



# TRANSFERT DE TECHNOLOGIE EN AGRICULTURE



MADRPM/DERD

N° 71 Août 2000

PNNTA

## Alternatives au Bromure de Méthyle dans la Désinfection du sol en culture de tomate sous serre

### SOMMAIRE

# n° 71

### Maraîchage intensif

Protocole de Montréal.....	p. 1
Quelle stratégie pour le Maroc.....	p. 1
Techniques alternatives au Bromure de Méthyle...	p. 2
Efficacité comparée des alternatives testées.....	p. 3
Faisabilité économique des alternatives retenues...	p. 4

### Contexte national: Quelle stratégie pour le Maroc?

L'utilisation du bromure de méthyle est réglementée au Maroc. Les quantités utilisées ont évolué de 333 tonnes en 1992 à plus de 1.200 tonnes en 1999, faisant du Maroc l'un des plus grands consommateurs de bromure de méthyle parmi les pays dits de l'article 5. Le programme de retrait progressif de ce pesticide, imposé par les accords internationaux, est présenté au tableau 2.

Cependant, comme signalé plus haut, si cet échancier permet au Maroc d'honorer ses engagements internationaux, il ne soustrait pas ses produits exportés aux restrictions commerciales que prendraient les pays développés tels que ceux de l'UE qui auront éliminé le bromure de méthyle au plus tard en janvier 2005. Conscient de ces enjeux, ainsi que des implications financières et des délais que requiert le transfert de technologies alternatives au bromure de méthyle, le Maroc s'est engagé avec l'aide de l'ONU, dans une stratégie lui permettant à moyen et long termes, d'une part de sécuriser les financements nécessaires à partir du Fonds Multilatéral du Protocole de Montréal, et d'autre part de répondre aux impératifs des exigences internationales et commerciales. Il s'agit de:

- Mener une sensibilisation au niveau national sur la nécessité de remplacer le bromure de méthyle. Dans ce cadre, des rencontres sont régulièrement organisées avec les producteurs;
- Identifier, tester et démontrer la faisabilité de techniques alternatives pouvant donner des résultats similaires au bromure de méthyle dans les conditions marocaines. Un projet de démonstration de techniques alternatives au bromure de

### Introduction

La production annuelle mondiale de bromure de méthyle a été estimée à 76.000 tonnes dont 70% sont utilisées dans la désinfection des sols contre les parasites et ravageurs des plantes, notamment les nématodes, les champignons et les mauvaises herbes. Le reste est destiné à la désinsectisation des locaux de stockage de produits agricoles, des infrastructures industrielles et aux traitements des marchandises contre les maladies et ravageurs de quarantaine. Au niveau mondial, 41% de la production de bromure de méthyle est consommée aux Etats Unis et au Canada, 26 % en Europe, 24% en Asie et en Amérique du Sud et 9% en Afrique.

Le bromure de méthyle devait aussi se révéler un redoutable destructeur de la couche d'ozone d'où la nécessité de proscrire son utilisation. En effet, il a été démontré qu'entre 30 et 85% de la quantité totale appliquée au sol (soit 58.000 tonnes environ en 1992) atteignent l'atmosphère. Malgré les enjeux économiques que pose l'élimination du bromure de méthyle, ses risques écologiques imposent la recherche d'autres alternatives pour la désinfection des sols.

### Protocole de Montréal

Le 22 mars 1985, les gouvernements de plusieurs pays se sont engagés, à travers la Convention de Vienne, pour une action concertée en vue de protéger la couche d'ozone. Le 22 septembre 1987 fut adopté le Protocole de Montréal qui consacre l'accord des parties sur des mesures conjointes permettant l'élimination de substances destructrices de la couche d'ozone. Depuis cette date, le Protocole de Montréal a été révisé et amendé lors des rencontres officielles de Londres (1990), de Copenhague (1992), de Vienne (1995) et de Montréal (1997) et un fonds multilatéral a été mis en place pour assister les pays en développement (dits de l'article 5) pour financer les mesures permettant de l'appliquer.

Tableau 1: Echéances et niveaux de réduction de l'utilisation du Bromure de Méthyle pour les pays industrialisés et les pays en voie de développement

	Référence	% d'élimination	échéance
Pays industrialisés	Niveaux de consommation 1991	25%	1999
		50%	2001
		75%	2003
		100%	2005
Pays en voie de développement (Pays dits de l'article 5)	Les niveaux moyens de consommation de 1995-1998	20 à 25% 100%	2005 2015

C'est à la quatrième réunion des signataires du Protocole de Montréal à Copenhague, en Novembre 1992, que le bromure de méthyle a été retenu sur la liste des substances détruisant la couche d'ozone. Un plan d'élimination totale de ce pesticide a été adopté et une nouvelle réglementation de la consommation du bromure de méthyle a été arrêtée, à la neuvième rencontre à Montréal tenue du 9 au 17 septembre 1997. Les pays industrialisés ont convenu d'avancer l'élimination graduelle de ce produit pour 2005 et les pays en voie de développement pour 2015 (Tableau 1).

Le Royaume du Maroc a ratifié le Protocole de Montréal le 9/11/1992, la Convention de Vienne et les deux Amendements de Londres et Copenhague le 13/12/1995. L'entrée en vigueur de ratification est intervenue le 27/03/1996.

### Enjeux économiques

Dès 2005, les pays développés auront éliminé le bromure de méthyle et il y a un risque important qu'après cette date des restrictions commerciales soient imposées aux produits provenant des pays de l'article 5, comme le Maroc, encore utilisateurs de bromure de méthyle. Ce risque est d'autant plus menaçant que les Etats Unis et l'Europe envisagent d'éliminer le bromure de méthyle dès 2004, une année avant la date butoir imposée dans le cadre du Protocole de Montréal.

Ainsi, le délai de grâce accordé aux pays de l'article 5 pour n'éliminer le bromure de méthyle qu'en 2015 risque de se révéler une contrainte aux conséquences économiques importantes si leurs produits traités par ce pesticide de fumigation sont soumis aux barrières commerciales non tarifaires. On comprend dès lors que plusieurs pays d'Amérique Latine (Brésil, Argentine, Mexique, etc.) et du Moyen Orient (Egypte, Jordanie, Syrie, Liban, Turquie, etc.), exportateurs de produits agricoles vers les USA et l'Europe, aient déjà entamé des programmes permettant d'assister leurs producteurs à remplacer le bromure de méthyle dans les plus brefs délais possibles par des alternatives appropriées.

Le Maroc est dans le même cas et n'a de choix que d'entreprendre une stratégie lui permettant d'être en mesure de remplacer très vite le bromure de méthyle par des alternatives efficaces et économiques.

Tableau 2: Echéances et niveaux d'utilisation du Bromure de Méthyle pour le Maroc

Echéances	Exigences	Consommation
Jusqu'à Décembre 2004	Moyenne 1995-98	968 tonnes/an
Janvier 2005	Réduction de 20 %	775 tonnes/an
Janvier 2015	Réduction de 100 %	0 tonnes/an



Préparation du sol avant la désinfection



Dégâts de nématodes sur tomate sous serre. En médaillon, les symptômes sur racines de tomate

méthyle, commencé en 1997, arrive à sa fin cette année avec des résultats plus que satisfaisants;

- Mettre en place et exécuter un programme d'élimination progressive du bromure de méthyle. Un premier projet pour l'élimination de près de 100 tonnes de bromure de méthyle en 4 ans dans la production de la fleur et de la banane a été préparé et son exécution va commencer incessamment avec l'assistance de l'ONUDI. Par ailleurs, un projet permettant l'élimination à terme (5 à 8 ans) du bromure de méthyle utilisé dans la production de tomate et de fraise (un millier de tonnes environ) est en cours de préparation.

La stratégie et le programme sont préparés et exécutés à travers une étroite concertation avec les producteurs par le biais de leurs associations. Des mesures d'accompagnement, incluant notamment la sensibilisation et la formation des producteurs sur les techniques alternatives convenant au Maroc, sont régulièrement entreprises.

### Techniques alternatives au bromure de méthyle dans la désinfection du sol

La faisabilité technique et économique des alternatives disponibles dans les conditions marocaines a été évaluée durant les deux campagnes agricoles 1998-99 et 1999-2000, au niveau des principales zones de production de tomate (Souss Massa et région d'El Jadida). Ces techniques alternatives sont utilisées pour lutter contre les principaux ravageurs et maladies concernés par la désinfection du sol de tomate au bromure de



Solarisation en plein champ (premier plan) et sous tunnel plastique (arrière plan)

méthyle, en l'occurrence les nématodes à galles (*Meloidogyne javanica*). Ces alternatives ont été évaluées dans le cadre d'un programme de lutte intégrée contre les nématodes à galles par l'usage de deux variétés de tomate, Gabriela et Daniela greffée sur Beaufort, déclarées respectivement résistante et tolérante aux nématodes à galles et sont largement utilisées au niveau national.

La technique actuelle de fumigation consiste à injecter le bromure de méthyle dans le sol à une profondeur de 30 à 60 cm, avant plantation des cultures. Le bromure de méthyle étant un gaz plus lourd que l'air, ce procédé stérilise effectivement le sol jusqu'à 1 m de profondeur. Immédiatement après injection, le sol est recouvert de bâches de plastique pour accroître le temps de contact du bromure de méthyle avec le sol (de 24 h à 120 jours, selon la culture). A la fin de la fumigation, 50 à 95% du bromure de méthyle s'est échappé dans l'atmosphère.

Les principales alternatives au bromure de méthyle retenues sont la solarisation, seule ou combinée à d'autres fumigants dont le bromure de méthyle à dose réduite, et le traitement du sol à la vapeur.

### La solarisation

La solarisation consiste à couvrir un sol bien travaillé et humide avec un film plastique clair, pendant quelques semaines durant la période la plus chaude de l'année. Cette technique induit une élévation de la température pour atteindre des valeurs létales pour une large gamme de micro-organismes associés au sol (Tableau 3).

La solarisation a été testée seule pendant 3 à 6 semaines ou combinée avec la fumigation du sol au

Tableau 3: Températures létales pour différents micro-organismes du sol, après une durée d'exposition de 30 minutes

Micro-organisme du sol	Températures létales (° C)
-Fil de fer	35-40
-Nématodes	47-50
- <i>Corynebacterium</i>	40-60
- <i>Erwinia</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Xantomonas</i>	40-55
- <i>Fusarium</i> , <i>Olpidium</i>	60-65
- <i>Verticillium</i>	55-58
- <i>Rhizoctonia</i> , <i>Sclerotinia</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Pythium</i> , <i>Phytophthora</i>	45-55

Métam sodium, au 1,3 Dichloropropène ou au bromure de méthyle à dose réduite (Tableau 4). Ces opérations ont eu lieu au cours de la période estivale juin-juillet-août, pour réaliser des gains importants en température du sol et une durée minimale suffisants pour une désinfection du sol comparable à celle du bromure de méthyle appliqué à la dose homologuée au Maroc (70 g/m<sup>2</sup>).

L'usage du bromure de méthyle à 30 g/m<sup>2</sup>, combiné avec un plastique imperméable VIF (Virtually Impermeable Film) ou avec la solarisation, a été retenu et proposé ici comme solution alternative à court terme. L'utilisation du film imperméable réduit les pertes du bromure de méthyle vers l'atmosphère et permet de réduire sa dose en gardant la même efficacité.

Pour chaque alternative retenue, un itinéraire technique est exigé pour induire d'une part les éclosions des œufs et la germination des formes de conservation des champignons et des semences adventices et d'autre part pour maintenir la conductivité thermique et favoriser la dispersion des produits chimiques dans le sol. Les opérations pratiquées avec leurs coûts respectifs pour chaque alternative, sont résumés dans le tableau 4.

Une irrigation jusqu'à la capacité au champ sur un profil de sol de 60 cm est exigée pour assurer la conductivité thermique en profondeur et pouvoir éliminer les nématodes, les champignons et les bactéries pathogènes susceptibles de se conserver en profondeur et constituer une source d'inoculum pour des ré-infestations, juste après les transplantations de tomate.

L'application du Métam sodium doit être faite par le système d'irrigation goutte à goutte. La

Tableau 4: Itinéraire technique et coûts estimés des alternatives au bromure de méthyle pour la désinfection du sol en culture de tomate sous serre

Opération	Alternatives retenues et coûts des opérations en Dirhams par hectare						
	Bromure de méthyle (70 g/m <sup>2</sup> ) (1 semaine)	Solarisation (6-8 semaines)	Solarisation + Métam Sodium (1000l/ha) (4 semaines)	Solarisation + 1,3 Dichloropropène (400l/ha) (4 semaines)	Solarisation + Bromure de méthyle (30 g/m <sup>2</sup> ) (3-4 semaines)	Bromure de méthyle (30 g/m <sup>2</sup> ) + plastique imperméable (VIF) (1 semaine)	Traitement à la vapeur
Elimination des restes de la culture précédente	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Sous solage (60 cm)	200	200	200	200	200	200	200
Cover crop	50	50	50	50	50	50	50
Nettoyage du sol "Chisel"	80	80	80	80	80	80	80
2 irrigations	200	200	200	200	200	200	200
Nivellement du sol (rotobech)	60	60	60	60	60	60	60
Irrigation	100	100	100	100	100	100	100
Nettoyage "Chisel"	80	80	80	80	80	80	80
Irrigation: capacité au champ sur 60 cm de profondeur		400				400	
Irrigation: 50 % de la capacité au champ sur 60 cm de profondeur	200				400		
Application du bromure de méthyle (70 g/m <sup>2</sup> )	30.800						
Application du bromure de méthyle (30 g/m <sup>2</sup> )					21.590	24.000	
Application du Métam sodium			10.990				
Application du 1,3 Dichloropropène				17.090			
Traitement à la vapeur							28.900
Couverture avec plastique PE transparent 40 µ environ		8.700	8.700	8.700			
Elimination du plastique	200	200	200	200	200	200	200
Nivellement du sol (rotobech)	60	60	60	60	60	60	60
<b>Coût total</b>	<b>34.540</b>	<b>12.630</b>	<b>23.220</b>	<b>29.320</b>	<b>25.520</b>	<b>27.930</b>	<b>32.430</b>



Solarisation sous tunnel plastique type ARNOUX, de 1 hectare

concentration du Métam sodium dans l'eau d'irrigation doit être d'environ 1%. Après l'application totale du Métam sodium, continuer l'irrigation jusqu'à la dose de 100 m<sup>3</sup> par hectare. L'eau d'irrigation va permettre la diffusion du Métam sodium dans le sol. Après cette irrigation, il faut procéder à la couverture du sol avec le film plastique transparent de 40 µ d'épaisseur pour la solarisation.

Le Métam sodium se transforme immédiatement en méthyle isothiocyanate, principe actif de ce produit. Ce métabolite est très toxique et très dangereux. De ce fait, il exigé de procéder au traitement dans des conditions bien aérées, au cours de la période la plus fraîche de la journée (tard dans l'après-midi), pour réduire sa volatilisation et minimiser l'exposition des ouvriers au cours de son application. L'usage d'un masque à gaz et de bottes au cours du traitement est exigé.

L'application du 1,3 Dichloropropène, produit liquide, doit être faite par des injecteurs tractés à une profondeur de 25 cm. Durant l'application de ce pesticide, le sol doit être proche du point de flétrissement pour permettre une bonne diffusion du gaz dans le sol. L'injection totale du produit est suivie par une légère aspersion du sol par l'eau d'irrigation afin de diminuer les pertes du produit vers l'atmosphère. Par la suite, procéder à une irrigation du sol jusqu'à la capacité au champ sur une profondeur de 60 cm puis couvrir avec un film plastique de 40 µ d'épaisseur, pour la solarisation.

Il est à noter que les formulations du 1,3 Dichloropropène homologuées au Maroc sont très concentrées et corrosives pour le système d'irrigation goutte à goutte. De ce fait, il est vivement recommandé

Tableau 5: Effets des alternatives au bromure de méthyle testées sur la population des nématodes avant et après traitement et en début de récolte de la tomate (larves par litre de sol)

TRAITEMENTS	Sol nu		En cours de culture (Début de récolte)	
	Avant traitement	Après traitement	Daniela/Beaufort	Gabriela
Témoin	550	392	15.300	21.600
Bromure de méthyle (70 g/m <sup>2</sup> )	560	0	97	107
Bromure de méthyle + plastique imperméable (VIF) (30 g/m <sup>2</sup> )	550	0	125	90
Solarisation (45 j)	585	0	30.400	18.675
Solarisation + Métam sodium (30 j)	480	0	25.000	18.225
Solarisation + 1,3 Dichloropropène (30 j)	635	0	3.385	3.935
Solarisation + Bromure de Méthyle 30g/m <sup>2</sup> (21j)	455	0	337	347
Traitement à la vapeur	630	0	0	0

d'introduire la formulation EC, moins corrosive et applicable au sol comme pour le Métam sodium.

Le 1,3 Dichloropropène est aussi un produit très volatil. Les conditions de son application doivent être similaires à celles du Métam sodium.

### Le traitement du sol à la vapeur

Il s'agit d'une technique de désinfection du sol dont le principe de base est similaire à celui de la solarisation. Elle consiste en l'élimination des micro-organismes du sol par leur exposition à des températures létales. Cette technique utilise un système de chaudière qui permet de chauffer l'eau à l'état de vapeur et de la propulser sous pression dans le sol (Voir photo). L'itinéraire technique pour ce traitement et les coûts des différentes opérations sont présentés au tableau 4.

Pendant le traitement à la vapeur, le sol doit être complètement sec pour permettre une bonne diffusion de la vapeur à travers le profil du sol.

### Efficacité comparée des alternatives testées sur la population des nématodes

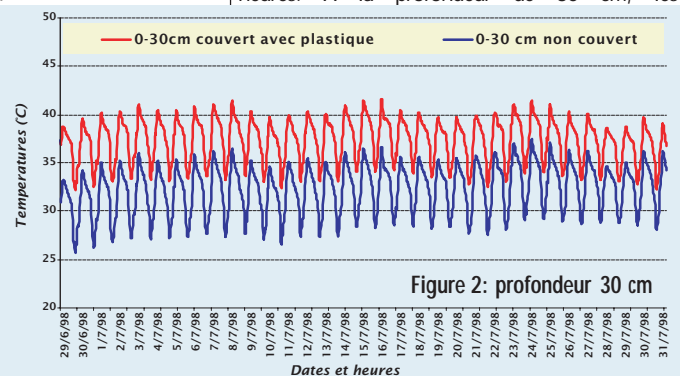
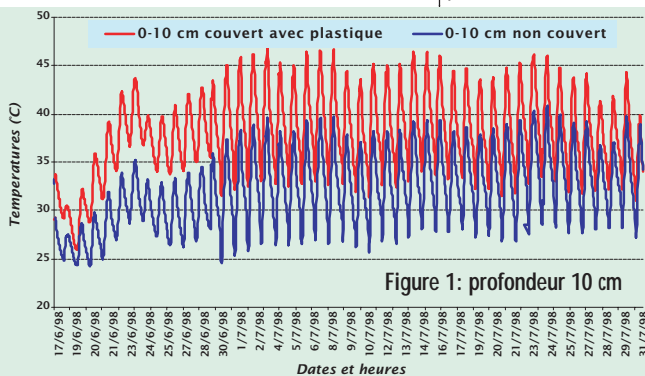
L'efficacité technique des alternatives retenues a été évaluée à travers leurs effets directs, notamment la réduction des populations de *Meloidogyne* après chaque traitement, et leurs effets indirects, particulièrement sur les paramètres de croissance

comme la vigueur, la vitesse de croissance des plantes, et les paramètres de production à savoir le nombre de bouquets, le taux de nouaison, le rendement total et exportable.

Concernant l'effet direct sur les populations de *Meloidogyne*, les différents traitements ont donné des résultats comparables au bromure de méthyle, même dans les conditions d'extrême infestation du sol (Tableau 5).

Cependant, on constate que pour les deux variétés utilisées, ces alternatives ne permettent pas de maintenir avec le temps les populations de nématodes à un niveau suffisamment bas, comparable à celui induit par le bromure de méthyle (Tableau 5). Au contraire, on assiste à une forte ré-infestation du sol, pour atteindre des niveaux de populations supérieures au témoin. Ces ré-infestations sont dues au fait que les températures observées en profondeur ne sont pas létales pour les formes de conservation de nématodes en profondeur qui constituent la source de ré-infestation en début de la culture.

En effet, aussi bien dans les conditions du Souss Massa que dans celles d'Azemmour, des températures supérieures à 40°C ont été souvent observées à 10 cm de profondeur du sol (Figure 1). Des températures maximales de 47°C ont été enregistrées avec une durée d'exposition allant de 4 à 11 heures. A la profondeur de 30 cm, les



Evolution journalière de la température (par demi heure) aux profondeurs de 10 cm et 30 cm du sol couvert ou non avec le plastique (Juin-Juillet 98, ARMONA/Agadir)



Traitement à la vapeur avec chaudière ambulante (essais sur fraise)

Tableau 6: Effets des alternatives au bromure de méthyle testées sur le rendement de deux variétés de tomate (Daniela sur Beaufort et Gabriela)

TRAITEMENT	RENDEMENT (Tonnes/ha)			
	Daniela/Beaufort	% gain /témoin	Gabriela	% gain /témoin
Témoin	168	---	116	---
Bromure de méthyle (70 g/m <sup>2</sup> )	221	+ 32	180	+ 63
Bromure de méthyle (30 g/m <sup>2</sup> ) + plastique imperméable (VIF)	229	+ 37	187	+ 69
Solarisation (45 j)	186	+ 12	130	+ 12
Solarisation + Métam sodium (30j)	189	+ 13	122	+ 13
Solarisation + 1,3 Dichloropropène (30 j)	209	+ 25	163	+ 50
Solarisation + Bromure de Méthyle 30g/m <sup>2</sup> (21j)	212	+ 27	182	+ 64
Traitement à la vapeur	220	+ 31	-----	-----

températures supérieures à 40 °C ont été enregistrées uniquement au cours de 10 jours parmi 46, avec une valeur maximale de 41 °C et ayant une durée d'exposition allant de 0,5 à 3,5 heures (Figure 2). Pendant la période de solarisation, les gains en température peuvent atteindre jusqu'à 10 °C au niveau de la profondeur 30 cm du sol. Les fluctuations de température pendant la période de solarisation sont illustrées dans les figures 1 et 2.

La ré-infestation du sol par les nématodes nécessiterait une légère intervention supplémentaire par des nématicides de contact, deux à trois semaines après les transplantations de tomate.

### Effets sur croissance et rendement

Concernant les paramètres de croissance, les alternatives retenues ont eu un effet comparable au bromure de méthyle sur la vigueur et la vitesse de croissance des plantes pendant les trois premiers mois de la culture de tomate. Les mêmes conclusions ont été faites pour les paramètres de productions comme le nombre de bouquets et le taux de nouaison.

Les résultats relatifs aux rendements cumulés sur les deux variétés montrent que le bromure de méthyle à 70 g/m<sup>2</sup> ou à 30 g/m<sup>2</sup>, combiné avec le plastique imperméable ou avec la solarisation pendant 21 jours, et le traitement à la vapeur ont permis les meilleurs rendements. Ils sont suivis de la solarisation combinée au 1,3 Dichloropropène pendant 30 jours et enfin la solarisation seule ou combinée avec le Métam sodium (Tableau 6).

### Faisabilité économique des alternatives retenues

L'étude de rentabilité des alternatives retenues a été faite pour la tomate dans les deux zones d'étude (Souss Massa et Azemmour). La démarche suivie a été de calculer toutes les charges par hectare et de déterminer le coût du kilogramme de tomate sous serre en faisant intervenir le rendement par traitement. Ce qui a différencié les prix de revient par traitement sont essentiellement les frais de désinfection des sols et le rendement. Toutes les autres charges étant les mêmes. On distingue les charges variables et fixes. Parmi les charges variables, opérationnelles et directes, il y a l'approvisionnement, les frais de fonctionnement et la main d'œuvre occasionnelle. L'approvisionnement concerne les charges d'inputs comme les plants, la fumure de fond et d'entretien, les produits de désinfection des sols, les produits phytosanitaires, les brise-vents, le matériel de

Tableau 7: Effets des alternatives de désinfection du sol sur les charges et les prix de revient (Dh/ha) pour le marché local et l'exportation de la tomate sous dans la région du Souss-Massa/Chtouka

TRAITEMENT	Charges par ha et par traitement en dirhams		Prix de revient/kg de tomate pour le marché local		Prix de revient sortie station de conditionnement du kg de tomate	
	Gabriela	Daniela/Beaufort	Gabriela	Daniela/Beaufort	Gabriela	Daniela/Beaufort
Témoin	322.801,5	355.839,5	2,11	2,77	4,67	4,01
Bromure de méthyle (70 g/m <sup>2</sup> )	347.301,5	380.339,5	1,71	1,92	3,82	3,61
Bromure de méthyle + plastique imperméable (VIF) (30 g/m <sup>2</sup> )	334.201,5	367.239,5	1,59	1,78	3,68	3,49
Solarisation (45j)	331.501,5	364.539,5	1,96	2,53	4,43	3,86
Solarisation + Métam sodium (30j)	341.001,5	374.039,5	1,97	2,77	4,67	3,87
Solarisation + 1,3 Dichloropropène (30 j)	347.101,5	380.139,5	1,82	2,12	4,02	3,72
Solarisation + Bromure de méthyle 30 g/m <sup>2</sup> (21j)	342.901,5	375.939,5	1,77	1,88	3,78	3,67
Traitement à la vapeur	-----	380.000,0	-----	1,95	-----	3,70

tuteurage et de palissage et le plastique noir du paillage. Les frais de fonctionnement correspondent à la consommation en carburant et lubrifiant durant les opérations culturales et incluent la consommation d'électricité. Les frais de main d'œuvre occasionnelle ou temporaire correspondent au travail des ouvriers participant à des opérations culturales pendant des durées déterminées qui n'excèdent pas une campagne. Les charges fixes, communes et de structures se répartissent en charges fixes d'équipements directs et en charges fixes de structures communes indirectes. Les premières ont trait à l'équipement des parcelles où la culture a lieu, comme les serres par exemple, c'est à dire qui dure plus d'une campagne. Les secondes concernent l'ensemble de l'exploitation et doivent donc être réparties entre les différentes cultures selon des clefs de répartition appropriées comme la superficie cultivée ou le temps d'utilisation d'un matériel par exemple. On y considère les amortissements et les frais d'entretien des tracteurs, du matériel de labour, du matériel phytosanitaire, du matériel de semis, du matériel de fertigation, des véhicules, du matériel de transport, du matériel de récolte, du petit matériel et de l'atelier le cas échéant. On y inclue les frais généraux se rapportant aux frais d'administration, aux déplacements, aux impôts et assurances, et honoraires d'expertise. On y rajoutera l'amortissement immobilier, la main d'œuvre permanente, les frais financiers et la location des terres. Toutes ces charges sont des charges réelles par opposition aux charges calculées dont il faudra faire l'évaluation et qui comprendront essentiellement la rémunération de la main d'œuvre familiale et la valeur locative des terres en propriété.

L'observation des prix de vente confrontée à l'évaluation des charges opérationnelles conduira à des estimations de marges brutes et variables, indicatrices de rentabilité des différentes alternatives retenues pour cette culture.

Les charges par hectare sont élevées pour Daniela greffée sur Beaufort comparées à celles calculées pour Gabriela (Tableau 7). Cependant, on assiste à une légère différence dans les prix de revient pour le marché local. Le prix de revient calculé sur les témoins montre la tolérance de Daniela greffée sur Beaufort et la grande sensibilité de Gabriela aux nématodes à galles. On assiste à une situation inverse pour les prix de revient pour les exportations du fait des pertes de rendement exportable occasionnée par ces parasites.

### Remerciement

Les résultats préliminaires présentés dans ce bulletin ont été obtenus dans le cadre du projet ONUDI MOR/MP/126/1996. Ils sont le fruit d'une collaboration étroite entre le Bureau Ozone, la DPVCTRF, la SODEA, ARMONA, FRAINORD, l'IAV Hassan II et les efforts des experts nationaux et internationaux.

Gabriela s'est révélée très sensible aux nématodes malgré sa résistance déclarée aux *Meloidogyne*. Cette situation illustre d'une part l'importance économique et les dégâts que peuvent causer les *Meloidogyne* sur tomate et d'autre part la faisabilité économique des alternatives retenues même dans les situations les plus extrêmes comme celles choisies pour ces essais.

Les marges nettes ont été largement réduites durant la campagne agricole 1999-2000 (Tableau 8) d'une part à cause des problèmes liés aux exportations et d'autre part à cause des pertes de rendements quantitatifs et qualitatifs occasionnés par la maladie virale causée par le TYLK.

### Conclusions et recommandations

Au terme de deux années d'expérimentation, on peut conclure et recommander ce qui suit:

- la faisabilité technique des alternatives au bromure de méthyle sélectionnées pour lutter principalement contre les nématodes à galles, principale contrainte à la productivité de tomate conduite sous serres est satisfaisante et peut être améliorée pour être au moins comparable au bromure de méthyle.

- la faisabilité économique aussi bien du bromure de méthyle que des alternatives présentées plus haut est incertaine puisqu'elle est totalement dépendante des prix de vente à l'exportation et des rendements quantitatifs et qualitatifs obtenus chaque année. La production de la tomate pour le marché local ne justifie ni l'utilisation du bromure de méthyle ni celle des autres alternatives, puisque les charges des traitements de désinfection du sol et les prix de revient du kg de tomate sont importants. Par ailleurs, les rendements de tomate qui justifient les traitements au bromure de méthyle peuvent être sévèrement réduits par une épidémie comme celle de la maladie virale TYLK qui a sévi durant la campagne 1999-2000.

En plus de ces aléas structurels, l'élimination à court terme du bromure de méthyle dans les pays de l'UE, menace les exportations de nos produits agricoles vers ces pays. Le Maroc doit rapidement mettre en place et exécuter le programme d'élimination progressive du bromure de méthyle.

Par

**Mohamed Ammati<sup>(1)</sup>, Ahmidou Ouaouich<sup>(2)</sup> et Ahmed El Harmouchi<sup>(3)</sup>**

<sup>(1)</sup> Professeur, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat

<sup>(2)</sup> Expert Agro-Industriel, Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel, Vienne

<sup>(3)</sup> Ingénieur Agronome, Service de la Protection des Végétaux Direction de la Protection des Végétaux, des Contrôles Techniques et de la Répression des Fraudes, Rabat

Tableau 8: Marges nettes (en %) dégagées par les alternatives testées par rapport au témoin non traité pour les deux variétés de tomate

Traitement	% Marges nettes en Dh/ha /au témoin	
	Gabriela	Daniela/Beaufort
Témoin	-----	-----
BrMe (70g/m <sup>2</sup> )	150%	108 %
BrMe (35g/m <sup>2</sup> ) + plastique VIF	151%	129 %
Solarisation (46j)	61 %	98 %
Solarisation 38j + Métam sodium	42 %	78 %
Solarisation 31j + 1,3 Dichlorop.	118 %	103 %
Solarisation 35j + BrMe 35g/m <sup>2</sup>	138 %	180 %
Traitement à la vapeur	-----	105 %