de solarisation dans les régions où le climat le permet.
- Pour optimiser l'étanchéité du bâchage plastique, il faut veiller à ne pas endommager le film par des objets coupants et à ne pas marcher dessus.



5. GUIDE DE LA DÉSINFECTION DU SOL AU METAM ÉTAPE PAR ÉTAPE

Ce chapitre a pour objectif de fournir les informations nécessaires à l'obtention d'une bonne désinfection du sol, à préserver la sécurité des applicateurs et à limiter son impact sur l'environnement. Il inclut des informations sur le stockage et la manipulation des produits, sur les conditions à vérifier avant l'emploi du produit, sur la préparation du sol, sur les différents objectifs recherchés et situations particulières, ainsi que sur le suivi des parcelles après traitement. **Veiller à toujours garder à portée de main les Fiches de Données Sécurité.**

5.1 LE STOCKAGE ET LA MANIPULATION

DES PRODUITS

5.1.1 LE STOCKAGE

Les produits à base de metam doivent toujours être stockés dans leur emballage d'origine avec leurs étiquettes et leurs pictogrammes de risques. Le local phyto doit être frais et aéré, et fermé à clé en permanence. Il doit être installé loin des habitations, de lieux avec présence humaine ou d'élevage. Les quantités stockées ne doivent pas dépasser le volume maximum autorisé par la réglementation locale en vigueur.

En dehors des bidons de plastique d'origine, aucun autre matériau que l'acier inoxydable ne pourra être utilisé pour le stockage des produits. Les emballages vides ne doivent pas être réemployés.

La zone de stockage doit être inaccessible aux enfants ou à toute autre personne étrangère à l'exploitation agricole, et des panneaux d'interdiction d'entrer et de présence de produits dangereux et corrosifs doivent être affichés.

En ce qui concerne la construction du local phyto, un bassin de rétention doit être prévu en cas de fuite de produits et le toit et les murs doivent être bien isolés. La température intérieure ne doit pas excéder 35°C.

5.1.2 LA MANIPULATION DU PRODUIT

La manipulation du produit est la phase la plus délicate d'un point de vue danger d'exposition au produit.

Le choix du matériau pour le transfert du produit est important. Voir au paragraphe 2.1. La liste des matériaux compatibles ou pas avec le metam.

Avant de démarrer toute manipulation du produit, l'utilisateur doit revêtir les

équipements de protection individuelle (EPI) adaptés. Ils comprennent à la fois des vêtements et des équipements :

- Lunettes de protection des yeux
- Gants en caoutchouc
- Cotte de travail synthétique et résistante au produit
- Bottes en caoutchouc
- Masque avec filtre homologué pour les composés organiques volatils avec point d'ébullition supérieur à 65°C. Il doit combiner filtres à particules et à charbon actif imprégné d'une substance qui retient les gaz, de type A2B2-P3. Le filtre protège aussi bien des gaz et des vapeurs organiques et inorganiques (max 5000 ppm) que des produits toxiques. Il s'agit des filtres habituellement utilisés avec les produits phytosanitaires. Dans les espaces confinés, un masque de respiration autonome (SCBA) avec protection totale du visage, sera recommandé.

Les respirateurs à purification d'air (APR) sont disponibles en deux modèles : demi-protection et protection complète du visage.

●
**APR demi-protection
du visage**



●
**APR
protection
complète du
visage**

Lors du remplissage de la cuve de traitement, il faut utiliser des raccords parfaitement étanches. Il faut aussi éviter de laisser tomber ou de renverser du produit sur le sol.

Sur le site de remplissage de la cuve, le sol doit être étanche de façon à pouvoir récupérer le produit en cas de renversement d'un bidon. Il est interdit de prendre le moindre risque d'évacuation du produit dans les canalisations ou dans les fossés. De même, ne jamais manipuler les produits à proximité d'un cours d'eau ou d'un fossé.

5.2 VÉRIFICATION DES CONDITIONS

LOCALES DE TRAITEMENT

Avant tout traitement, l'entrepreneur doit connaître et vérifier les conditions spécifiques de la serre ou du champ qui doit être traité.

Une check-list doit être utilisée pour s'assurer que toutes les mesures nécessaires sont bien mises en œuvre, et pour aider à la prise de décision si des conditions sont momentanément défavorables.

La liste présentée ci-dessous peut servir de check-list:

NUMÉRO DU POINT À VÉRIFIER	DESCRIPTION	COMMENTAIRES	VALIDATION
1	Localisation	Vérifier l'environnement proche (zone d'habitations, de bâtiments publiques), la présence de plans d'eau, de fossés, d'élevage, de cultures.	✓
2	Les conditions spécifiques à la parcelle	Vérifier la présence de débris végétaux, la préparation du sol (s'il est bien émi-etté et pré-humidifié pour sensibiliser les organismes pathogènes ciblés), la température du sol et l'humidité du sol.	✓
3	Sous serre	Vérifier la présence de fenêtres cassées, ou de plaques en plastique de toiture ou de mur, cassées ou déchirées.	✓
4	Le vent	Vérifier la direction du vent et consulter les prévisions météo y compris dans les jours qui suivent immédiatement le traitement.	✓
5	La température	Consulter les prévisions météo et les risques d'inversion de températures*, y compris dans les jours qui suivent immédiatement le traitement.	✓

*L'inversion de température est un phénomène météorologique où la température augmente dans les couches d'air supérieures tandis que les couches d'air inférieures présentent des températures plus faibles. Ceci a pour conséquence d'empêcher les polluants de se diluer dans l'atmosphère en les piégeant dans les couches d'air proches du sol

Avant toute désinfection du sol, les prévisions météorologiques le jour du traitement et dans les 48 heures qui suivent, doivent être vérifiées pour savoir si les conditions sont favorables au traitement et si l'application peut être mise en œuvre (voir le paragraphe 5.4.1.1.).

L'applicateur et l'agriculteur ont aussi bien sûr chacun leur responsabilité, en particulier en ce qui concerne la mise à disposition d'un sol en conditions adaptées à sa désinfection.

Si nécessaire, la date du traitement doit être reportée jusqu'à ce que les conditions favorables soient réunies.

Pour la protection des organismes aquatiques :

Ne pas réaliser de traitement sur sols drainés.

En cas de parcelles vulnérables au ruissellement, respecter une zone végétative non traitée de 10m avec les eaux de surfaces.

5.3 LA PRÉPARATION DU SOL

5.3.1. DÉBARRASSER LE SOL DES DÉBRIS DE LA CULTURE PRÉCÉDENTE

Comme expliqué au paragraphe sur les bases de la désinfection du sol (1.2.3.4), la parcelle concernée par le traitement doit être débarrassée d'un maximum de débris végétaux car ils peuvent augmenter le taux de matière organique du sol, à un seuil critique pour la désinfection et être une source de ré-infestation du sol par les organismes pathogènes qu'ils peuvent contenir. Une attention particulière doit être portée aux débris de cultures à racines profondes.

5.3.2 L'HUMIDITÉ DU SOL

Comme indiqué au paragraphe 1.2.3.1., il y a deux raisons principales de vérifier et d'ajuster si nécessaire, l'humidité du sol.

5.3.2.1. PRÉ-HUMIDIFIER LE SOL POUR SENSIBILISER LES ORGANISMES CIBLÉS

L'humidité du sol doit être suffisamment élevée pour que les organismes pathogènes du sol ainsi que les graines de mauvaises herbes soient en phase active. Si un ajustement est nécessaire, il doit être assuré dans les 5 à 10 jours qui précèdent la désinfection du sol, en fonction du type d'organismes ciblés et de leurs formes de conservation ou de dormance, mais aussi en fonction de la température qui peut jouer sur la vitesse de réactivation après l'humidification du sol. En plein air, l'humidité du sol dépend des dernières pluies.

Là où c'est possible et où le matériel est disponible, la façon la plus facile d'humidifier le sol est d'utiliser des sprinklers ou l'irrigation au goutte à goutte. En plein air, ou dans de grandes surfaces à traiter, on pourra utiliser des sprinklers mobiles. Dans certains cas, quand la présence de sol suffisamment humide ne se trouve qu'à partir de 15 cm de profondeur, un travail du sol peut être effectué pour mélanger le sol humide avec la couche supérieure du sol plus sèche. Cette technique peut aussi être utilisée si l'humidité du sol doit à nouveau être ajustée au moment du traitement (5.3.2.2.).

5.3.2.2. HUMIDITÉ DU SOL LORS DU TRAITEMENT

Contrairement à la pré-humidification du sol qui sert à réactiver les organismes ciblés, l'humidité du sol au moment du traitement joue sur la diffusion du gaz dans le sol et sur son absorption pendant la période de désinfection. Il est nécessaire d'évaluer l'humidité du sol avant l'application du traitement, pour l'ajuster si nécessaire.

5.3.2.3. EVALUER LE TAUX D'HUMIDITÉ DU SOL

Il est préférable d'évaluer l'humidité du sol dans la parcelle en la mesurant et en

la confirmant par une méthode simple d'apparence visuelle et tactile du sol. Cette méthode rapide et bien connue, adaptée aux types de sols les plus courants, consiste à prendre dans les mains une petite motte de terre bien ferme. Elle doit éclater facilement en morceaux lorsqu'on la laisse tomber sur le sol.

Le taux optimal d'humidité du sol doit être compris entre 50 et 75 % de sa capacité de rétention en eau (et même supérieur à 75 % dans le cas de billons). La méthode de mesure du taux d'humidité du sol la plus fiable est celle qui consiste à peser un échantillon et à le sécher en étuve au laboratoire, mais elle prend beaucoup de temps. L'option la plus pratique est d'utiliser un appareil électronique directement au champ. Les appareils qui permettent de lire l'humidité du sol, sont souvent basés sur la mesure de la résistivité électrique du sol (pF ou tension de succion de l'eau). Elle donne une valeur très précise de la teneur en eau, en % ou en pF/centibar/Mpa. Pour les sols où la capacité de rétention en eau est connue, il est possible de calculer le % d'humidité relative. D'autres appareils contiennent une échelle arbitraire qui peut être étalonnée pour être exprimée en %.

Une présentation de la façon d'utiliser la méthode d'estimation de l'humidité du sol par son apparence visuelle et tactile du sol reprise du service national de la conservation des sols de l'USDA aux Etats-Unis, est détaillée ci-dessous :

L'aspect d'un échantillon de terre et son toucher varient selon sa texture et son taux d'humidité. Avec de l'expérience, l'humidité du sol peut être estimée à 5 % près. Il faut pour cela prélever plusieurs échantillons de terre à différents intervalles espacés de 30 cm et à la profondeur moyenne des racines de la culture à implanter, au moins à trois endroits différents dans la parcelle. Il est préférable de faire varier le nombre de prélèvements et leur profondeur en fonction de la culture, de la taille de la parcelle, de la texture du sol et de la superposition des couches de sol. Pour chaque échantillon, la méthode suppose de :

- Prélever un échantillon de terre à la profondeur voulue, avec une sonde, une tarière ou une bêche
- Serrer la terre fermement dans la main à plusieurs reprises de façon à obtenir la forme d'une balle
- Presser l'échantillon de terre entre le pouce et l'index pour former un ruban
- Observer la texture du sol, son aptitude à former un ruban, sa fermeté et la rugosité de la balle, sa brillance, s'il perd des particules, s'il tache les doigts, et sa couleur. (Note : une balle très lâche va se désagréger avec une petite tape de la main. Une balle lâche, avec deux ou trois tapes).
- La comparaison des observations avec les photos ou les dessins permet d'estimer le pourcentage d'eau disponible et son niveau par rapport à la capacité de rétention d'eau de la parcelle.

Aspect de différents types de sol à plusieurs niveaux d'humidité :

- Sable et sable limoneux fin
- Limon sableux et limon sableux fin
- Limon argilo-sableux et limon
- Argile, limon argileux et limon argilo-limoneux

Des détails de chaque catégorie de sol listé ci-dessus avec photos sont disponibles dans le document intitulé Estimating Soil Moisture by Feel and Appearance, consultable en ligne via le lien suivant (actif au moment de la publication) :

<http://msue.anr.msu.edu/uploads/235/67987/lyndon/FeelSoil.pdf>

Le tableau ci-dessous présente également les différents types de sol :

TABLE D'IDENTIFICATION DES DIFFÉRENTS TYPES DE SOL
(R.W. Harris and R.H. Coppock (Eds.), 1978. University of California Division of Ag Science leaflet 2976)

% D'HUMIDITÉ	SABLE	LIMON-SABLEUX	LIMON-ARGILEUX	ARGILE
Proche de 0 %	Sec, lâche, grains individuels coulent dans les doigts	Sec, lâche, coule dans les doigts	Mottes sèches qui se cassent en formant de la poudre	Dur, cuit, craquelé en surface, friable en surface
50 % ou moins	Aspect sec, ne formera pas de balle	Aspect sec, ne formera pas de balle	Friable, se tient aggloméré sous l'effet de la pression	Malléable sous l'effet de la pression
50 à 70 %	Idem que ci-dessus	Tendance à former une balle, mais qui se désagrège	Forme une balle, assez lisse sous la pression	Forme une balle et un ruban entre les doigts
75 % de la capacité au champ	S'agglomère pour former une balle lâche	Forme une balle lâche qui ne deviendra pas lisse	Forme une balle très malléable qui devient rapidement lisse	S'écrase bien entre les doigts
A la capacité au champ	Sous la pression l'humidité apparaît dans la main	Comme pour le sable	Comme pour le sable	Comme pour le sable

5.3.3. LA TEMPÉRATURE DU SOL

La température du sol avant sa désinfection jouent, en même temps que son humidité, sur la sensibilité des organismes ciblés. De façon générale, pour la désinfection du sol

avec le metam, la température du sol doit être au minimum de 10°C et au maximum de 25°C. La température moyenne pendant la période de désinfection déterminera le nombre minimum de jours avant d'aérer le sol et passer au semis ou à la plantation. La température du sol doit être mesurée à entre 10 et 15 cm de profondeur. Pour cela, les deux types de thermomètres commercialement disponibles, à dilatation de liquide et électronique, peuvent convenir.

La température du sol n'est pas toujours contrôlable, notamment en cultures de plein champ.

Pour les deux types de désinfection, sous abri et en plein air, avancer l'heure du traitement le matin très tôt ou la repousser le soir, peut permettre d'atteindre la température optimale.

Pour la désinfection du sol sous abri, la température à la fois du sol et de l'air peut parfois être contrôlée, en particulier si pendant les deux périodes de pré-humidification du sol et de désinfection du sol, les conditions sont trop froides ou trop chaudes pour optimiser l'efficacité de l'intervention.

Dans le cas cependant de températures du sol et de l'air trop basses, l'utilisation d'énergie sera nécessaire pour atteindre les températures minimales voulues.

Dans le cas de températures trop élevées, il est possible de jouer sur l'heure du traitement, et sur la mise en place d'un dispositif d'ombrage de la serre.

5.3.4 L'ÉMIETTEMMENT DU SOL

L'homogénéisation de la surface du sol, au moins de sa couche supérieure, peut être effectuée lors de l'enlèvement des débris végétaux ou de l'ajustement de l'humidité avant le traitement. Elle a un double objectif, obtenir un niveau de sensibilité du sol homogène et éviter la présence de mottes de terre dans lesquelles le gaz ne pourrait pas pénétrer et toucher tous les organismes ciblés présents à l'intérieur.

La présence de grosses mottes peut réduire l'étanchéité de la surface du sol, par la création d'un effet cheminée.

On peut utiliser pour émietter le sol, des outils mécaniques de type bêches ou machines rotatives, de préférence plusieurs jours avant l'application du désinfectant, pour les raisons d'objectifs de sensibilité mentionnés ci-dessus.

Il est inutile d'effectuer un labour sur un sol non travaillé, juste avant le traitement.

5.4. L'APPLICATION DU DÉSINFECTANT

Les mesures de sécurité à prendre et les équipements de protection individuelle nécessaires vont dépendre de la façon dont le produit va être manipulé et appliqué, et vont être décrits avec un peu plus de détails dans la Fiche de Données de Sécurité (FDS) ainsi que dans les chapitres respectifs ci-après. Toujours garder à portée de main les Fiches de Données de Sécurité au cas où un déversement de produit ou un autre incident se produirait.

5.4.1. ETAPES PRÉLIMINAIRES

Comme détaillé dans le paragraphe 5.2., la vérification des conditions spécifiques à la parcelle est obligatoire et peut être l'élément déterminant dans le choix de la méthode d'application. Mais la vérification de la façon dont le produit va être transféré, du matériel d'application et des équipements de sécurité juste avant l'application, est tout aussi importante.

Les Bonnes Pratiques Agricoles (BPA) doivent être respectées pendant toute la durée de l'application du désinfectant.

5.4.1.1 VÉRIFICATION DES CONDITIONS CLIMATIQUES

Il est impératif de ne pas traiter en cas de conditions atmosphériques non favorables.

A savoir :

- Présence ou prévision d'inversion de températures ou situation de stagnation d'air dans la région où la désinfection doit être réalisée.
- Vents forts, pluie importante ou orage durant l'application et pendant les heures qui suivent l'application (se renseigner sur les prévisions météorologiques)
- Phénomène de dérive atmosphérique où les masses d'air se déplacent dans des directions imprévisibles parfois à des distances importantes.

Quand les parcelles à traiter se situent en amont de cours d'eau, mares, puits, etc ... un dispositif de rétention doit être prévu en aval en mettant en place une petite digue de terre ou en creusant une cuvette.

5.4.1.2. LE TRANSFERT DES PRODUITS

Le transfert du metam du bidon dans la cuve doit être réalisé avec les connexions appropriés, et à distance des plans d'eau, des fossés et des habitations. Les équipements de protection individuelle des opérateurs doivent répondre aux exigences générales et locales.

Tous les tuyaux, cuves, raccords, valves et moyens de connexions doivent être pratiques à utiliser, bien serrés, étanches et ne présenter aucune fuite.

Des raccords à sec (système de transfert en circuit fermé) doivent être installés sur toutes les cuves et les tuyaux de transfert.

Les niveaux et les manomètres doivent fonctionner parfaitement.

Les cuves, tuyaux et raccords doivent être fabriqués de façon à supporter la pression et être en matériaux résistants au metam (Voir la liste des matériaux compatibles ou non avec le metam au paragraphe 2.1.).

La pression dans les bidons et GRV lors des opérations de vidange du metam :

- **IBC ou GRV (grands réservoirs vrac de contenance d'environ 1000L.)** : nous recommandons de vider par gravité à l'aide de la valve du bas, sans pression. Si une pression doit être appliquée à l'intérieur de l'emballage, la surpression ne doit pas excéder 40 mbar (0,04 bar).
- **Bidons** : la surpression à l'intérieur des bidons ne doit pas excéder 150 mbar (0,15 bar).

Bien refermer les emballages après utilisation, même s'ils sont vides. Pour le recyclage des emballages vides voir le paragraphe 5.6.

LES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE (EPI) LORS DU TRANSFERT DU PRODUIT

- Des gants en caoutchouc résistants aux produits chimiques
- Des bottes en caoutchouc résistantes aux produits chimiques
- Une cote synthétique (pantalons de préférence glissés au-dessus des bottes pour éviter que du liquide ne pénètre dans ces dernières)
- Une protection des yeux ou du visage
- Un appareil de protection respiratoire (APR) : A2B2-P3 ou filtres à cartouche similaires montés sur un demi-masque de protection du visage ou un masque complet
- Dans un environnement clos, utiliser de préférence un masque de respiration autonome (SCBA)

5.4.2 L'APPLICATION DU METAM

Il est important de faire la distinction entre deux modes d'application :

1. Injection dans le sol
2. Irrigation au goutte à goutte

En fonction du type de tracteur utilisé, de l'application sous abri ou en plein air, avec irrigation au goutte à goutte ou par injection, et du travail des opérateurs, les EPI (équipements de protection individuelle) peuvent changer.

5.4.2.1. INJECTION DANS LE SOL

Seuls les tracteurs avec une cabine fermée peuvent être utilisés avec les machines d'incorporation du metam.

La machine peut être équipée soit d'un rouleau qui tasse le sol à l'arrière pour former une couche régulière et bien lisse, soit d'un appareil pour la pose de film plastique. L'objectif de ces dispositifs est de limiter les émissions de gaz dans l'air, de réduire l'exposition des opérateurs et des personnes qui sont sur place et en même temps, d'accroître l'efficacité du désinfectant du sol.

Il n'est pas conseillé d'utiliser un tracteur avec une cabine ouverte ou sans cabine, pour l'application des produits à base de metam.

Les points à vérifier sur la machine avant le traitement :

- La machine doit être en bon état de marche
- Les regards de niveaux et manomètres doivent fonctionner correctement
- Les buses, coutres et appareils de mesure doivent être de la bonne taille, étanches et non obstrués
- Les buses/coutres doivent être équipés d'un contrôleur de débit (mécanique, électrique ou de type Redball)

Les photos suivantes montrent différents types d'équipements



Débitmètre multi-circuits



Débitmètre à flux unique

Contrôleur de débit électronique pour circuits individuels d'application du produit (Teejet)



Avant d'utiliser un matériel de désinfection du sol pour la première fois, ou lors de sa préparation après remisage, l'opérateur doit vérifier soigneusement les points suivants

- Vérifier et nettoyer ou remplacer les filtres si nécessaire
- Vérifier les buses et les dents/coutres pour être sûr qu'ils ne sont obstrués et bouchés par des débris
- Vérifier et nettoyer les plaques à orifice

Les injecteurs doivent être déjà positionnés dans le sol, avant de démarrer l'éjection du produit. Chaque circuit d'injection doit être équipé soit d'une valve qui doit être le plus près possible du point final d'injection, soit d'un système de purge de façon à ce qu'il

ne reste plus de produit dans les tuyaux avant de sortir les coutres d'injection du sol.

Ne pas relever les coutres du sol avant que les valves qui coupent l'écoulement du produit ne soient bien fermées, et que la pression du désinfectant soit redescendue. Le produit restant dans les tuyaux des coutres peut être éliminé par simple gravité ou être éjecté par air comprimé avant de relever les coutres du sol.

EQUIPEMENT DE PROTECTION INDIVIDUELLE (EPI) EN CAS D'INCORPORATION MÉCANIQUE

Seuls les tracteurs équipés de cabines fermées doivent être utilisés. Il est conseillé d'utiliser des cabines fermées de catégorie 4 (Standard UE EN 15695-1). Elles protègent l'opérateur des émanations de vapeur et d'aérosols ainsi que de la poussière. Les EPI suivants doivent être prévus :

- Bottes en caoutchouc
- Cotte de travail en coton.

Avec les autres types de cabines (Catégories 1, 2 et 3), en plus des EPI nommés ci-dessus, l'opérateur doit porter l'équipement suivant :

- Masque de protection du visage avec filtre à charbon actif de type A (code couleur marron) pour gaz et vapeurs organiques avec point d'ébullition > 65°C

Il est important de ne pas mettre dans la cabine, de vêtements, bottes ou objets ayant été en contact avec du metam, et de porter les EPI indiqués ci-dessus pour toute intervention au champ ou sur la machine de traitement.

non-retour et les tuyaux d'irrigation sont en bon état de fonctionnement. Le tuyau d'irrigation principal ne doit pas non plus être obstrué.

Lorsque le produit est appliqué sous abri, il est fortement recommandé de maintenir les serres et les tunnels bien fermés, jusqu'à la ventilation.

Les phases les plus critiques sont celles du raccordement du GRV ou du bidon de metam au système d'irrigation . Il est pour cela recommandé de porter les mêmes équipements que pour le remplissage de la cuve de la machine de traitement, comme indiqué dans l'encadré ci-dessous. :

EQUIPEMENT DE PROTECTION INDIVIDUELLE (EPI) EN CAS D'APPLICATION DU DÉSINFECTANT PAR IRRIGATION AU GOUTTE À GOUTTE

- Gants en caoutchouc résistants aux produits chimiques
- Bottes en caoutchouc résistantes aux produits chimiques
- Cotte de travail synthétique (résistant au produit, pantalons de préférence glissés au-dessus des bottes pour éviter que du liquide ne pénètre dans ces dernières)
- Protection des yeux ou du visage
- Un appareil de protection respiratoire (APR) : A2B2-P3 ou filtres à cartouche similaires montés sur un demi-masque de protection du visage ou de préférence un masque complet

5.4.2.2 APPLICATION PAR IRRIGATION AU GOUTTE À GOUTTE

Cette application ne nécessite pas d'exposition rapprochée de l'opérateur à partir du moment où le système d'irrigation est couplé à la source de metam. Avant de manipuler le produit, vérifier que le système de pompage du produit, la valve de

5.4.3. PANNEAUX D'AVERTISSEMENT

Nous recommandons vivement aux producteurs avant chaque traitement, d'informer les riverains dans un rayon de 200 m autour de la parcelle qui va être traitée. Les parcelles et les serres traitées doivent être signalées par un panneau « Ne pas entrer ».

Il est aussi conseillé de maintenir fermées les portes d'entrée des serres jusqu'à leur ventilation. Des panneaux « défense d'entrer » ou « désinfection en cours » peuvent être utilisés.



5.5. LA PÉRIODE DE RÉENTRÉE

A cause des propriétés chimiques volatiles du metam et du MITC et du risque d'exposition des opérateurs, l'entrée dans une parcelle traitée est limitée pendant un certain laps de temps à ceux qui portent des équipements de protection individuelle (EPI) requis. La période de réentrée correspond au temps pendant lequel il est interdit d'entrer dans une parcelle traitée sans être équipé des EPI adaptés.

La période de réentrée démarre à la fin de l'application du produit. Sa durée dépend ensuite du type d'application, plein air ou sous serre.

Plein air

Il est recommandé d'attendre un minimum de 7 jours avant de retourner dans un champ traité. Respectez toujours les instructions indiquées sur l'étiquette locale.

Sous serre

La période de réentrée est de 14 jours

De façon générale, il n'y a aucune raison d'entrer dans une serre traitée pendant les 7 premiers jours qui suivent l'application. Mais si c'est nécessaire, il faudra porter le système de protection respiratoire. Passé le délai de 7 jours, les ouvriers devront aussi porter l'équipement de protection respiratoire lorsqu'ils voudront rentrer à nouveau dans la serre ou le tunnel traités pour démarrer sa ventilation. Rentrer à nouveau dans une serre sans équipement de protection respiratoire est possible après 14 jours, à condition que la serre ait été ventilée avant de la réoccuper.

EQUIPEMENT DE PROTECTION INDIVIDUELLE (EPI) EN CAS D'ENTRÉE DANS UNE PARCELLE TRAITÉE PENDANT LA PÉRIODE DE RÉENTRÉE

- Gants en caoutchouc résistants aux produits chimiques
- Bottes de caoutchouc résistantes aux produits chimiques
- Cotte de travail en coton
- Masque de protection du visage avec filtre à charbon actif de type A (code couleur marron) pour gaz et vapeurs organiques avec point d'ébullition > 65°C

5.6. NETTOYAGE DU MATÉRIEL ET DES BIDONS

Après l'application, il peut être nécessaire de diluer avec de l'eau au 1/100ème, tout produit qui serait resté dans la cuve, et de l'appliquer sur le sol traité. La machine doit être nettoyée de toute trace de terre ou de débris avant de partir dans un autre champ ou en remisage.

En ce qui concerne l'application par irrigation au goutte à goutte, les tuyaux d'irrigation doivent être bien rincés à l'eau claire après l'application mais sans sursaturer le sol traité.

Ne jamais réutiliser les bidons et GRV pour d'autres usages.

Considérer les bidons/fûts comme des déchets dangereux.

Bidons: rincer avec de l'eau claire en évitant de contaminer les fossés et les eaux de surfaces ; et les apporter dans un centre d'élimination des déchets agréé.

GRV ou IBC (grands réservoirs vrac de contenance d'environ 1000L.): le recyclage est assuré par les fabricants de l'emballage.

EQUIPEMENT DE PROTECTION INDIVIDUELLE (EPI) AU MOMENT DU NETTOYAGE DU MATÉRIEL ET DES BIDONS

- Gants en caoutchouc résistants aux produits chimiques
- Bottes de caoutchouc résistantes aux produits chimiques
- Cotte de travail hermétique
- Masque de protection du visage avec filtre à charbon actif de type A (code couleur marron) pour gaz et vapeurs organiques avec point d'ébullition > 65°C

5.7. LE RETRAIT DU BÂCHAGE PLASTIQUE

ET/OU AÉRATION DU SOL

Il s'agit d'une autre phase critique où un faible risque d'émission de gaz résiduel MITC peut se présenter, bien qu'après un temps de bâchage normal du sol, l'émission du gaz soit presque terminée.

Ce point est important à la fois pour la gêne qui pourrait être occasionnée aux riverains, et pour les opérateurs qui retirent le film plastique.

Une autre solution consiste à perforer préalablement le film à différents endroits, pour éviter l'émission de gaz d'un seul coup au moment de retirer complètement le film.

Il est aussi possible que le film plastique reste en place après le traitement comme paillage plastique pour implanter des cultures de type fraisiers ou laitues. Dans ce cas, les trous doivent être réalisés à distances adéquates.

L'aération mécanique du sol ou la préparation de sol avant plantation avec un appareil rotatif, ne doivent pas être plus profondes que la zone traitée pour éviter de réintroduire dans la terre traitée, d'éventuels inoculum de maladie présents dans la partie non traitée.

Lorsque qu'une exposition aux opérateurs est présente, des EPI appropriés doivent être utilisés.

EQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE (EPI) LORS DU RETRAIT DU FILM PLASTIQUE ET DE L'AÉRATION MÉCANIQUE DU SOL

- Des gants et des bottes en caoutchouc
- Une cotte de travail
- Un appareil de protection respiratoire (APR) est obligatoire en cas de sensation d'irritation*

*valeur seuil de sensation d'irritation : MITC concentration dans l'air > 0,6 ppm – voir paragraphe 5.9.

Le film plastique retiré ne doit pas être réutilisé et doit être éliminé pour être détruit ou recyclé en fonction des possibilités disponibles localement.

5.8. LE NETTOYAGE DES ÉQUIPEMENTS

DE PROTECTION INDIVIDUELLE (EPI)

Suivre les recommandations du fabricant pour le nettoyage/entretien des EPI. Sans précisions quant au lavage des EPI, utiliser de l'eau chaude et un détergent.

Garder et laver les EPI séparément des autres vêtements ou équipements.

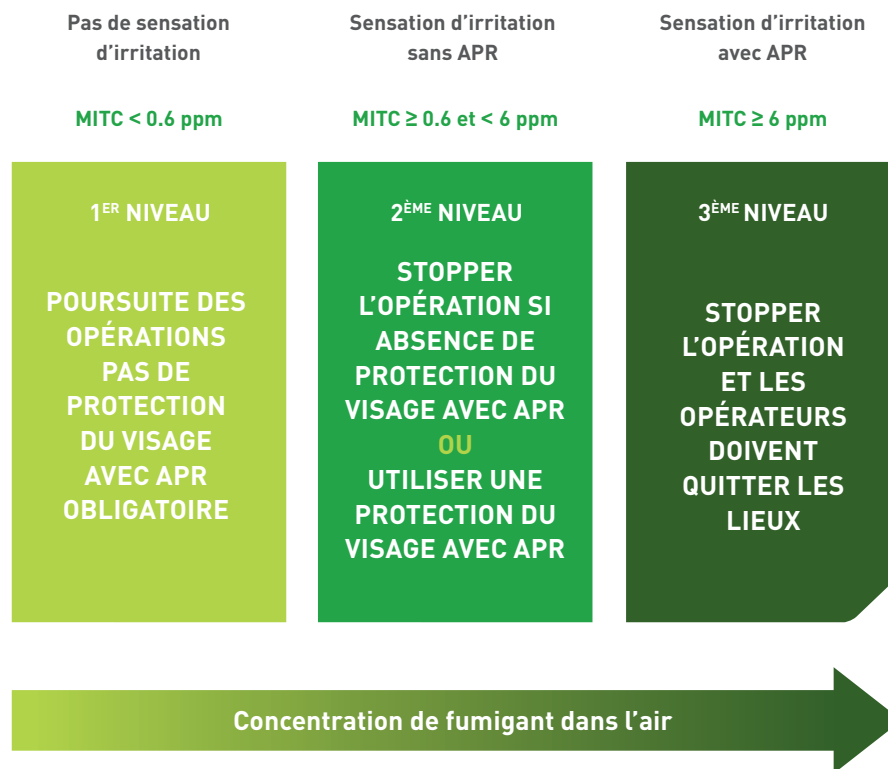
Éliminer les vêtements et autres matériaux absorbants qui sont fortement imprégnés de produit concentré et ne pas les réutiliser.

Ne pas transporter de vêtements contaminés à l'intérieur d'un véhicule sans l'avoir mis dans un emballage étanche.

5.9. RÈGLES GÉNÉRALES SUR L'UTILISATION

DES FILTRES À CARTOUCHE

Trois situations principales permettent de déterminer s'il faut utiliser ou non un appareil de protection respiratoire (APR). Au troisième niveau tel que visualisé dans le tableau ci-dessous, toutes opérations en cours doivent être stoppées et les opérateurs doivent quitter les lieux.



Les filtres ou les cartouches doivent être remplacés dans les cas suivants :

- Lorsque l'odeur ou une irritation de ce produit devient perceptible durant le port de l'APR
- Si la concentration mesurée de MITC est supérieure à 6 ppm
- À la fin de la journée de travail en l'absence d'instructions sur la durée de vie des cartouches.

5.10. LE CONTRÔLE DES RÉSIDUS DE MITC

Le suivi de la concentration de MITC résiduel dans l'air et le sol a deux avantages: 1. Vérifier la sécurité pour les opérateurs et les riverains ; 2. Vérifier le risque éventuel de phytotoxicité après la désinfection et l'aération du sol.

5.10.1. VÉRIFIER LA SÉCURITÉ DE L'ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

Il faut faire une distinction entre la concentration dans l'air au-dessus du sol ou de la surface du film plastique, à hauteur d'inhalation des opérateurs et celle dans l'air environnant qui concerne plus l'exposition des riverains. Dans le dernier cas, des mesures doivent être réalisées à différentes distances de la parcelle traitées dans la direction du vent.

Deux principaux types de mesures sont disponibles.

5.10.1.1 LA DÉTECTION PAR PHOTO-IONISATION (PID)

Cet appareil électronique qui donne une réponse précise et rapide, est facile à utiliser. En choisissant une lampe UV de 10.6 eV, la précision de réponse pour le MITC est élevée par rapport à celle des autres gaz issus de la dégradation du metam. L'appareil doit de préférence être étalonné sur le même sol non traité.

L'air ambiant est aspiré à l'intérieur vers la lampe UV, les molécules qu'il contient sont ionisées et recueillies dans un jeu d'électrodes. Là elles perdent leur charge électrique qui est transformée en courant. Le courant est alors amplifié et la concentration en gaz est affichée après



calcul intégrant un facteur de correction. Plus la valeur de ce facteur est basse, plus la détection par photo-ionisation du composé volatil mesuré est sensible.

5.10.1.2. TUBES DE DÉTECTION

Plusieurs fabricants d'équipements de protection respiratoire et de sécurité ont développé des tubes de détection spécifiques pour mesurer la concentration en MITC.



Un volume d'air ambiant est aspiré à travers un réactif dans un tube de verre étanche dont les extrémités entrante et sortante (côté pompe) ont été sectionnées. Le gaz réagit avec un réactif colorimétrique absorbé par un matériau support. La lecture se fait en fonction de la zone décolorée sur une échelle de concentration en MITC.



La photo sur la droite montre un résultat d'environ 20 ppm.

Chaque tube correspond à une seule mesure et leur remplacement ainsi que les lectures prennent un peu de temps. Cette solution présente moins d'intérêt lorsqu'un grand nombre de mesures doit être effectué.

5.10.2. VÉRIFIER LE RISQUE DE PHYTOTOXICITÉ ÉVENTUEL APRÈS DÉSINFECTION ET AÉRATION DU SOL

Dans ce cas, il faut assurer à la fois un contrôle de l'air et du sol. Le contrôle de l'air est important pour les cultures des parcelles voisines. Il est évident qu'au cours de la vérification des conditions avant désinfection du sol, la présence de cultures dans les parcelles voisines soit connue, et que des mesures sont prises pour éviter les risques de phytotoxicité.

L'appareil qui sera le mieux adapté dans ce cas est le détecteur par photo-ionisation (PID).

Le contrôle de la présence éventuelle de gaz MITC résiduel dans le sol a pour objectif de prévenir tout risque de phytotoxicité pour la nouvelle culture à semer ou à planter dans la parcelle.

Après avoir enlevé le bâchage plastique et/ou aéré le sol, le test le plus classique à réaliser est celui de la germination de graines de cresson ou de laitue.

Son principe est simple: des graines de plantes sensibles au MITC et rapides à germer, sont mises en présence d'échantillons de sol qui proviennent de la parcelle traitée. Le test peut être réalisé en phase gazeuse ou directement par un semis. Ces tests ont été dans une certaine mesure, standardisés.

PROCÉDURE À SUIVRE POUR RÉALISER UN TEST DE GERMINATION DE GRAINES DE CRESSON OU DE LAITUE

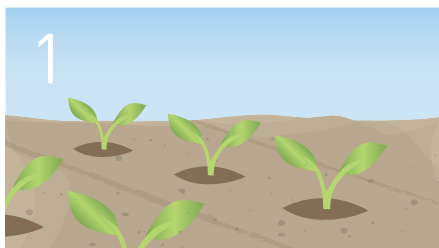
The diagram consists of six numbered steps, each with an illustration and a text box:

- 1** Avec un transplantoir, creuser le sol traité, jusqu'au niveau de la profondeur d'application ou juste en-dessous.
- 2** Prélever 2 à 4 petits échantillons de terre (25 à 50 g), les mélanger légèrement, et en placer immédiatement une partie dans un bocal hermétique de façon à ce que les gaz ne s'échappent pas. Utiliser des bocaux en verre avec un couvercle hermétique aux gaz.
- 3** Préparer un bocal similaire avec de la terre non traitée (témoin non traité) pour la comparaison.
- 4** Semer des graines de cresson ou de laitue sur la surface humide de sol, et refermer immédiatement le bocal.
- 5** Maintenir les bocaux à une température de 18 à 30 °C ; ne pas les placer directement à la lumière du soleil, ce qui pourrait tuer les graines par montée trop forte de la température. Les graines de laitue ne germent pas dans le noir.
- 6** Contrôler la germination dans les bocaux après 1 à 3 jours. Le sol est considéré comme sûr pour la mise en culture si les semences dans le bocal de sol traité ont germé exactement de la même façon que celles du témoin non traité.

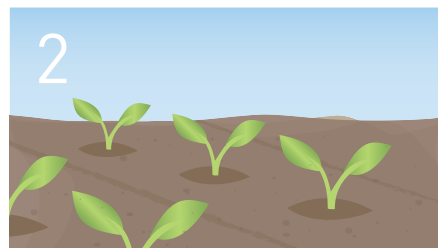
Si un risque de phytotoxicité persiste, il peut être nécessaire d'aérer une nouvelle fois le sol, en portant les EPI adaptés. Un nouveau test devra ensuite être effectué.

Une autre solution peut consister à semer ou à repiquer quelques plants de la culture qui doit être mise en place sur le sol traité. Mais cela nécessite un peu plus de temps avant d'observer un éventuel risque de phytotoxicité.

PROCÉDURE POUR EFFECTUER UN TEST DE REPIQUAGE DE PLANTS DE TOMATES



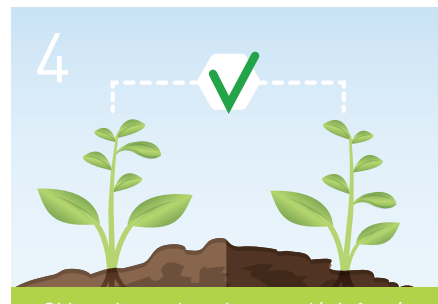
Repiquer 5 à 10 plants d'une variété de tomate à croissance rapide dans une parcelle désinfectée à une profondeur de 10 à 15 cm.



Faire de même dans de la terre non traitée. Si la parcelle n'est pas homogène, planter dans les zones où le sol est le plus lourd et le plus humide.



Après 2 jours, examiner si les plants présentent des symptômes de flétrissement ou de racines brûlées.



Si les plants dans la zone désinfectée semblent identiques à ceux de la zone non traitée, le sol traité peut être considéré comme sûr pour la mise en culture.

RÉSUMÉ DU CHAPITRE 5

GUIDE DE LA DÉSINFECTION DU SOL AU METAM ÉTAPE PAR ÉTAPE

- Les produits à base de metam, comme beaucoup de produits phytosanitaires, nécessitent une attention particulière et sont soumis à une réglementation concernant leur stockage, manipulation et application.
- Leurs caractères corrosifs et irritants, ainsi que la production de gaz MITC lorsqu'ils sont appliqués sur le sol, nécessitent la mise en œuvre d'un certain nombre de mesures dont :
 - Un examen préalable du site à désinfecter, y compris l'évaluation des risques pour les personnes sur place et les riverains, la vérification des prévisions météorologiques et une préparation soignée du sol. Cet examen peut conduire à reporter le traitement si une ou plusieurs conditions s'avèrent défavorables.
 - Le port d'équipements de protection individuelle adaptés au type d'opération à effectuer.
 - La pose de panneaux « Ne pas entrer » pour interdire l'entrée des parcelles traitées.
 - Le respect d'une période de réentrée dans la parcelle après l'application.
 - Le nettoyage du matériel et l'élimination selon les règles de sécurité des emballages.
 - Le contrôle des résidus de MITC.

ANNEXES

ABRÉVIATIONS

APR : Appareil de protection respiratoire

Cxt : Concentration – temps de contact du produit

EPI : Équipement de protection individuelle

F.I.F. : Film complètement imperméable

HCR : Humidité à la capacité de rétention

I.P.M. : Itinéraire en Protection Intégrée

MITC : Méthyl isothiocyanate

PEBD : Polyéthylène basse densité

PID : Détecteur par photo-ionisation

SCBA : Masque de respiration autonome

SL : Formulation miscible dans l'eau

T.I.F. : Film totalement imperméable

V.I.F. : Film virtuellement imperméable

GLOSSAIRE

Concentration x temps de contact du produit (Cxt) : Valeur numérique exprimée en $g \times h/m^3$ obtenue en multipliant la concentration de désinfectant (g/m^3) et le temps (en heures). Elle traduit l'efficacité biologique du produit.

Coutre/dent de chisel : Lame en forme de couteau montée à la verticale sur des machines de travail du sol, qui coupe le sol, avec la possibilité d'y installer des tuyaux d'injection de liquide de désinfection du sol.

Désinfection du sol : Action d'éliminer ou de réduire les populations de micro-organismes pathogènes du sol responsables de maladies du sol, ou de ravageurs, sans stérilisation complète du sol.

Dissipation : La dissipation après application, du composé actif de protection phytosanitaire est provoquée par la décomposition ou dégradation chimique, physique ou biologique. Un composé appliqué dans le sol, se dissipe aussi par perte dans l'atmosphère (fumigants), lessivage ou fixation sur les particules du sol.

Dormance : Statut des graines inactives.

Dosatron : Type de pompe doseuse utilisée en irrigation qui permet de programmer les quantités de produits de protection des plantes et d'éléments nutritifs à incorporer dans l'eau.

Équipement de protection individuelle : Vêtements, protection des yeux et protection respiratoire.

Étanchéité du sol : Il est possible de réduire les pertes de désinfectant et d'humidité du sol en tassant la couche supérieure du sol avec un rouleau compacteur, en arrosant la surface du sol, en la bâchant avec un film plastique, ou encore en combinant entre elles deux de ces techniques.

Fongicide : Composés chimiques ou organismes biologiques utilisés pour le contrôle des champignons pathogènes. Les produits à base de metam présentent une action fongicide à large spectre.

Herbicide : Les désinfectants ont une activité herbicide sur les graines non-dormante, les plantules et les jeunes mauvaises herbes.

Inversion de température : Phénomène météorologique avec des températures qui augmentent dans les couches d'air supérieures et des températures plus faibles dans les couches d'air inférieures, qui a pour effet de piéger les polluants et de les empêcher de se diluer dans l'atmosphère.

Maladie : Les maladies des plantes peuvent être provoquées par des champignons, des bactéries et des virus.

Nématicide : Produits de synthèse chimique ou organismes biologiques utilisés pour contrôler les populations de nématodes pathogènes. Les produits à base de metam ont une activité nématocide contre la plupart des nématodes pathogènes.

Patte d'oie : Soc horizontal en forme de patte d'oie, monté sur les machines de travail du sol qui soulève le sol. Peut être équipé de tuyaux d'injection de liquide de désinfection du sol.

Rotavator : Machine (équipée de lames en S ou en L) qui retourne la terre, l'émiette et l'homogénéise (avec des produits appliqués au sol quand elle est adaptée).

SL-formulation : Concentré soluble dans l'eau.

Solarisation : Technique utilisée pour la désinfection du sol dans les pays du sud ou tropicaux. Elle consiste à couvrir le sol avec un film plastique pendant plusieurs semaines voire plusieurs mois, de façon à obtenir des températures du sol très élevées qui vont entraîner un bon niveau de désinfection du sol. L'association de la solarisation et d'une désinfection chimique du sol à une dose réduite de désinfectant, a montré des résultats intéressants.

Temps de diffusion : Temps à partir duquel le processus de diffusion du gaz ou du désinfectant commence à traverser le film de bâchage plastique ou la zone tassée

de la surface du sol. Il dépend de la qualité du film (composition, épaisseur), de la condensation sous le film et de la température.



INFORMATIONS LÉGALES

© 2018 Taminco. Tous droits réservés.

L'ensemble du contenu de cette publication, y compris les noms de marque et les autres éléments de propriétés intellectuelles, sont la propriété de Taminco. Bien que nous jugions les informations publiées ici basées sur nos connaissances des produits à base de metam, et les bonnes pratiques d'utilisation, correctes, Taminco ne donne aucune garantie, concernant leur exhaustivité et leur précision.

Les informations publiées ici et les produits disponibles sont fournis comme base « tel quel ». **Aucune déclaration, ni aucune garantie, expresse ou implicite, quant à la qualité marchande, à l'adaptation à des utilisations particulières, à l'absence de violation des droits de propriétés intellectuelles, ou de toute autre nature ne sont faites ci-dessous, sur le respect de l'information et des produits auxquels cette information se réfère, et tous types de garanties sont expressément exclus.** En aucun cas Taminco, ni l'une de ses filiales, ne seront tenus responsables pour les dommages et les pertes de quelque nature que ce se soit, directs, indirects, consécutifs ou accidentels qui pourraient découler de l'utilisation de ces informations ou des produits auxquels se réfèrent ces informations.

Les indications relatives à l'utilisation des produits sont données uniquement à titre d'information. Aucune garantie n'est fournie au client que le produit sera adapté à l'usage spécifique qu'il veut en faire. Le client doit mettre en place ses propres tests pour déterminer si le produit est approprié à un usage particulier. Les informations sur les différentes possibilités d'application de nos produits sont fournies à condition que le client adapte cette information aux conditions spécifiques de leur utilisation et aux caractéristiques des autres produits en cas de mélanges.

La réglementation concernant l'utilisation du metam diffère selon les pays. C'est pourquoi il est nécessaire de respecter les règles en vigueur localement et de se référer aux exigences précisées sur les étiquettes du produit car elles peuvent être différentes des informations fournies dans ce document. Les réglementations locales ou nationales prévalent sur les recommandations indiquées dans ce guide.



www.eastman.com/agriculture

TAMINCO BVBA

A subsidiary of Eastman

Axxes Business Park, Building H,
Guldensporenpark 74,
9820 Merelbeke, Belgium



EASTMAN

The results of insight™

